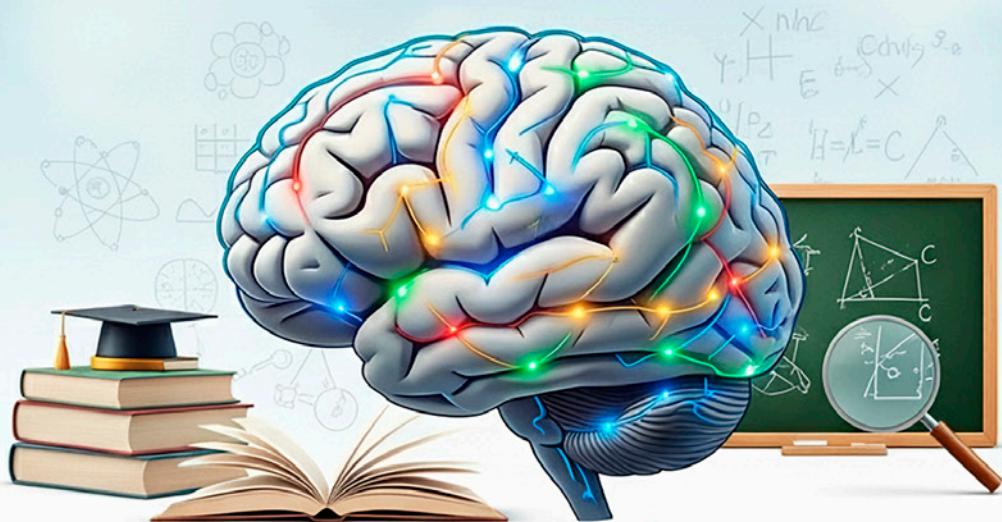


Carla Patrícia Bejo Wolkers  
Welson Barbosa Santos  
Paulo Vitor Teodoro  
Milton Antônio Auth  
Organizadores

# DESCOMPLICANDO O CÉREBRO

O Ensino de Ciências sob a Perspectiva da  
Neurofisiologia na Educação Básica



# **DESCOMPLICANDO O CÉREBRO**

O ensino de ciências sob a  
perspectiva da neurofisiologia na educação básica





## AVALIAÇÃO, PARECER E REVISÃO POR PARES

Os textos que compõem esta obra foram avaliados por pares e indicados para publicação.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Bibliotecária responsável: Alice Gabriela Benevides CRB-1/318548

E26  
1. ed. Descomplicando o cérebro: o ensino de ciências sob a perspectiva da neurofisiologia na educação básica [livro eletrônico] / [Orgs.] Carla Patrícia Bejo Wolkers. [et al.]. – 1. ed. – Curitiba - PR, Editora Bagai, 2026, 163p,  
Disponível em: [www.editorabagai.com.br](http://www.editorabagai.com.br)  
Outros Organizadores: Welson Barbosa Santos.  
Paulo Vitor Teodoro. Milton Antônio Auth.  
Bibliografia.  
ISBN: 978-65-5368-628-1  
1. Escola Básica. 2. Neurociência. 3. Sentimentos.  
I. Wolkers, Carla Patrícia Bejo.  
II. Santos, Welson Barbosa.  
III. Teodoro, Paulo Vitor.  
IV. Auth, Milton Antônio.

05-2026/44

CDD 370

Índice para catálogo sistemático:

1. Educação: Escola Básica; Neurociência; Sentimentos. 370

 <https://doi.org/10.37008/978-65-5368-628-1.29.08.26>

Proibida a reprodução total ou parcial desta obra sem autorização prévia da Editora BAGAI por qualquer processo, meio ou forma, especialmente por sistemas gráficos (impressão), fonográficos, microfilmicos, fotográficos, videográficos, reprográficos, entre outros. A violação dos direitos autorais é passível de punição como crime (art. 184 e parágrafos do Código Penal) com pena de multa e prisão, busca e apreensão e indenizações diversas (arts. 101 a 110 da Lei 9.610 de 19.02.1998, Lei dos Direitos Autorais).

Este livro foi composto pela Editora Bagai.



[www.editorabagai.com.br](http://www.editorabagai.com.br)



[@editorabagai](https://www.instagram.com/editorabagai)



[/editorabagai](https://www.facebook.com/editorabagai)



[contato@editorabagai.com.br](mailto: contato@editorabagai.com.br)

**Carla Patrícia Bejo Wolkers**  
**Welson Barbosa Santos**  
**Paulo Vitor Teodoro**  
**Milton Antônio Auth**  
Organizadores

## **DESCOMPLICANDO O CÉREBRO**

O ensino de ciências sob a  
perspectiva da neurofisiologia na educação básica

### **Realização**

Projeto descomplicando o Cérebro  
Grupo de Pesquisa em Educação em Ciências da Natureza (GPECIN)  
Masculinidades: Cultura, Educação e Subjetividades (GPEMCES)



1.a Edição – Copyright© 2026 dos autores.  
Direitos de Edição Reservados à Editora Bagai.

O conteúdo de cada capítulo é de inteira e exclusiva responsabilidade do(s) seu(s) respectivo(s) autor(es).  
As normas ortográficas, questões gramaticais, sistema de citações e referencial bibliográfico são prerrogativas de cada autor(es).

---

<i>Editor-Chefe</i>	Prof. Dr. Cleber Bianchessi
<i>Revisão</i>	Os autores
<i>Capa</i>	MARB
<i>Diagramação</i>	Luciano Popadiuk
<i>Conselho Editorial</i>	<p>Dr. Adilson Tadeu Basquerote – UNIDAVI Dr. Anderson Luiz Tedesco – UNOESC Dra. Andréa Cristina Marques de Araújo – CESUPA Dra. Andréia de Bem Machado – UFSC Dra. Andressa Grazielle Brandt – IFC – UFSC Dr. Antonio Xavier Tomo – UPM – MOÇAMBIQUE Dra. Camila Cunico – UFPB Dr. Carlos Alberto Ferreira – UTAD – PORTUGAL Dr. Carlos Luís Pereira – UFES Dr. Claudio Borges – UNIPIAGET – CABO VERDE Dr. Cleidiane Jacinto de Freitas – UFMS Dra. Clélia Peretti – PUC-PR Dra. Dalia Peña Islas – Universidad Pedagógica Nacional – MÉXICO Dra. Daniela Mendes V da Silva – SEEDUCRJ Dr. Dcivid Alex dos Santos – UEL Dra. Denise Rocha – UFU Dra. Elisa Maria Pinheiro de Souza – UEPA Dra. Elisângela Rosemeri Martins – UESC Dra. Elnora Maria Gondim Machado Lima – UFPI Dr. Ermane Rosa Martins – IFG Dra. Flavia Gaze Bonfim – UFF Dr. Francisco Javier Cortazar Rodríguez – Universidad Guadalajara – MÉXICO Dr. Francisco Odicio Sales – IFCE Dra. Geuciâne Felipe Guerim Fernandes – UENP Dr. Hélder Rodrigues Maiunga – ISCED-HUILA – ANGOLA Dr. Helio Rosa Camilo – UFAC Dra. Helisamara Mota Guedes – UFVJM Dr. Humberto Costa – UFPR Dra. Isabel Maria Esteves da Silva Ferreira – IPPortalegre – PORTUGAL Dr. João Hilton Sayeg de Siqueira – PUC-SP Dr. João Paulo Roberti Junior – UFRR Dr. João Roberto de Souza Silva – UPM Dr. Jorge Carvalho Brandão – UFC Dr. José Manuel Salum Tome, PhD – UCT – Chile Dr. Juan Eligio López García – UCF-CUBA Dr. Juan Martín Ceballos Almeraya – CUIM-MÉXICO Dr. Juliano Milton Kruger – IFAM Dra. Karina de Araújo Dias – SME/PMF Dra. Larissa Warnaví – UNINTER Dr. Lucas Lenin Resende de Assis – UFLA Dr. Luciano Luiz Gonzaga – SEEDUCRJ Dra. Luisa Maria Serrano de Carvalho – Instituto Politécnico de Portalegre/CIEP-UE – POR Dr. Luiz M B Rocha Menezes – IFMT Dr. Magno Alexxon Bezerra Seabra – UFPB Dr. Marcel Lohmann – UEL Dr. Márcio de Oliveira – UFAM Dr. Marcos A. da Silveira – UFPR Dra. María Caridad Bestard González – UCF-CUBA Dra. Maria Lucia Costa da Motta – UNIP Dra. Marta Alexandra Gonçalves Nogueira – IPLEIRIA – PORTUGAL Dra. Nadja Regina Sousa Magalhães – FOPPE-UFSC/UFPel Dr. Nicola Andrian – Associação EnARS, ITÁLIA Dra. Patrícia de Oliveira – IF BAIANO Dr. Paulo Roberto Barbosa – FATEC-SP Dr. Porfirio Pinto – CIDH – PORTUGAL Dr. Rogério Makino – UNEMAT Dr. Reiner Hildebrandt-Stramann – Technische Universität Braunschweig – ALEMANHA Dr. Reginaldo Peixoto – UEMS Dr. Ricardo Caúca Ferreira – UNITEL – ANGOLA Dr. Ronaldo Ferreira Maganhoto – UNICENTRO Dra. Rozana Zaiónz – SME/SEED Dr. Samuel Pereira Campos – UEEPA Dr. Stelio João Rodrigues – UNIVERSIDAD DE LA HABANA – CUBA Dra. Sueli da Silva Aquino – FIPAR Dr. Tiago Tendai Chingore – UNILICUNGO – MOÇAMBIQUE Dr. Thiago Pereira Bernardes de Moraes – UNIANDRADE/UK-ARGENTINA Dr. Tomás Raúl Gómez Hernández – UCLV e CUM – CUBA Dra. Vanessa Freitag de Araújo – UEM Dr. Walmir Fernandes Pereira – FLSHEP – FRANÇA Dr. Willian Douglas Guilherme – UFT Dr. Yoisell López Bestard- SEDUCRS</p>

# APRESENTAÇÃO

## Reflexões sobre descomplicar o complexo

Desde suas origens na aurora da modernidade e até nossos dias, a ciência, no seu esforço por conhecer e dominar o mundo natural, fez uso de uma abordagem experimental e racional reducionista. Como consequência, o cientista tornou-se alguém que sabe cada vez mais sobre cada vez menos, fato que levou Ortega y Gasset (1883-1955) a considerá-lo um “bárbaro ilustrado”. A explicação pelo elementar proposta pelo método reducionista, embora necessária não é suficiente para entender a totalidade do real, visto que ela abrange uma ínfima parcela do real. Para escapar à armadilha deste modo de pensar, mas sem desconsiderá-lo, Edgar Morin (1921- ) propôs abordar o fato estudado para além do seu nicho e perceber suas relações considerando, no caso da biologia, o homem em sua dupla natureza biológica e social, e em seu duplo pertencimento planetário e cósmico. “Como nosso modo [reducionista] de conhecimento desune os objetos entre si, precisamos conceber o que os une”, diz Morin. Este pensar complexo cruza as fronteiras das disciplinas, o que não significa exigir que um biólogo seja também um filósofo ou antropólogo ou historiador, mas que consiga ver a complexidade do real com o olhar, a sensibilidade e a atitude de um conhecedor desses diversos saberes. Nesta linha, Morin propõe que as ciências naturais se inscrevam numa cultura, numa sociedade, numa história, pois as ciências, no seu atual estágio, não têm consciência de que lhes falta uma consciência, o que se torna necessidade premente face aos fantásticos poderes de manipulação de todos os aspectos da vida alcançados pela tecnociência.

O pensar complexo se apresenta como uma forma de re-encantar o mundo, desencantado pela ciência em sua busca por uma “letal explicação de tudo”, segundo expressão empregada por Nietzsche. Ele reconecta um saber fragmentado com o ilimitado. Ou como se expressa o pensador russo Pavel A. Florenskij (1882-1937): “o conhecimento não deve ser uma espécie de coágulo autossuficiente na alma, mas uma linha auxiliar da nossa relação vital com o mundo”. Este sábio, entretanto, num percurso inverso ao adotado por Morin, propõe que “quanto mais nos aprofundamos no particular, mais encontramos o todo”. Chegar ao pensamento integral pela

via do detalhe neste caso, é não apenas um ato científico, mas existencial e espiritual. Envolve a pessoa como um todo. Admirar-se e deixar-se encantar com o simples, esta a proposta de Florenskij.

Neste contexto, frente à proposta desta publicação, cabe a pergunta: é possível descomplicar o conhecimento sobre o cérebro? Seria ousada a proposta de descomplicar o que é complexo visto pertencer este a um todo maior? Foi a partir destas considerações que enveredei pela leitura deste importante e instigante trabalho.

No caminhar pelos diferentes capítulos, percebe-se que os autores não buscam necessariamente livrar o aluno ou o leitor de uma reflexão que dê um sentido ou um passo além do que é descrito. O descomplicar, como aqui tratado, não deslegitima a ideia do complexo, mas conduz a ele valendo-se de articulações com outros saberes sobretudo com a História da evolução de um conhecimento, levando a reflexões sobre como um conhecimento específico se situa num continuum que certamente não se fecha no estágio atual, criando assim um olhar que transcende um saber particular. A História, para Morin, é uma das disciplinas essenciais para ir além da explicação reducionista visto que ela “não obedece a princípios/ processos deterministas, não está orientada ou sujeita a uma inevitável lógica técnico-econômica ou orientada para um progresso imprescindível”. Em outras palavras, a História não obedece a leis. Só salvando o passado podemos preparar um futuro, diz Morin. Somos sempre devedores de quem nos precedeu. Se recuarmos na história do conhecimento, como por vezes acontece ao longo deste texto, chegaremos à visão mítica do mundo. A filosofia, onde originalmente se situava o que hoje definimos como ciência, nada fez senão retomar as questões levantadas pelos mitos e analisá-las à luz da razão que, a partir da modernidade, aliou-se ao método experimental e à tecnologia. Isto é lembrado no capítulo sobre dor tratado nesta publicação. Se hoje conhecemos o substrato neuro-químico envolvido nos processos de dor e analgesia endógena, na Antiguidade as medicinas oriental e hipocrática, ancoradas numa concepção holística da natureza, valiam-se de explicações amparadas na ideia de equilíbrio de energias ou de humores. Nem por isso deixavam de ser fruto de uma visão ancorada no conhecimento da época. Afinal, a acupuntura é tratamento efetivo em muitos casos de dor.

Outro exemplo do recurso à História, é oferecido no capítulo em que se discute o papel da glândula pineal, hoje sabidamente envolvida na regulação do ciclo circadiano entre outras funções. Evidentemente, Descartes, ao atribuir à pineal a função de órgão onde corpo e espírito se articulam, problema que se propunha à filosofia que, à época, abrangia também o conhecimento da ciência natural, o fez mais interessado em dar consistência à sua filosofia do que em entender a real função da pineal. Mas ao fornecer o substrato teórico à ideia de um corpo material (*res extensa*) em contraposição ao pensamento, imaterial (*res cogitans*), no qual reside nossa essência pensante, abriu caminho para a concepção mecanicista do homem que sentou raízes na medicina de sua época com reflexos até nossos dias. Enfim, são vários os exemplos de temas abordados nos diferentes capítulos onde os autores recorrem à história evolutiva de um conhecimento sobre o corpo sem cair na armadilha de uma visão triunfalista do atual estágio do conhecimento visto que também este é passível de evolução.

Um aspecto importante a ser considerado diz respeito ao público-alvo desta publicação. De um lado, acadêmicos de graduação (bacharelado e licenciatura), alvos, mas também partícipes na construção desta obra. Aprender e ensinar são duas faces da mesma moeda. O ensinar atribui uma dignidade ao aprender e vice-versa ou, como se expressa o aluno de Biologia Enzo Oliveira Gonçalves: “fazer uma coisa grandiosa...através do ensino”. O alvo principal deste trabalho, mas não o último, são os alunos e professores da rede pública. Trata-se não apenas de um desafio assumido pelos autores, mas diria que o acerto de uma dívida da Universidade para com a sociedade. Vejo também no texto um potencial para atrair qualquer leitor que queira adentrar os mistérios do cérebro, atraído pelos temas abordados que dizem respeito a questões que afetam nossos comportamentos e afetos e, portanto, nossa maneira de estar no mundo. Neste percurso por nosso corpo e nossa mente, afloram questões que não encontram sua explicação na abordagem científica por tratarem de nossa essência humana e por isso que muitas vezes remetem a abordagens que ultrapassam o território da biologia e adentram outras disciplinas como filosofia, antropologia, teologia.

Os temas desenvolvidos nos diferentes capítulos foram elaborados coletivamente, com igual protagonismo entre docentes e alunos o que implica em chegar a um consenso pluralista. Um importante recurso

didático usado, além da leitura de textos selecionados, foi o da construção de modelos. Um simples circuito elétrico construído com material disponível em qualquer ambiente, é proposto como modelo para entender os processos de condução do sinal elétrico num neurônio. Moldes simulando estruturas do sistema nervoso, construídos com material corriqueiro, permitem situar espacialmente as diferentes estruturas que compõem o sistema nervoso central e facilitar o aprendizado pela visão e pelo tato. O processo manual envolvido na construção destes modelos exige um diálogo entre as mãos e o intelecto. Degas, pintor e escultor, dizia que “desenhar é uma forma de pensar, modelar é outra”, em outras palavras em todo desenho, em toda moldagem, há um esquema de conhecimento. Na mesma direção caminha Leonardo da Vinci, mais desenhista que pintor, ao dizer que desenho é pensamento, chamando atenção para o poder cognitivo da imagem. Exemplo disso são seus desenhos anatômicos ou sobre a dinâmica dos processos físicos que regem o mundo natural.

Os autores fornecem uma importante bibliografia que abrange desde tratados atualizado na área das neurociências como os de Kandel, Lent e Purves, como remete à leitura de artigos originais publicados em revistas especializadas. Estes últimos não são necessariamente artigos situados na fronteira do conhecimento, mas deixam espaço para aqueles artigos “históricos”, que abriram caminho para novas hipóteses e linhas de trabalho.

Finalmente, a publicação “Descomplicando o cérebro: perspectivas para o ensino da neurofisiologia na escola básica” cumpre com seu propósito de levar o conhecimento sobre as funções do sistema nervoso de forma didática e lúdica e deixando abertas as portas para novas perguntas e fechando-as para um conhecimento estanque que se portasse como, nas palavras de Florenskij, um “coágulo autosuficiente na alma”.

*Anette Hoffmann*  
Professora Colaboradora Sênior  
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto-USP  
Grupo de estudos “Tempo, Memória e  
Pertencimento”, IEA-USP\

## PREFÁCIO

Este livro representa um esforço conjunto de docentes e alunos de graduação dos cursos de Química, Física e Biologia da Universidade Federal de Uberlândia em facilitar o entendimento da neurofisiologia para alunos e mesmo docentes. A ideia surgiu a partir de um projeto de extensão denominado “Cérebro Descomplicado”, que, como o próprio nome sugere, tem como propósito tornar esse tema, frequentemente visto como misterioso e complexo, mais acessível e compreensível para o público externo à universidade.

O fato de os próprios alunos auxiliarem na elaboração do conteúdo reflete, em parte, as dificuldades que eles enfrentaram ao se deparar com o tema. Portanto, ao materializar um neurônio utilizando modelo didático 3DR, o aprendiz consegue entender o funcionamento dessa célula incrível que é capaz de gerar eletricidade. Além de compreenderem mais facilmente a rede de conexões neurais necessária para a realização de uma determinada tarefa, os alunos também assimilam as diferentes regiões do encéfalo com o auxílio de modelos 3D construídos a partir de materiais simples, como isopor, linha de tricô, biscuit e cola. Nesse processo de materialização, temos um conceito importante da neurofisiologia posto em prova por meio de uma experiência de aprendizagem tátil e envolvente. Esta ferramenta simples, mas rica, facilita a forma como abordamos o encéfalo, tornando a neurofisiologia mais acessível.

Como professora de neurofisiologia, percebo que um dos problemas encontrados no entendimento desta disciplina é que os alunos muitas vezes caem na armadilha de memorizar fatos sem compreender os conceitos subjacentes a eles associados. Portanto, uma atividade de construção e manipulação de um modelo 3R permite que os alunos construam gradualmente seu conhecimento, começando por conceitos mais simples e avançando para os mais complexos, garantindo uma compreensão abrangente do tema. É uma forma ativa de aprendizado, estimulando os sistemas visuais, auditivos e cinestésicos. A natureza tátil desses modelos aumenta a retenção da memória. Uma coisa é ler sobre o tronco encefálico em um livro didático, outra é moldá-lo com as próprias mãos. Essa abordagem prática aproveita o poder do aprendizado cinestésico, fazendo com que conceitos complexos sejam duradouros.

O livro é composto por 12 capítulos, e em cada um deles, são apresentadas sugestões de atividades de aprendizagem ativa. Essas atividades incluem o uso de modelos 3D, construídos com materiais acessíveis e de fácil manuseio, permitindo uma compreensão mais concreta e interativa dos temas abordados. A neurofisiologia, embora fascinante, pode ser desafiadora. No entanto, essas ferramentas pedagógicas tornam o aprendizado mais dinâmico, estimulando a participação ativa e o engajamento dos estudantes. Além disso, os capítulos incluem relatos pessoais de professores e alunos que participaram desse projeto desafiador e enriquecedor, compartilhando suas experiências e os resultados positivos alcançados no processo de aprendizagem.

O livro inicia com uma reflexão sobre a ação, o método, o ensino, a pesquisa e a extensão para melhorar a formação de professores (Capítulo 1). Em seguida, trata da geração da atividade elétrica pelo neurônio mostrando uma abordagem prática para o ensino (Capítulo 2), passando pela neurofisiologia do sono, mostrando como ocorre a geração da vigília e dos sonhos (Capítulo 3), bem como, discorrendo sobre a liberação de melatonina e as características do nosso relógio biológico (Capítulos 4 e 5). Nos capítulos 6 e 7, aprendemos sobre a emoção, sobre as áreas responsáveis pela geração dos sentimentos e como emoções que nos afetam cotidianamente, o medo e ansiedade, são gerados. Em seguida, discorre-se sobre temas muito discutidos atualmente, como memória (Capítulo 8) e dor (Capítulo 9). No capítulo 10 é discutido sobre alterações hormonais vivenciadas em diferentes momentos da vida, como a menstruação, gravidez e amamentação. Os últimos dois capítulos abordam temas tão presentes entre jovens atualmente, a ativação do sistema de recompensa que ocorre ao comer um chocolate ou receber uma “curtida” no Instagram (Capítulo 10) e a partir daí o desencadeamento do vício (Capítulo 12).

Como essa área tem evoluído intensamente nos últimos anos, é impossível abranger todos os temas e as possíveis alterações que acometem o sistema nervoso em um único livro. No entanto, esta obra oferece ao leitor uma visão ampla e diversificada dos mecanismos envolvidos, além de apresentar uma abordagem lúdica para facilitar a assimilação dos conceitos. Para um aprofundamento maior, recomenda-se a consulta à literatura citada em cada capítulo.

Espero que esta obra inspire curiosidade e que todos coloquem a mão na massa para aprender esse tema tão fascinante. Que cada capítulo ative novos neurônios no seu encéfalo e novas conexões sejam formadas!

Boa leitura!

*Luciane H. Gargaglioni Batalhão*

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias  
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho –  
UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil.

# SUMÁRIO

## CAPÍTULO 1

### **A AÇÃO, O MÉTODO, O ENSINO, A PESQUISA E A EXTENSÃO: COMO MELHOR FORMAR PROFESSORES? .....15**

Carla Patrícia Bejo Wolkers | Welson Barbosa Santos | Paulo Vitor Teodoro

## CAPÍTULO 2

### **A ELETRICIDADE QUE NOS MOVE: UMA ABORDAGEM PRÁTICA PARA O ENSINO ..... 21**

Enzo Oliveira Gonçalves | Thaís de Oliveira Guimarães da Silva | Carla Patrícia Bejo Wolkers | Welson Barbosa Santos | Paulo Vitor Teodoro

## CAPÍTULO 3

### **NEUROFISIOLOGIA DO SONO: DA VIGÍLIA AOS SONHOS ..... 33**

Marina Motta | Gabriele Cantu | Luiz Gustavo Rodrigues da Silva | Carla Patrícia Bejo Wolkers | Welson Barbosa Santos

## CAPÍTULO 4

### **ENTRE A LUZ E A ESCURIDÃO: O PAPEL DA GLÂNDULA PINEAL E DA MELATONINA NO CORPO HUMANO.....45**

Gustavo de Oliveira | Jonathan Weslley Severo Alves | Isabel Karine Guimarães | Carla Patrícia Bejo Wolkers | Welson Barbosa Santos

## CAPÍTULO 5

### **RELÓGIO BIOLÓGICO: A MÁGICA DO NÚCLEO SUPRAQUIASMÁTICO ..... 57**

Gabriel de Souza Barufi dos Reis | Barbara Vitória Guimarães Simão | Carla Patrícia Bejo Wolkers | Welson Barbosa Santos

## CAPÍTULO 6

### **SISTEMA LÍMBICO: NOSSO PAINEL DE CONTROLE EMOCIONAL ...67**

Luane Andrade | Amanda Andrade | Waldomiro Neto | Ranini Yukari | Lorrana Aparecida Silva de Carvalho | Carla Patrícia Bejo Wolkers | Welson Barbosa Santos

## CAPÍTULO 7

### COMO DESVELAR O “MAL DO SÉCULO”? MECANISMOS POR TRÁS DO MEDO E DA ANSIEDADE.....79

Maria Eduarda Canton Zanatta | Letícia Esther Santana Da Silva |

Estefanne Lima Santos da costa | Carla Patrícia Bejo Wolkers | Welson Barbosa Santos

## CAPÍTULO 8

### O QUE NOS FAZ HUMANOS? A MEMÓRIA E SUA COMPLEXIDADE.. 91

Isadora de Lima e Silva | Mike Nascimento dos Santos | Daniele Miranda Kiss |

Weltercley Queiroz dos Santos Capítulo | Carla Patrícia Bejo Wolkers | Welson Barbosa Santos |

Cibele Cristina da Silva

## CAPÍTULO 9

### DESVENDANDO A DOR: COMO ELA ACONTECE NO CORPO

### E NO CÉREBRO?.....103

Lívia Maria Mendonça Ribeiro | Clara Thereza Rodrigues Gomes | Carla Patrícia Bejo Wolkers |

Welson Barbosa Santos

## CAPÍTULO 10

### ORQUESTRA HORMONAL: COMO O CORPO REGULA

### SUAS FUNÇÕES.....115

Carolina de Nicola Bassan | Júlia de Paulo Amorim | Kananda Andreina Ribeiro |

Carla Patrícia Bejo Wolkers | Welson Barbosa Santos

## CAPÍTULO 11

### DO TIKTOK A NICOTINA: SISTEMA DE RECOMPENSA EM AÇÃO... 125

Ian Minello de Brito | Caroliny Cardoso Trevisan | Natália Coelho Batista |

Carla Patrícia Bejo Wolkers | Welson Barbosa Santos

## CAPÍTULO 12

### O VÍCIO RELACIONADO AO PRAZER NOS DIAS ATUAIS: UMA VISÃO TEÓRICA E PRÁTICA.....135

Beatris de Souza Sales | Sofia Orsi dos Santos | Carla Patrícia Bejo Wolkers |

Welson Barbosa Santos

## CAPÍTULO 13

### DO CÉREBRO HUMANO AO DIGITAL, TUDO É MEMÓRIA: O CELULAR NO ENSINO DO CÉREBRO HUMANO.....147

Ana Clara Araujo Teixeira | Paulo Eduardo Azevedo Silva | Carla Patrícia Bejo Wolkers |  
Welson Barbosa Santos | Paulo Vitor Teodoro

**SOBRE OS ORGANIZADORES .....**161

**ÍNDICE REMISSIVO .....**162

# CAPÍTULO 1

## A AÇÃO, O MÉTODO, O ENSINO, A PESQUISA E A EXTENSÃO: COMO MELHOR FORMAR PROFESSORES?

Carla Patrícia Bejo Wolkers  
Welson Barbosa Santos  
Paulo Vitor Teodoro

*Quando a gente está em nossos processos de formação para a docência superior nos é deixado como marca o trabalho conjunto entre ensino, pesquisa e extensão. Esta é uma questão indissociável ao que penso de nosso desafio. Pensar a escola é parte do processo porque se formamos professores, como não a apresentar ao futuro professor de forma a ajudá-lo a reconhecer nesse espaço, local de ação transformadora. A escola para mim, como pesquisador acadêmico, continua sendo chão que pode mudar vidas, trazer projetos de vida, dar visibilidade de caminhadas, despertar futuros profissionais, mas também ser sensível com as necessidades de quem aprende e que pode usar em sua vida um novo saber para viver melhor.*

**Dr. Welson Barbosa Santos**, Pesquisador e coordenador do projeto.

O primeiro momento desta escrita dedica-se ao método, à forma como conduzimos o trabalho, aos passos que seguimos e aos movimentos que criamos para dar forma aos objetivos inicialmente traçados. Por essa razão, torna-se necessário situar o leitor em alguns pontos. Toda a obra se debruça sobre um projeto que integra ensino, pesquisa e extensão.

O ensino se faz presente porque três cursos de licenciatura — Química, Física e Biologia — participam do projeto por meio de componentes curriculares eletivos denominados Projetos Interdisciplinares (PROINTER), comuns às matrizes curriculares dos três cursos e voltados para a formação de professores. Além desses, há a participação de um compo-

nente curricular específico da licenciatura e do bacharelado em Biologia — Fisiologia e Anatomia Humanas —, que, ao longo do semestre, aborda temas como o Sistema Nervoso Central.

Outro aspecto central do projeto é a participação de um Grupo de Iniciação Científica, envolvendo um quarto grupo, composto exclusivamente por estudantes do bacharelado em Biologia. Assim, o que aqui se apresenta é o resultado dessa diversidade de sujeitos, em processos formativos distintos, e dessa multiplicidade de perspectivas que contribuem para a construção do trabalho.

No que se refere ao Sistema Nervoso Central e à anatomia dos órgãos e regiões envolvidas, o encéfalo assume o papel de eixo condutor do projeto. A proposta se fundamenta em um percurso já consolidado na área, por meio de iniciativas voltadas ao ensino e à extensão, como os projetos “Cérebro Descomplicado” e “Projetos Interdisciplinares”.

Dessa forma, o que aqui se descreve está alinhado à tríade Ensino – Pesquisa – Extensão. Tauchen (2009) destaca que o conceito de indissociabilidade implica a impossibilidade de existência isolada desses elementos, pois a retirada de um deles compromete a totalidade do processo. A interdependência entre ensino, pesquisa e extensão altera os fundamentos que os mantêm unidos, tornando-se, assim, um princípio paradigmático e epistemologicamente complexo, que deve ser respeitado e cumprido.

O princípio da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão reflete um conceito de qualidade do trabalho acadêmico que favorece a aproximação entre universidade e sociedade, a autorreflexão crítica, a emancipação teórica e prática dos estudantes e o significado social do trabalho acadêmico. A concretização deste princípio supõe a realização de projetos coletivos de trabalho que se referenciem na avaliação institucional, no planejamento das ações institucionais e na avaliação que leve em conta o interesse da maioria da sociedade. (MAZZILLI; MACIEL, 2010, p. 4).

Por ser assim, no compasso dessa caminhada a ser descrita aqui, o ensino é o marco inicial que sustenta e se faz presente no decorrer de mais de um semestre. Para além do descrito, a experiência prática marca esse compasso por estar associada aos projetos de pesquisa e extensão que envolvem um considerável número de alunos nos cursos já citados. A ação

do Grupo de Pesquisa em Educação em Ciências da Natureza (GPECIN) amplia a perspectiva de um movimento que tem componentes curriculares como referência inicial. Dessa forma, abrange um quantitativo significativo baseado no ensino de graduação. Na proposta, quatro docentes pesquisadores compartilham seus conhecimentos especializados.

Referente aos graduandos, o total de estudantes universitários envolvidos é de 40, sendo 10 bacharelandos em Biologia e 30 licenciandos dos três cursos envolvidos: Química, Física e Biologia. No campo metodológico, esse montante nos proporciona uma perspectiva quantitativa do trabalho de pesquisa. Em Gatti (2012), compreendemos que quantificar nos traz uma visão geral, fornecendo dados objetivos, mas sem revelar a subjetividade do processo, tão importante no que envolve o humano. Fischer (2021) nos sustenta nesse desafio ao incentivar práticas acadêmicas mais generosas, que acolham incertezas e medos, percebendo na subjetividade e na incompletude seus elementos centrais. Essa abertura e sensibilidade despertam nossa escrita.

A autora sinaliza que é nos gestos inacabados que se percebe os processos criativos como metamorfoses, viabilizando a revelação dos movimentos da pesquisa. Essa perspectiva de pesquisa acadêmica reside naquilo que ainda está por se tornar, movendo-nos na formação de professores. Dessa forma, reforçamos que este trabalho tem uma abordagem qualitativa, pois é na pessoalidade descritiva de seus participantes que encontramos razões e subsídios para sua construção. Assim, especificamos os campos metodológicos, quem são os sujeitos envolvidos e algumas razões para o perfil de Ensino, Pesquisa e Extensão adotado.

Compreendemos a importância de sinalizar que a preparação para o planejamento no semestre anterior à ação nos exigiu articulações para decidir o tema a ser desenvolvido, o perfil do trabalho, os possíveis desafios a serem superados, os sujeitos envolvidos e as dinâmicas a serem aplicadas a cada grupo. Definiu-se trabalhar o Sistema Nervoso Central e diferentes processos humanos associados, como dor, tristeza, alegria, dependência química, sono, sede, fome, sistemas de recompensa e memórias, entre outros. Pergher et al. (2006) e Ballone (2002) nos oferecem subsídios para compreensão biológica e neurocientífica dessas questões.

No campo da formação de professores, Perrenault (1999), Shulman (1986) e Tardif (2002) nos mostram que a construção da identidade docente na formação inicial é complexa, exigindo a valorização das experiências escolares pregressas para subsidiar novas práticas. Esses autores também ressaltam a importância da formação continuada, um desafio de difícil alcance e pouco efetivado.

Este primeiro momento também define metodologicamente os sujeitos envolvidos, a divisão da preparação para a ação, o material a ser produzido e como a extensão alcançará os acadêmicos em formação. Também consideramos como articular os laboratórios de Química, Física, Anatomia e Fisiologia Humana e o Laboratório de Ensino, bem como a participação de cada uma dessas áreas na construção de uma proposta coesa e interdisciplinar.

Ao início do semestre, os componentes curriculares são direcionados ao tema central do projeto. Os graduandos são estimulados a pensar de forma integrada, com foco e objetivo comum. No campo educacional, temos componentes como PROINTER, que envolve cerca de 40 licenciandos (entre os cursos de Química, Biologia e Física). O componente curricular de Anatomia Humana inclui dois grupos em diferentes momentos de formação na Biologia, e 10 estudantes do Bacharelado contribuem com a construção teórica dos temas, todos vinculados ao projeto de extensão “Cérebro Descomplicado” (SIEX/UFU: 30847).

O projeto “Cérebro Descomplicado” busca tornar o conteúdo de Anatomia e Fisiologia do sistema nervoso acessível ao público externo à universidade, por meio de *podcasts*, vídeos e postagens, usando a divulgação científica como ferramenta metodológica. Esse projeto se integra à proposta ao oferecer uma nova abordagem sobre o funcionamento do encéfalo.

A organização do projeto resultou em 14 temas distintos, atravessados por conhecimentos da Física (eletricidade), Química (processos intracelulares e permeabilidade de membrana) e Biologia. A interação entre os docentes pesquisadores foi fundamental para garantir o progresso coletivo dos estudantes. A interdisciplinaridade entre Física, Química e Biologia permitiu a construção de práticas pedagógicas conectadas à vida cotidiana.

Nos laboratórios pedagógicos, os estudantes das três licenciaturas e do bacharelado se dedicaram à construção de modelos Tridimensio-

nais Reais (3DR) para auxiliar na compreensão das estruturas cerebrais. Utilizamos materiais de baixo custo como biscuit, madeira, garrafas PET, tinta guache, cola e cordão de tricô/crochê para reproduzir regiões cerebrais. Cecantinni (2006) enfatiza que a criação de modelos exige um aprofundamento conceitual, garantindo maior compreensão dos processos biológicos abordados.

Esse projeto representa um esforço coletivo de ensino, pesquisa e extensão, articulando diferentes áreas do conhecimento para aproximar a ciência da realidade dos estudantes e da comunidade.

*Coordenar, participar ativamente de um projeto desta magnitude me faz acreditar no poder transformador que a universidade pública tem, não apenas dentro de seus muros, mas para muito além deles. Aprender e ensinar são duas faces de uma mesma moeda, é aprendendo que se ensina, é ensinando que se aprende e é neste movimento que nós professores e nossos alunos, futuros professores, se constroem na profissão e transformam vidas no caminho. O sentimento é de orgulho. Orgulho dos nossos alunos que se debruçaram sobre um projeto grande e complexo e deram tudo de si para que ele se concretizasse, orgulho da escola e de seus professores e funcionários que se esmeraram para proporcionar a melhor formação possível para seus alunos e orgulho de nós que, enquanto professores, temos a coragem de encabeçar algo desta magnitude. É uma conta em que todos ganham e esta publicação é o reflexo de todo este trabalho empregado ao longo de muitos meses. (Dra. Carla Patrícia Bejo Wolkers - Pesquisadora e coordenadora do projeto)*

Podemos pensar, de forma articulada, no ensino como um pilar para a formação docente. Além disso, é fundamental reconhecer que a extensão transcende os muros da universidade, materializando impactos na formação de pessoas. Esse movimento confere ao trabalho acadêmico um papel central: contribuir para a produção do conhecimento. Considerando apenas esses dois eixos — ensino e extensão —, já encontramos uma justificativa sólida para a relevância do trabalho. No entanto, há ainda a pesquisa, elemento indissociável desse processo. Segundo um dos pesquisadores e coordenadores do projeto:

*A articulação entre ensino, pesquisa e extensão nos cursos de Licenciatura fortalece a formação do professor e da*

*professora por meio de ações didático-pedagógicas no chão da escola. De fato, a escola é sim um espaço de produção de conhecimento que permite, inclusive, integrar a pesquisa como prática inerente ao processo educativo. A pesquisa possibilita redimensionar desafios e potencialidades do exercício da docência, promovendo a constante reavaliação das práticas pedagógicas e o desenvolvimento de novas ações. Aliada à extensão, amplia o acesso ao conhecimento para múltiplos públicos, tornando a escola um ambiente dinâmico e coparticipativo na formação de professores e professoras.* (Prof. Dr. Paulo Vitor Teodoro – Pesquisador e Coordenador do Projeto).

A pesquisa nos conduz a refletir, avaliar e reavaliar, dimensionar e mensurar, descrever e compreender o impacto *do que fazemos e como fazemos*. Nesse sentido, a pesquisa aqui apresentada e descrita não se limita ao espaço acadêmico, mas se torna uma fonte de registro capaz de orientar e sinalizar caminhos para aqueles que compartilham do compromisso com a educação. De fato, trata-se de um processo de desafio e ação, de pesquisa e prática, de educação e formação, fundamentado na interdisciplinaridade como princípio orientador.

## REFERÊNCIAS

- BALLONE, G. J. Neurofisiologia das emoções. **Psiqweb–Psiquiatria Geral**, 2002. Disponível em: <https://is.gd/zi9eMp>. Acessado em: 16 dez. 2024.
- MAZZILLI, S.; MACIEL, A. S. A **indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão**: caminhos de um princípio constitucional. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 33., 2010. Caxambu. Anais... Caxambu, MG: Anped, 2010. Disponível em: Acesso em: 10 out. 2024.
- PERRENOUD, P. **Práticas pedagógicas profissão docente e formação: perspectivas sociológicas**. Lisboa: Dom Quixote, 1993. PIMENTA, S. G. (Org.). Saberes pedagógicos e atividade docente. São Paulo: Cortes, 1999.
- PERGHER, G. K. et al. Memória, humor e emoção. **Revista de psiquiatria do Rio Grande do Sul**, v. 28, p. 61-68, 2006.
- SHULMAN, L. **Those Who Understand: Knowledge Growth in teaching**. In: Educational Researcher, Washington, AERA, p. 4-14, 1986.
- TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis: Editora Vozes, 2002.
- TAUCHEN, G. **O princípio da indissociabilidade universitária**: um olhar transdisciplinar nas atividades de ensino, de pesquisa e de extensão. 2009. Tese (Doutorado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

## CAPÍTULO 2

### A ELETRICIDADE QUE NOS MOVE: UMA ABORDAGEM PRÁTICA PARA O ENSINO

Enzo Oliveira Gonçalves  
Thaís de Oliveira Guimarães da Silva  
Carla Patrícia Bejo Wolkers  
Welson Barbosa Santos  
Paulo Vitor Teodoro

*Na minha formação escolar básica as disciplinas de exatas eram separadas, algumas vezes as matérias de química e a biologia tinham uma relação, mas não era algo de trabalhar junto, as duas. Atualmente curso uma licenciatura em ciências biológicas, vejo a possibilidade e a importância de existir a interdisciplinaridade entre as matérias de ciências exatas. Por causa das próprias vivencias dentro da universidade, isso tornou nosso conhecimento teórico mais próximo da realidade e ter melhor compreensão. Como estamos tratando aqui de um projeto de extensão que foi levado a escola básica, quando em contato com os estudantes trabalhando esta perspectiva interdisciplinar, eles também demonstraram maior interesse quando houve a essa integração de saberes e áreas, diante da participação deles nos experimentos apresentados.*

**Thaís de Oliveira Guimarães da Silva**, estudante do sétimo período - Licencianda em biologia)

Pensar a educação passa pelo desafio de desengavetar os conteúdos de suas caixas restritas e abri-los a possibilidades amplas, interdisciplinares e lúdicas, conectadas à vida de quem aprende. No entanto, esse não é um movimento tão simples quanto pode parecer. Ao inserir o recorte de fala como epígrafe no início deste texto, essa é a intencionalidade: demonstrar que as licenciaturas e os processos de formação inicial e continuada carecem da valorização dessas questões, desse debate e dessa possibilidade de dinamismo e diretriz.

Assim, sinaliza-se que este texto não parte exclusivamente de uma reflexão teórica, mas se fundamenta nela, evidenciando como experiências práticas podem fazer a diferença. Daí surgem alguns questionamentos: diante de um público diverso, composto por bacharéis e licenciados, graduandos cujos interesses nem sempre convergem, a pergunta que se impõe é: quais razões movem as ações aqui delineadas, de forma a alcançar ambos os públicos? Como este projeto se propôs a fazer isso?

É nessas possibilidades que se aposta aqui e, nesse movimento, por meio da narrativa a seguir, tais questões se tornam ainda mais evidentes.

*Sendo objetivo e franco, mesmo como bacharel eu gosto da dinâmica da licenciatura e até já cogitei muitas vezes ser da licenciatura. Gosto de interagir com outros alunos e essa dinâmica de sala de aula me agrada, tanto que no futuro almejo ser professor, só que na universidade. E, diferente do que muitos bacharelados pensam, viver isso tudo só tem a agregar tanto no desenvolvimento acadêmico, quanto no pessoal. Eu desde pequeno queria fazer alguma coisa grandiosa e através do ensino eu consigo fazer isso, de deixar minha marca e ensinar as pessoas. Isso é muito gratificante depois que terminamos uma atividade ou aula e os alunos vem falando com a gente sobre o que gostaram, quanto gostaram. Eu acho isso extremamente satisfatório e penso no ensino como um propósito de vida pessoal. Acho que é isso.*  
**(Enzo Oliveira Gonçalves** estudante do sexto período - Bacharelado em biologia)

Quando se consideram as realidades de um país como o nosso, devemos reconhecer que a educação é, na maioria dos casos, a porta de entrada para a ressignificação da vida, da classe social e da sociedade. Historicamente, esses processos são marcados pela alienação de muitos, pela ascensão pontual de alguns e pela permanência pouco alterada da grande massa. A narrativa aqui inserida ilustra parte desse movimento, dessas possibilidades e dos caminhos que se abrem e se entrecruzam, ampliando oportunidades e permitindo deslocamentos em diversos âmbitos, incluindo o social.

Pensar projetos interdisciplinares também envolve essa perspectiva, como bem se apresenta neste texto. Formar professores por meio de vivências que os auxiliem a se tornarem bons educadores é um desafio,

sobretudo para aqueles que tiveram uma formação fragilizada na escola básica. No ensino de biologia, esse desafio é ainda maior, pois a área exige a compreensão de saberes complexos, frequentemente associados a custos elevados e pouco presentes na formação escolar inicial. Escolas básicas com formações fragilizadas geram futuros acadêmicos com lacunas na formação. Mas quais razões explicam essa realidade? Que argumentos podem ser elencados para compreendê-la?

No campo das ciências naturais (Química, Biologia e Física) — embora essa não seja uma exclusividade da área —, o conhecimento está intimamente relacionado ao estudo de estruturas e processos microscópicos, com os quais os alunos da educação básica, em geral, não estão familiarizados. Esses conteúdos exigem um esforço maior de dedicação e, muitas vezes, as graduações não conseguem superar as limitações prévias dos estudantes. Caso os conceitos não sejam apresentados de maneira lúdica e inerente à realidade dos alunos, a compreensão pode se tornar abstrata, resultando no desinteresse de muitos, que não veem necessidade em aprender o conteúdo ou o assimilam apenas para serem aprovados nas disciplinas. Essa realidade é comum na escola básica e se perpetua no ensino superior.

Buscando compreender essa questão, sabe-se que o processo de ensino e aprendizagem no Brasil ainda é predominantemente tradicional. Segundo Leoni Costa e Tiago Venturi (2021), grande parte das escolas adota um modelo no qual o aluno é tratado como agente passivo do ensino, aguardando o professor para receber o conhecimento. Os autores afirmam que, enquanto esse modelo permanecer hegemônico, os estudantes enfrentarão dificuldades para alcançar uma alfabetização científica eficaz. Assim, quando os conteúdos são abordados de maneira expositiva e repletos de termos técnico-científicos, cria-se uma barreira entre o estudante e a aprendizagem, tornando o conhecimento sem sentido e sem aplicação prática. Como consequência, muitos alunos memorizam a matéria apenas para passar nas provas escolares.

Esse modelo pode ser prejudicial ao desenvolvimento acadêmico e profissional dos estudantes. De acordo com Myriam Krasilchik e Martha Marandino (2004), as disciplinas de ciências e biologia têm o potencial de promover a alfabetização científica, possibilitando aos alunos a com-

preensão das relações entre conhecimento científico, sociedade e cotidiano, incluindo suas aplicações na vida e no trabalho. Isso pode estimular uma postura crítica e autônoma, além de fortalecer a interdisciplinaridade, embora esse ideal nem sempre se concretize na prática da formação docente.

Segundo Vanessa Oenning e Juliana de Oliveira (2011), a falta de motivação é uma das principais causas do desinteresse dos alunos, problema frequentemente associado às metodologias adotadas pelos professores de ciências para abordar temas complexos. Isso não significa que as aulas expositivas não sejam importantes para o ensino-aprendizagem, mas a predominância dessa abordagem, centrada em livros didáticos e na memorização de informações, afasta os estudantes do prazer pela descoberta no mundo das ciências. Sem perceberem o sentido dos conteúdos e sua relação com o mundo real, muitos acabam desmotivados.

Diante disso, torna-se fundamental explorar novas metodologias no ensino de ciências e biologia, assim como investir na produção de materiais didáticos inovadores. Oenning e Oliveira (2011) destacam que os conteúdos de bioquímica, biologia celular e molecular exigem, especialmente, materiais de apoio, pois envolvem conceitos abstratos e aspectos microscópicos. Como mediador entre o saber e o aluno, cabe ao professor buscar ferramentas pedagógicas que aproximem o conteúdo da realidade dos estudantes, tornando o aprendizado mais significativo e acessível. Em virtude disso, temos estudos que apontam

[...] que a aprendizagem torna-se mais eficaz quando é promovida a partir de experiências diretas, pois é conhecido que se aprende através dos sentidos do corpo, sendo 83% através da visão, 11% através da audição, 3,5 através da olfação, 1,5 através do tato e 1% através da olfação. Além disso, o ser humano retém apenas 10% daquilo que lê, 20% do que ouve, 30% do que vê, 50% do que vê e em seguida realiza; 70% do que ouve e em seguida discute e 90% do que ouve e logo realiza. Daí a importância de se utilizar atividades que envolvam o aluno de diferentes maneiras (Oenning; Oliveira, 2011).

Para despertar o interesse dos alunos pelo mundo das ciências, é importante repensar as metodologias utilizadas em sala de aula. Conforme discutido por Costa e Venturi (2021), a metodologia ativa, caracterizada

pela participação ativa dos alunos e pela construção colaborativa e crítica do conhecimento, tem demonstrado grande potencial para melhorar a compreensão nesse campo. É sobre isso que este texto se propõe a refletir, apresentando uma experiência exitosa na qual o tema toma forma prática, lúdica e acessível.

Nesse sentido, em concordância, Jobson de Lima e Silva (2024) afirma que as metodologias ativas têm o potencial de transformar o processo de ensino. Isso ocorre porque tais abordagens pedagógicas demonstram impactos positivos nos alunos que têm acesso a essa prática. Assim, o aumento do desempenho acadêmico e o engajamento, por parte dos estudantes, tornam-se metas alcançáveis, pois o aprendizado é construído em associação com a vida cotidiana, a praticidade e a utilidade.

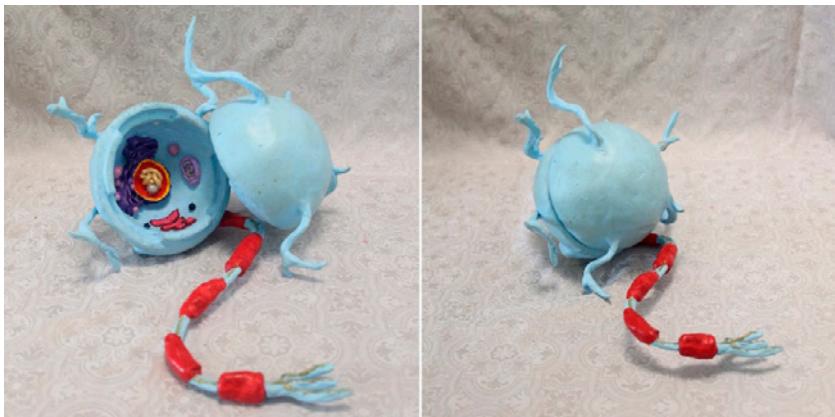
Para elucidar como foi planejado e executado o projeto que serve de referência para esta escrita, a atividade prática ocorreu de forma interdisciplinar na escola básica, contando com esforços conjuntos de professores escolares, acadêmicos e alunos dos cursos de graduação em Biologia, Física e Química da universidade. O projeto envolveu toda a comunidade estudantil da escola, tendo como ponto central o desenvolvimento de uma metodologia transversal que conectasse as ciências da natureza de maneira envolvente. A ação exigiu um amplo planejamento prévio e contou com a participação tanto das licenciaturas citadas quanto do bacharelado em Biologia.

O aporte teórico que subsidiou a atividade foi baseado na forte conexão entre eletricidade, sinapses e a bomba de sódio e potássio, destacando a importância de aulas experimentais para a melhor assimilação desses conceitos. Assim, desenvolveu-se um experimento que facilitasse a compreensão desse fenômeno, relacionando-o ao funcionamento do corpo humano, especialmente às atividades neurais e à manutenção da homeostase dos sistemas biológicos.

Durante o processo, utilizou-se um modelo didático Tridimensional Real (3DR) de um neurônio (Figura 1). Além disso, foi realizado um experimento no qual um sistema elétrico aberto, composto por uma lâmpada conectada a uma tomada, era ativado quando se adicionava cloreto de sódio à água. As pontas do cabo, submersas e levemente afastadas, permitiam a liberação de íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , gerando a corrente elétrica necessária para

fechar o circuito e acender a lâmpada. Esse procedimento, comum nas áreas de Química, Física e Biologia, foi apresentado de forma integrada, desafiando os alunos a compreenderem o funcionamento neural a partir dessa abordagem interdisciplinar.

Figura 1- Modelo 3DR do neurônio



Fonte: Imagem Enzo Oliveira Gonçalves – LAEN – UFU

Como fundamentação, as interações entre o corpo e o ambiente ao seu redor são mediadas pelo sistema nervoso (SN), que interpreta os estímulos recebidos e formula respostas, transmitindo-as por meio dos músculos e glândulas. O SN, em conjunto com as glândulas endócrinas, desempenha um papel fundamental no controle da homeostase do organismo. Além disso, o sistema nervoso pode responder rapidamente para processar ajustes nas funções corporais. Conforme descreve Tortora e Grabowski (2006), ele

[...]é responsável por um conjunto de tarefas complexas, tais como perceber os vários odores, produzir a fala, memorizar, fornecer sinais de controle dos movimentos corporais e regular o funcionamento dos órgãos internos. Essas diversas atividades podem ser agrupadas em três funções básicas (TORTORA; GRABOWSKI, 2006).

Essas características do sistema nervoso são possíveis devido à capacidade das células do tecido nervoso de se comunicarem entre si e com outras

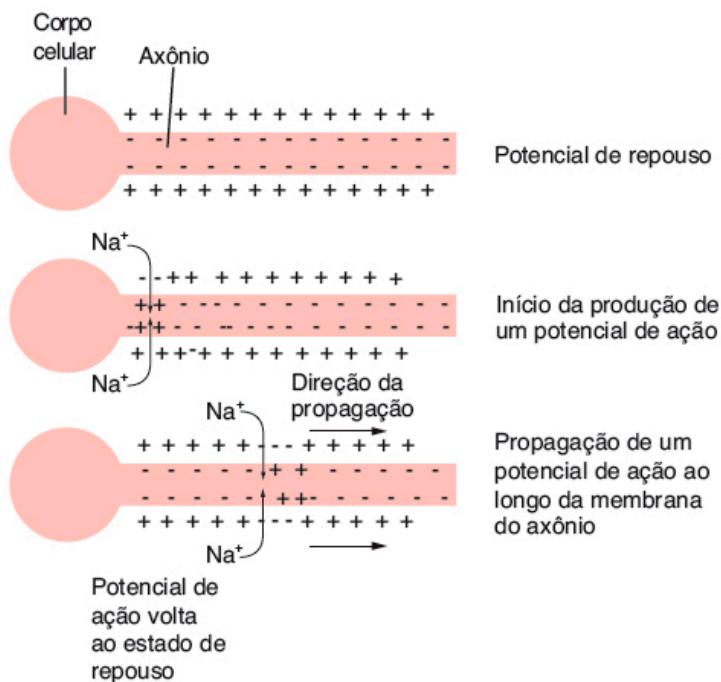
células de diferentes tecidos, como o muscular e o glandular. Conforme descrevem José Carneiro e Luiz Carlos Junqueira (2023), essa comunicação ocorre por meio das sinapses, que transmitem impulsos nervosos de natureza elétrica ou química entre os neurônios.

A sinapse elétrica acontece por meio da modificação da diferença de potencial elétrico existente entre as superfícies externa e interna da membrana celular. Essa diferença de potencial, denominada potencial de repouso da membrana, resulta da distribuição desigual de cargas elétricas em ambos os lados da membrana plasmática, que atua como um isolante elétrico. As concentrações intra e extracelulares de íons potássio ( $K^+$ ) e sódio ( $Na^+$ ) são as principais responsáveis pelo estabelecimento desse potencial.

Durante o estado de repouso neuronal, a diferença de potencial é de aproximadamente  $-60$  mV, com o interior da célula sendo negativo em relação ao exterior. Para que ocorra a ativação do neurônio, é necessário que haja uma alteração nesse potencial elétrico, o que acontece com a abertura súbita de canais para  $Na^+$  voltagem-dependentes. Esse processo permite a entrada desses íons no citoplasma, desencadeando a despolarização e, consequentemente, a inversão da polaridade da membrana no local do estímulo. Durante alguns milissegundos, o potencial da membrana, antes negativo, torna-se positivo, atingindo cerca de  $+40$  mV. Logo após, os canais para  $Na^+$  se fecham e os canais para  $K^+$  se abrem.

Em seguida, os íons  $Na^+$  são transportados para fora da célula, promovendo a repolarização e o retorno ao estado de repouso. Essa sequência de despolarização e repolarização caracteriza o potencial de ação, um processo que dura cerca de 5 milissegundos (Figura 2). Para restaurar as concentrações desses íons e manter a assimetria iônica essencial para o potencial de repouso, entra em ação a bomba de sódio e potássio, um transportador de membrana ativo que regula o equilíbrio iônico da célula.

Figura 2- Esquema do potencial de ação



Fonte: Junqueira; Carneiro (2023)

*Dentro de uma perspectiva de melhor perceber o projeto e a intervenção, entendemos que a definição da abordagem deu-se através de diversas proposições de metodologias interdisciplinares dos grupos dos diferentes cursos de graduação envolvidos na execução do projeto. Como integrantes do grupo da Biologia foi-nos designada a tarefa de criar uma maneira de integrar todos os conhecimentos das demais áreas em uma só e, ainda, aplicar ao funcionamento do corpo humano e seus mecanismos de ação no sistema nervoso. Desafio dado, desafio cumprido. (Enzo Oliveira Gonçalves estudante do sexto período – Bacharelado em biologia)*

A definição do experimento desenvolvido surgiu a partir de uma ideia sugerida por uma das integrantes do projeto, que foi modificada e aprimorada para facilitar a compreensão dos alunos. Considerando que a proposta seria aplicada em toda a escola em uma data e ação específicas,

era fundamental garantir sua acessibilidade. O principal desafio estava na possibilidade de que o tema exigisse explicações muito aprofundadas, o que poderia dificultar a compreensão dos estudantes. Nesse contexto, a realização de um recorte temático tornou-se essencial para otimizar o aprendizado.

*Uma coisa que gostaríamos de destacar aqui é que o re-aproveitamento de material didático construído em projetos anteriores tem sido uma marca desse, que já está em sua quinta edição na escola. Esse acúmulo de materiais é auxiliador no que tange a compreensão e assimilação da estrutura microscópica de uma célula do sistema nervoso, como ocorreu conosco, usando um neurônio em 3DR que o laboratório já dispunha. (Thaís de Oliveira Guimarães da Silva, estudante do sexto período - Licencianda em biologia)*

As turmas de alunos que visitavam e participavam do experimento eram questionadas sobre o tema, se já o conheciam, se tinham interesse ou se enfrentavam dificuldades em compreendê-lo (Figura 3). Em muitas ocasiões, as respostas foram surpreendentes: diversos alunos nunca tinham ouvido falar sobre o assunto abordado. Outros até tinham algum contato prévio, mas sem aprofundamento, o que não era esperado, especialmente entre aqueles dos anos mais avançados da educação básica. No entanto, durante a execução do projeto, os estudantes se mostraram proativos e imersos na atividade, fazendo diversas perguntas e interagindoativamente com o modelo experimental e didático adotado. Essa interação gerou diferentes reações, desde animação e encantamento com a área até entusiasmo diante da complexidade dos tópicos explorados.

Figura 3 – Foto da experimentação sobre permeabilidade de membrana.



Fonte: Imagem Enzo Oliveira Gonçalves – LAEN - UFU

*Diane da forma como o conteúdo chegou a escola, foi planejado e preterido, é importante considerarmos algumas questões podem como as reações adversas dos alunos que permitem chegar a algumas conclusões acerca do ensino que receberam. Apesar das explicações e experimentos simplificados, ainda observamos certa inquietação ou tensão por parte deles, por acharem aquela quantidade de informações de uma só vez muito pesadas e complicadas. Por outro lado, às vezes notamos a admiração e anseio por mais conhecimento, podendo explicar em uma certa tendência do estudante à afinidade com a área e facilidade do aprendizado. Esse é algo importante que precisamos considerar, uma vez que é no ensino médio que muitos dos caminhos profissionais começam a ser percebidos e almejados. (Thaís de Oliveira Guimarães da Silva, estudante do sétimo período - Licencianda em biologia)*

Outra questão relevante é que, apesar das adversidades — como a lacuna de conhecimento prévio sobre o tema e a necessidade de simplificação das explicações para alunos dos anos iniciais —, observou-se que muitos deles saíam da sala onde a prática era realizada entusiasmados, inclusive aqueles que inicialmente relataram dificuldades com os conceitos abordados. Além disso, outros fatores foram essenciais para o sucesso da atividade, como as parcerias e os apoios obtidos ao longo da execução do projeto. Destaca-se, por exemplo, o suporte da universidade, que viabilizou o transporte até a escola, e a colaboração dos profissionais atuantes na instituição. O trabalho interdisciplinar também foi um elemento fundamental, ao integrar diferentes cursos, profissionais de múltiplas áreas e distintos saberes, promovendo um diálogo estruturado e colaborativo para a realização da experiência.

*Algo importante a que queremos ressaltar vem da Escola, que já foi centro de outras várias atividades de impacto social e educacional desse grupo, que sempre mantem contato ativo com os professores da universidade e se colocam dispostos a novas atividades com um sensível olhar de admiração – aproveitamento – valorização, sobre a atuação. Ainda, o incentivo aos seus alunos por parte do corpo docente e administrativo da instituição de ensino básico tem sido estímulo para o trabalho. Elação de parceria, troca, espaço de aprendizado múltiplo. (Enzo Oliveira Gonçalves estudante do sexto período - Bacharelado em biologia)*

## REFERÊNCIAS

- ALVES, V. C.; STACHAK, M. **A importância de aulas experimentais no processo ensino-aprendizagem em física: “eletricidade”**. XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, p. 1-4, 2005.
- COSTA, L. V.; VENTURI, T. Metodologias Ativas no Ensino de Ciências e Biologia: compreendendo as produções da última década. **Revista Insignare Scientia-RIS**, v. 4, n. 6, p. 417-436, 2021.
- DE LIMA, J. et al. Impacto das Metodologias Ativas no Ensino de Biologia no Ensino Médio. **COGNITIONIS Scientific Journal**, v. 7, n. 2, p. e459-e459, 2024.
- TORTORA, G. J.; GRABOWSKI, S. R. **Corpo humano: fundamentos de anatomia e fisiologia**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

DO AMARAL LUNA, A. O uso da tecnologia digital da informação e comunicação como ferramenta didática para o ensino de biologia celular no ensino médio. **Revista Multidisciplinar em Saúde**, v. 2, n. 4, p. 1-12, 2021.

DOS SANTOS, A. L. C. et al. Dificuldades apontadas por professores do programa de mestrado profissional em ensino de biologia para o uso de metodologias ativas em escolas de rede pública na paraíba. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 21959-21973, 2020.

JUNQUEIRA, L. C. U.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica: Texto e Atlas**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2023.

KRASILCHIK, M; MARANDINO, M. **Ensino de ciências e cidadania**. São Paulo: Moderna, 2004.

OENNING, V.; OLIVEIRA, J. M. P. DE. Dinâmicas em sala de aula: envolvendo os alunos no processo de ensino, exemplo com os mecanismos de transporte da membrana plasmática. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 9, n. 1, p. 18, 8 jul. 2011.

# CAPÍTULO 3

## NEUROFISIOLOGIA DO SONO: DA VIGÍLIA AOS SONHOS

Marina Motta  
Gabriele Cantu  
Luiz Gustavo Rodrigues da Silva  
Carla Patrícia Bejo Wolkers  
Welson Barbosa Santos

Você tem dificuldade para dormir ou gosta de dormir demais? Isso pode ser mais comum do que você imagina. Mais da metade da população mundial vivência distúrbios de sono ocasionalmente durante a sua vida, e pelo menos 20% sofre de problemas crônicos de sono (Brasil, 2023). A maioria desses distúrbios são causados por maus hábitos, mas uso de substâncias, transtornos mentais e o estresse excessivo também podem desencadear esses problemas. A privação de sono é um problema de saúde pública que causa danos à saúde a nível neurobiológico, endocrinológico, fisiológico e no desempenho e performance (Figueira et al. 2021).

O sono é um estado fisiológico observado na maioria dos seres vivos do reino animal, caracterizado, principalmente, por movimentos corporais reduzidos e resposta diminuída à estímulos auditivos, visuais, táticos e dolorosos (Kandel; Schwartz; Jessell, 2013). Durante o sono também há diversos processos fisiológicos ocorrendo dentro do corpo, como variações hormonais, alteração na frequência respiratória, mudanças na temperatura corporal e perda de tônus muscular, ou seja, relaxamento total dos músculos.

Dormimos durante cerca de um terço de nossas vidas e ainda assim não compreendemos por completo esse mecanismo essencial para a manutenção da vida humana. Diversos estudos apontam os efeitos adversos da privação de sono ao corpo e inclusive o aumento de risco de mortalidade prematura: dentre as principais causas de morte no mundo várias estão

associadas com a falta de sono, dentre elas as doenças cardiovasculares, doenças neurovasculares, diabetes, hipertensão e obesidade (Figueira; Zanella; Fagundes, 2021). De fato, a privação de sono, tanto parcial quanto total, prejudica diversas funções cognitivas e fisiológicas do corpo e tem consequências a nível neurobiológico, afetando memória, capacidade de aprendizado, comportamento, atenção, processos cognitivos, apetite, impulsividade, processos metabólicos e hormonais.

No campo da memória, a privação de sono impacta principalmente a memória motora e a memória episódica, que são, respectivamente, a capacidade do corpo de lembrar movimentos e padrões motores que foram realizados repetidamente no passado para serem realizados com mais facilidade no futuro e a capacidade de se recordar de eventos pessoais de sua vida. No comportamento, aumenta a irritabilidade, a impaciência e a dificuldade de concentração (Luppi et al., 2012).

Cognitivamente, há uma queda na capacidade sensório-motora, gerando respostas mais lentas e com desempenho motor reduzido. No apetite, a privação de sono aumenta a impulsividade, levando a escolhas alimentares mais calóricas e em maiores porções, o que, junto com a hipoglicemia causada pelo maior gasto energético durante a vigília, pode causar desequilíbrios metabólicos. Essa impulsividade também se aplica a outras situações do cotidiano que dependem da tomada de decisões, como dirigir, podendo gerar perigo a si e aos outros. Também há alterações morfológicas e endocrinológicas, incluindo um aumento nos níveis de cortisol e um desequilíbrio no balanço entre cortisol e testosterona, o que prejudica a recuperação muscular e o metabolismo energético, dificultando a síntese proteica e o crescimento muscular, essenciais para a regeneração celular e recuperação física após exercícios (Figueira et al., 2021).

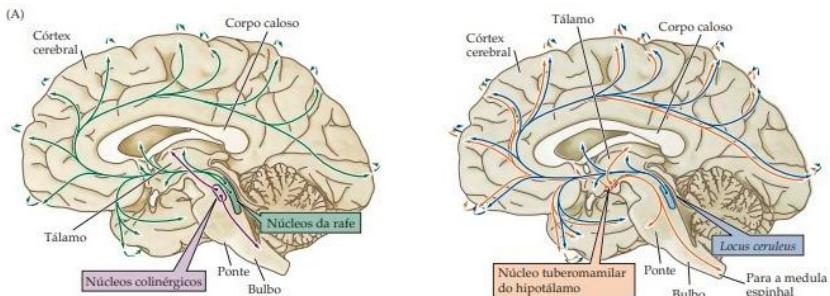
Como pudemos observar, a falta de sono é extremamente prejudicial à saúde e, por esta razão, a compreensão dos mecanismos por trás do sono sempre instigaram a humanidade. Em 1890 o filósofo Fritz Mauthner já buscava entender onde seria o “centro” do sono e acreditava estar localizado em uma área cerebral denominada de substância cinzenta periventricular, localizada no mesencéfalo, uma região do tronco encefálico (para revisão ver Pereira, 1970).

Foram cerca de três décadas depois que o neurologista von Economo observou que pacientes com sintomas de sonolência excessiva ou coma apresentavam lesões múltiplas no hipotálamo posterior e em regiões próximas ao mesencéfalo e em pacientes com insônia ou vigília patológica havia lesões no hipotálamo anterior. A partir destas observações, von Economo chegou à conclusão que estes seriam os “centros” do sono e da vigília (para revisão ver Pereira, 1970).

Em 1946 o neuroanatomista Walle Nauta foi capaz de comprovar experimentalmente a teoria de von Economo: ele provocou lesões da área pré-óptica hipotalâmica e do hipotálamo anterior do cérebro de ratos, provocando nos animais um estado de vigília permanente, os quais morriam depois de vários dias de insônia em completa exaustão. Inversamente, lesões causadas no hipotálamo posterior e de áreas adjacentes ao mesencéfalo levava a um sono profundo e permanente. Este estudo demonstrou a importância dessas áreas para a modulação dos estados de sono e vigília (para revisão ver Pereira, 1970).

O sono não é simplesmente a ausência de atividade cerebral, mas sim uma ação ativa de inibição da vigília ou supressão do estado de alerta. Essa supressão ativa do estado de alerta é causada por uma região do hipotálamo chamada núcleo pré-óptico ventrolateral, que é responsável por enviar neurotransmissores inibitórios para as áreas cerebrais que promovem a vigília, “desligando” essas áreas. Uma das principais partes inibidas nesse processo é o SARA (Figura 1), ou Sistema Ativador Reticular Ascendente, um conjunto de neurônios que se estende desde o tronco encefálico até o tálamo e o córtex cerebral, e que promove o estado de vigília (Purves et al., 2010).

Figura 1 – Núcleos que compõem o Sistema Ativador Reticular Ascendente (SARA).



Fonte: Purves. et al., 2010.

Um elemento essencial do SARA são as vias ascendentes do tronco encefálico que transmitem sinais químicos e elétricos para outras regiões do sistema para que ocorra a manutenção do estado de alerta. Mas para compreender a ação das vias ascendentes, é preciso, primeiramente, entender seus principais componentes.

O *locus coeruleus* é uma pequena região presente no tronco encefálico que produz noradrenalina, substância responsável pela ativação direta do sistema nervoso autônomo simpático em situações de estresse, ou seja, na resposta de “luta ou fuga”. Os núcleos de Rafe são agrupamentos de neurônios localizados por toda a extensão do tronco encefálico que secretam serotonina, neurotransmissor responsável principalmente pela regulação do humor e resposta à estímulos. O núcleo tuberomamilar é uma estrutura do hipotálamo cujos neurônios liberam histamina, um neurotransmissor excitatório. E os neurônios colinérgicos são os que secretam acetilcolina, relacionados ao controle de movimentos voluntários e ao aprendizado, foco e memória (Kandel; Schwartz; Jessell, 2013; Purves et al., 2010).

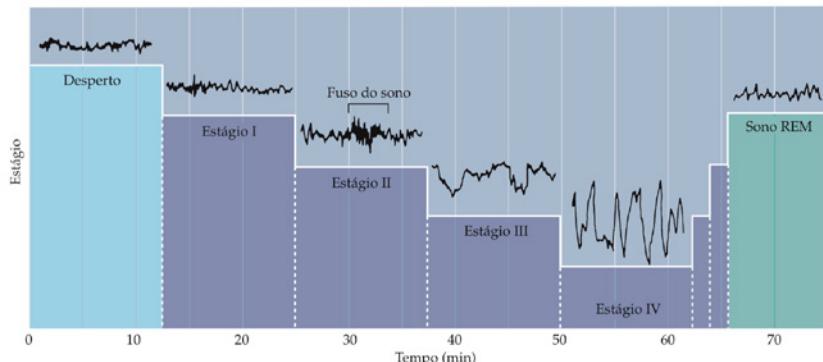
São esses núcleos, inclusos no SARA, que são responsáveis por nos manter acordados e que são inibidos pelo núcleo pré-óptico ventrolateral do hipotálamo quando dormimos; essa região do hipotálamo libera neurotransmissores inibidores, como o ácido gama-aminobutírico (GABA) e galanina, que reduzem a liberação dos neurotransmissores excitatórios: noradrenalina, serotonina, histamina e acetilcolina. Com a atividade desses neurotransmissores suprimida, o SARA reduz o estado de alerta

e diminui a taxa de cortisol no organismo, e o cérebro começa a transitar para o sono (Kandel; Schwartz; Jessell, 2013; Purves et al., 2010).

Mas o que efetivamente acontece com o nosso cérebro durante o sono? Esta pergunta começou a ser respondida em 1929, quando o neuropsiquiatra alemão Hans Berger desenvolveu o eletroencefalograma (EEG), fazendo o primeiro registro de ondas cerebrais e diferenciando a atividade cerebral mais lenta e padronizada registrada durante o sono em comparação com a atividade mais rápida e dessincronizada da vigília (Kandel; Schwartz; Jessell, 2013; Purves et al., 2010).

Do ponto de vista eletroencefalográfico, o sono consiste de períodos que ocorrem de forma alternada, o sono REM, que do inglês significa “*rapid eyes movements*”, ou seja, sono em que ocorre o movimento rápido dos olhos e o sono não-REM, sem estes movimentos. O período de sono não-REM passa por quatro estágios, e é justamente através do exame EEG e de outras mudanças fisiológicas que podemos diferenciar estes estágios. O primeiro período do sono não-REM, também chamado de letargia, é a transição entre a vigília e o sono. Neste momento é observada a diminuição de frequência e aumento da amplitude das ondas cerebrais no EEG. No estágio 2, a frequência das ondas cerebrais continua a diminuir e a amplitude aumenta, e surgem os fusos do sono, descargas periódicas de atividade resultantes da interação entre neurônios talâmicos e corticais. No estágio 3 a amplitude das ondas continua aumentando e a frequência diminuindo e no estágio 4, que antecede o sono REM e é o mais profundo e difícil de despertar, há flutuações de baixa frequência e alta amplitude, indicando atividade elétrica sincronizada de neurônios corticais. Após alcançar esse nível de sono profundo, a sequência se reverte, e segue-se um período de sono REM, que é caracterizado por atividade de baixa voltagem e alta frequência, semelhante à atividade observada no EEG de indivíduos acordados (Figura 2) (Kandel; Schwartz; Jessell, 2013; Aloé; Azevedo; Hassan, 2005; Purves et al., 2010).

Figura 2 - Gráfico eletroencefalográfico dos estágios do sono.



Fonte: Purves et al., 2010.

Além das alterações no EEG, ocorrem diversas outras mudanças fisiológicas que podem diferenciar os estados do sono, sendo as mais evidentes as alterações na frequência cardíaca, na respiração, no relaxamento muscular e na temperatura corporal que ocorrem principalmente entre o estágio 3 e 4, ou seja, ao entrar no sono mais profundo. A progressão do estágio 1 até o REM ocorre cerca de quatro a cinco vezes durante o sono comum e a progressão da vigília até o estágio 4 ocorre em cerca de apenas 30 minutos (Kandel; Schwartz; Jessell, 2013; Aloé; Azevedo; Hassan, 2005; Purves et al., 2010).

O sono REM está associado a perda quase completa do tônus muscular em função da inibição dos neurônios motores da medula espinhal pelas vias ascendentes, mas curiosamente, os neurônios motores do tronco encefálico responsáveis pelos movimentos oculares não são inibidos, uma vez que ocorre o movimento rápido dos olhos. Durante esse estágio a frequência cardíaca e a respiração se tornam similares à quando despertos e podem ocorrer ereções penianas, porém a temperatura do corpo tende a diminuir. No geral, o estágio REM se diferencia tanto dos outros quatro estágios que o sono pode ser classificado simplesmente em estágio REM e não-REM. Com o decorrer do sono, a profundidade do sono não-REM diminui e a duração do sono REM aumenta a cada ciclo (Kandel; Schwartz; Jessell, 2013; Purves et al., 2010).

E é durante o sono que ocorre um dos maiores mistérios da ciência associado à mente humana: os sonhos. Eles podem acontecer em qualquer momento do sono, mas é durante o sono REM que temos os sonhos mais realistas e até bizarros ou assustadores. Não há explicação evolutiva ou fisiológica do porquê sonhamos e é um assunto cercado de misticismo, tornando-se um tema de difícil pesquisa e compreensão.

Do ponto de vista científico, acredita-se que os sonhos estejam relacionados ao processo de fixação de memórias. Sabemos que ocorrem processos ativos de consolidação de memória em todos os estágios do sono, porém de maneiras diferentes: memórias semânticas e episódicas são associadas ao sono não-REM e memórias mais visuais e emocionais tendem a ser mais associadas ao sono REM, sendo este o possível motivo para termos sonhos mais simples e relacionados ao nosso cotidiano durante o sono não-REM e sonhos estranhos ou pesadelos durante o sono REM (Purves et al., 2010).

Agora que compreendemos o que é o sono do ponto de vista científico, vamos falar um pouco sobre os distúrbios de sono que podem acontecer no decorrer da nossa vida. Segundo a *Classificação Internacional de Distúrbios de Sono* existem mais de 50 transtornos clínicos associados ao ritmo vigília-sono, podendo derivar de causas comportamentais, psicológicas e neurológicas (American Academy of Sleep Medicine, 2014). Os mais comuns estão tipicamente relacionados com a perturbação dos ciclos naturais do sono e da vigília por estimulantes externos como a cafeína, maus hábitos e estresse, resultando em condições como a sonolência diurna e insônia. Já outros distúrbios, como a narcolepsia, apneia do sono, paralisia do sono e sonambulismo ocorrem devido à uma falência de circuitos neurais específicos, como a ativação súbita das vias de inibição descendentes de neurônios motores espinais levando à perda de tônus muscular durante a vigília, causando a narcolepsia. Ou o oposto: as vias de inibição descendentes de neurônios motores espinais não funcionam durante o sono REM, levando à pessoa a se movimentar constantemente durante o sono ou ao sonambulismo.

O distúrbio mais comum e recorrente é a insônia, podendo se caracterizar tanto pela dificuldade de adormecer e de permanecer dormindo durante a noite, quanto pelo despertar precoce, antes que se obtenha

a quantidade de sono necessária. Este distúrbio tende a piorar com o avanço da idade e é mais frequente em mulheres. O GABA (ácido gamma-aminobutírico), citado anteriormente, pode ser utilizado para remediar a insônia, pois benzodiazepínicos, medicações com efeito calmantes que são comumente usada no tratamento da insônia, facilitam a abertura dos canais de receptores do GABA, inibindo o estado de vigília.

Como vimos, o sono é um aspecto crucial em nossas vidas, influenciando desde processos de memória até a regulação emocional e metabólica. Diversas áreas cerebrais, neurotransmissores e processos fisiológicos estão envolvidos para que o sono ocorra e o entendimento das causas e consequências da privação dele e os distúrbios associados, revelam o impacto profundo da desregulação desse estado essencial: tanto no corpo biológico, no psicológico, na vida social e bem-estar, quanto na qualidade de vida. Mas, vale considerar que por mais que muito tenha sido descoberto e estudado, o sono e os sonhos continuam contendo alguns mistérios, sendo um campo de pesquisa cheio de desafios, porém segue sendo irrefutável a importância de um descanso adequado para a saúde geral.

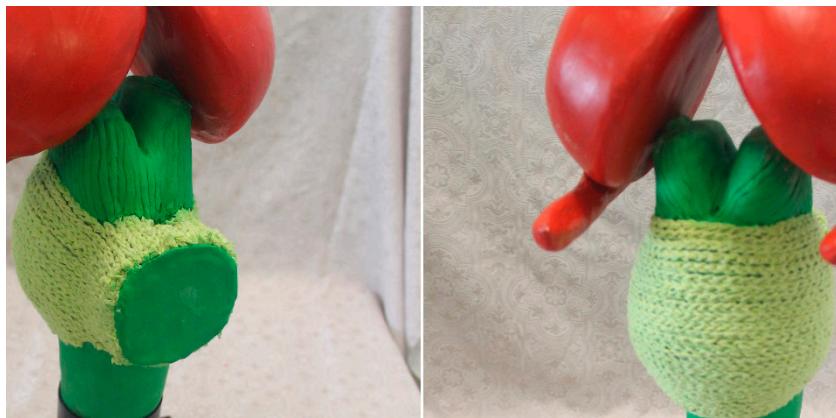
*Pelo que as narrativas do sistema que envolve o sono e os sonhos e mesmo as estruturas cerebrais envolvidas nesse processo podem ser descritas, torná-lo acessível exige-nos um processo. Um pouco de como fizemos esse caminho, é nosso desafio descrevê-lo aqui. A razão disso está em poder demonstrar como diferentes saberes se conectam e permitem eficientes processos de aprendizado a grupos e idades nem sempre comuns ou iguais. Experimentar isso, para graduandos que já avançam para a parte final de formação parece ser algo realmente único. Isso porque nos proporciona experiências gratificantes, no nosso caso tivemos o tema “Sono: vias ascendentes do tronco encefálico”, onde toda semana nos reuníamos para debater o que sabíamos do assunto e como iríamos expor para alunos de diferentes idades na escola. (Luiz Gustavo Rodrigues da Silva - estudante do terceiro período – Licenciatura em biologia).*

Para a adequação deste tema tão importante para estudantes do ensino básico, o movimento estabelecido é o de, no decorrer do semestre, se discutir e se ampliar cada vez mais os conhecimentos sobre o tema. Se produz *slides* e se apresenta em sala de aula várias vezes até o tema estar

de acordo com o esperado e exigido, sempre assistido e orientado por dois professores de graduação, um da área pedagógica e outro da área de Anatomia e Fisiologia humana. No processo, as frequentes preocupações partem de todos os lados, os ajustes são inevitáveis e cada etapa complementa-se mais. Por exemplo, se o conteúdo estava didaticamente comprehensível para jovens de diferentes idades ou se a entrega desse conteúdo, que é bastante complexo, seria recebida por eles de maneira e de forma eficiente é um movimento e um deslocamento que se pensa e estrutura e reestrutura ao longo de todo o percurso.

Porém, por meio dessas práticas, o auxílio dos modelos 3DR (Santos *et al.*, 2019) é um dos caminhos que torna possível criar uma ponte entre o estudante e o conteúdo, proporcionando uma maior perspectiva e conexão com o saber a ser aplicado e o uso desse saber na vida e entendimento do corpo, e das regiões cerebrais que atuam nesse campo. Vale considerar que tais movimentos diferenciam-se do ensino convencional porque elementos auxiliadores estão em cena, unindo teórico com prático. Para se avançar na construção desse saber, um tronco cefálico e suas diferentes partes de conexão com demais regiões cerebrais foi produzido em laboratório artesanalmente, um modelo 3DR das estruturas (Figura 3).

Figura 3 – Modelo 3DR do tronco encefálico e tálamo.



Fonte: Imagens Enzo Oliveira Gonçalves – LAEN - UFU

*No processo de produção dos materiais, no nosso caso o tronco encefálico, que levaríamos para a escola, nossa turma costumava se reunir às quintas e sextas-feiras para trabalhar nos próprios projetos, como também para ajudar os colegas, cada qual com seu projeto e modelo a construir. Os recursos são muitos e optamos e decidimos que precisaríamos de isopor, linha de tricô, biscuit e cola. Optamos por deixá-lo bem colorido e de um tamanho maior, para despertar a curiosidade dos alunos escolares. (Luiz Gustavo Rodrigues da Silva - estudante do primeiro período – Licenciatura em biologia)*

Nessas reuniões, se faz uma troca constante de ideias, onde, sem perceber, se aprende e ensina uns aos outros o assunto que se está estudando. Há aí o encontro entre o individual e o coletivo. Isso proporcionou uma visualização mais clara de como ajustar e reforçar o conhecimento já adquirido e mesmo vê-lo conectado a tantos outros temas individuais que estavam sendo desenvolvidos, ampliando o conhecimento individual. Nesse sentido, além do modelo 3DR, na escola a utilização de uma imagem do cérebro em *slides* ocupando parte da parede, melhorou a visibilidade estrutural, sendo didaticamente complementador.

*No pensar sobre a ação na escola, fica evidente um complexo desafio, o de criar uma dinâmica prática relacionada ao tema e que pudesse fazer sentido para os alunos escolares no seu dia a dia, foi um exercício de muitas cabeças pensando ao mesmo tempo e testado entre nós. Assim, nesse campo, ajustado a prática, optamos por fazer o uso do “relaxamento muscular pela técnica Jacobson”, onde escolhíamos dois alunos para experimentarem diferentes estágio do sono no nosso corpo. (Gabriele Cantu - estudante do primeiro período – Licenciatura em biologia)*

Referente ao dia de levar o conteúdo na Escola, é difícil expor em palavras como aquele contexto marca a ação pelo acolhimento, tanto pelos alunos quanto pelos professores e funcionários. Toda a escola se mobiliza para receber a ação, oferecem, disponibilizam um espaço, momento e contexto que raramente se encontra em outros lugares. Isso é descrito no planejamento, mas que só a vivência na escola pode servir para comprovar.

*Reconhecer que o realizar as aulas e conhecer os alunos no seu ambiente escolar, apresentar o tema a eles é algo incrível,*

*mesmo que o medo fizesse parte daquele momento e contexto, é algo a se descrever. Todo o grupo reunido com vontade de fazer acontecer, as crianças estavam empolgadas e curiosas sobre todas aquelas peças que estavam expostas em sua frente, uma somatória explosiva. E aí o legal, na sala tínhamos um público que fazia perguntas, participavam das aulas práticas e realmente entendiam o assunto que tínhamos levado. A forma como questionavam já demonstravam que o conhecimento avançava no campo da compreensão deles. (Gabriele Cantu - estudante do primeiro período – Licenciatura em biologia).*

No decorrer das apresentações, a oportunidade de interagir com estes alunos de diferentes turmas, permitiu transmitir o conteúdo de formas variadas para garantir o melhor entendimento. A cada grupo um novo movimento de ajuste ia ocorrendo. Assim, pode se dizer que uma questão que se destaca é,

*Como futuros professores, foi gratificante observar a interação deles com os materiais e os temas abordados. Os mais jovens demonstravam curiosidade sobre o que estava diante deles, enquanto os mais velhos traziam dúvidas sobre como aquilo funcionava. Eram questionamentos diferentes, mas que tinham sentido, dava sentido ao que estávamos ali apresentando a eles. Nós? nós explicávamos da melhor maneira possível, tentando relacionar o tema ao cotidiano deles. (Luiz Gustavo Rodrigues da Silva - estudante do primeiro período – Licenciatura em biologia)*

O resultado disso é que, além de ao sair da escola no fim do dia com o sentimento de missão cumprida, aprende-se com eles da mesma forma que aprendem com tudo aquilo que foi levado até ele. Há ali trocas, às vezes teorizada na formação na universidade e que a prática se mostrou com clareza, no como isso é uma verdade soberana no ensinar. A experiência é o que dá a oportunidade de aproximar mais a teoria e a prática, em um processo bem interessante, principalmente quando trata-se de um projeto que envolve pessoas de outros períodos, outros cursos, outras disciplinas, tornando incrível a experiência dentro da faculdade, no processo de formação, subsidiando o embasamento para estágio e outras ações como PIBID.

Reconhecer que participar do projeto é extremamente gratificante é questão singular e comum. Ver como se consegue transmitir o conhe-

cimento e adaptá-lo para os alunos escolares é um dentre tantos pontos a se destacar, em um processo dinâmico que ocorre ali, na sala, diante do aluno. Ainda, apesar do constante nervosismo, a oportunidade de realizar um projeto com este caráter educacional, foi certamente recompensador, pelo que representa na formação docente. E a experiência ao longo da formação e carreira é o mais mágico desse processo porque sinaliza caminhos, mostra-se como possibilidades palpáveis.

## RREFERÊNCIAS

ALÓE, F.; AZEVEDO, A. P.; HASAN, R. Mecanismos do ciclo sono-vigília. **Brazilian Journal of Psychiatry**, v. 27, p. 33-39, 2005.

AMERICAN ACADEMY OF SLEEP MEDICINE. **International classification of sleep disorders**. 3. ed. Darien, IL: American Academy of Sleep Medicine, 2014. Disponível em: <https://is.gd/XDwIgK>. Acesso em: 24 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Você já teve insônia? Saiba que 72% dos brasileiros sofrem com alterações no sono. 2023. Disponível em: <https://is.gd/AL1iQQ>. Acesso em: 26 fev. 2025.

FIGUEIRA, L. G. et al. Effects of sleep deprivation on healthy adults: a systematic review. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 16, p. e524101623887, 2021.

KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M. **Princípios de Neurociência**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

LENT, R. (Coord.). **Neurociência da mente e do comportamento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

LUPPI, P.-H. et al. Brainstem mechanisms of paradoxical (REM) sleep generation. **Pflügers Archiv-European Journal of Physiology**, v. 463, p. 43-52, 2012.

PEREIRA, W. C. Mecanismos do sono e da vigília. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 28, p. 141-152, 1970.

PURVES, D. et al. **Neurociências**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

SANTOS, W. B. et al. **Modelos 3DR nas Ciências da Natureza**: Um repensar do capital cultural na escola do campo. 1. ed. Goiânia: Kelps, 2019. v. 1. 160p.

## ENTRE A LUZ E A ESCURIDÃO: O PAPEL DA GLÂNDULA PINEAL E DA MELATONINA NO CORPO HUMANO

Gustavo de Oliveira  
Jonathan Wesley Severo Alves  
Isabel Karine Guimarães  
Carla Patrícia Bejo Wolkers  
Welson Barbosa Santos

Dormimos, acordamos, sentimos sono em situações em que não poderíamos ou não deveríamos, tentamos controlá-lo, mas que mecanismo físico, biológico, neurológico é esse? Buscando entender o tema, o foco aqui será centrarmo-nos numa substância fundamental para a regulação do ciclo do sono vigília, conhecida como Melatonina, que é produzida pela glândula pineal em resposta à escuridão e desempenha um papel crucial na sincronização dos ritmos circadianos do corpo.

Você já perdeu o sono depois de passar horas maratonando uma série? Ou depois de ficar mandando mensagens para os seus amigos até tarde da noite? Ou você fica olhando as redes sociais até de madrugada? Sabia que esses hábitos podem estar interferindo diretamente na qualidade do seu sono? Isso ocorre porque a exposição prolongada à luz das telas pode atrapalhar a produção de melatonina, um dos hormônios responsáveis por regular o nosso ciclo sono-vigília. Esta pequena molécula, produzida em nossa glândula pineal é uma importante sinalizadora do tempo (Purves et al., 2010).

Ela indica ao nosso corpo o momento de dormir e de acordar, e é extremamente importante para a regulação do sono. Sua síntese depende da luz e da escuridão no ambiente: à noite, quando há pouca luz, a pineal é ativada e a melatonina é liberada, ajudando a induzir o sono, juntamente com outros mecanismos neurais. Durante o dia, quando estamos expostos

à luz, a produção de melatonina é inibida. No entanto, a exposição à luz artificial especialmente à luz azul emitida por dispositivos eletrônicos, durante à noite inibe a produção desse hormônio, o que pode prejudicar o seu sono.

O ciclo biológico que regula essa produção de melatonina é chamado de ritmo circadiano. Ele possui cerca de 24 horas, funcionando sincronizado com o ciclo de claro-escuro, e controla várias funções que são essenciais para o corpo, como o sono, o metabolismo e a liberação de outros hormônios além da melatonina. Esse ritmo é coordenado pelo núcleo supraquiasmático, uma pequena região que está localizada no hipotálamo, que fica no centro do encéfalo, e sincroniza as atividades biológicas de acordo com os ciclos de luz e escuridão do ambiente. A glândula pineal, que também fica na parte central do cérebro, entre os hemisférios direito e esquerdo, em uma área denominada epitálamo, é a responsável pela produção de melatonina. Ela é um órgão bem pequeno, mas apesar de seu tamanho, ele exerce uma função fundamental na regulação do ciclo circadiano (Purves et al., 2010; Kandel; Schatz; Jessel, 2013).

Durante a Idade Média, a glândula pineal permaneceu envolta em mistério, até que o filósofo e matemático francês René Descartes, no século XVII, trouxe uma visão filosófica sobre o seu papel e importância para os humanos. Para Descartes, a pineal era o “assento da alma”, uma conexão entre corpo e mente. Em seu livro Tratado das Paixões da Alma (1649), ele diz que, por estar localizada em um ponto central do cérebro, onde não é duplicada como outros órgãos, a pineal seria o centro onde a alma e o corpo interagiam. Ele acreditava que esse ponto único em que ela se encontrava tornava o elo essencial entre as funções racionais e a experiência sensorial (Descartes, 1979).

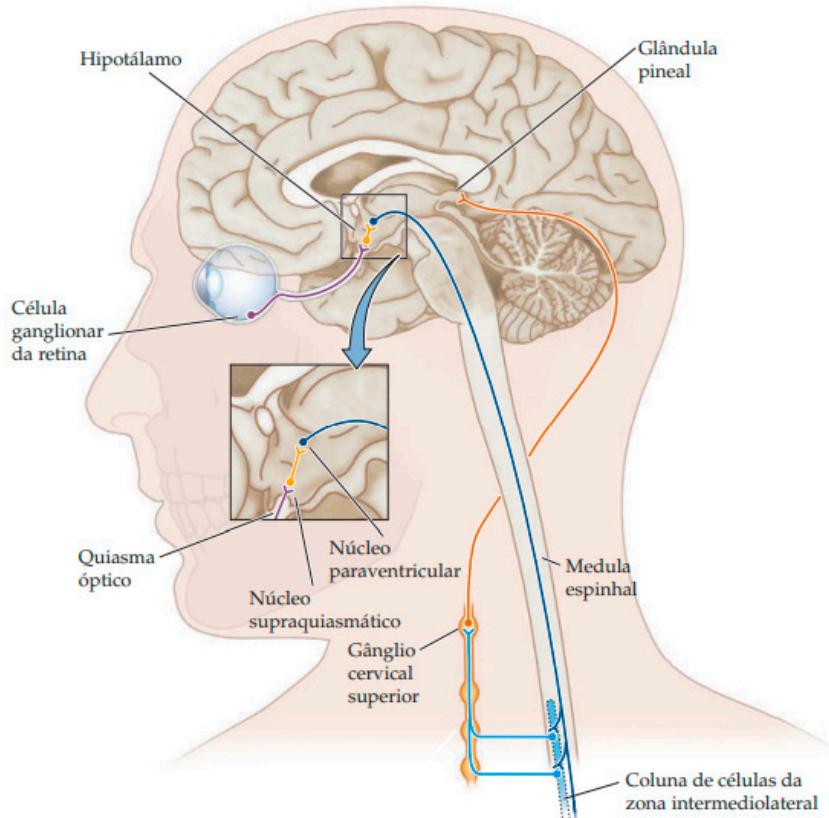
Devido sua localização sob a pele em algumas espécies animais, como peixes e mamíferos, a glândula pineal também ficou conhecida como o “terceiro olho”. Essa visão também encontrou força na espiritualidade, onde a glândula era considerada como a estrutura que conecta os seres humanos ao mundo espiritual. Em papéis egípcios, por exemplo, a glândula pineal era representada como o “Olho de Hórus”, que na mitologia significa “aquele que tudo vê”.

Foi apenas no século XX que a função biológica da glândula pineal começou a ser descoberta de uma forma científica. Em 1958, Aaron B. Lerner e sua equipe isolaram pela primeira vez a melatonina, revelando sua função na regulação dos ritmos circadianos, especialmente no ciclo sono-vigília. Essa descoberta trouxe uma nova visão sobre o papel fisiológico da pineal, tirando ela do campo filosófico e espiritual, e colocando-a como um órgão vital na manutenção dos ciclos biológicos e com funções biológicas (Lerner et al., 1958).

Essa mudança no entendimento foi muito importante para a neurociência moderna, pois permitiu que houvesse a ligação entre a produção de melatonina e diversos processos biológicos, como, por exemplo, a regulação do sono, além de outras funções que estão relacionadas, como o controle dos ritmos sazonais em animais, demonstrando sua importância adaptativa para a evolução.

A ativação da melatonina na glândula pineal começa com a detecção da luz nos fotorreceptores do olho, mais especificamente na retina, que são responsáveis por captar a iluminação do ambiente e transmitir sinais ao núcleo supraquiasmático (NSQ), no hipotálamo. Esse sinal é enviado pela via conhecida como trato retino-hipotalâmico, que conecta a retina ao NSQ e permite que ele desempenhe sua função como “relógio biológico” do corpo, ajustando os ritmos circadianos com base nos ciclos de claro e escuro. A luz inibe o NSQ, que, por sua vez, suprime a atividade da glândula pineal e a produção de melatonina. À medida que a luz diminui, o NSQ libera a pineal para sintetizar melatonina, sinalizando ao organismo que é hora de repousar (Purves et al., 2010; Kandel; Schartz; Jessel, 2013) (Figura 1).

Figura 1 – Esquema da via retino-hipotalâmica no controle da melatonina



Fonte: Purves et al. (2010)

Apesar de ser importante para o início do sono, a melatonina não é o único mecanismo envolvido nesse processo. O sono é resultado de uma série de mecanismos coordenados, envolvendo neurotransmissores, como a adenosina, que aumenta ao longo do dia e contribui para a sensação de cansaço à noite. Além disso, a inibição das vias ascendentes ativadores que partem do tronco encefálico, pelo hipotálamo, durante a noite é outro mecanismo primordial para a indução do sono. Sendo assim, a melatonina é apenas um dos componentes dessa orquestra biológica que prepara o corpo para o repouso, e sua produção e função podem ser afetadas por vários fatores, como a luz, o estresse e os horários irregulares de sono (Purves et al., 2010; Kandel; Schatz; Jessel, 2013).

A melatonina não influencia apenas o sono, mas também tem sua importância em outros processos biológicos. Ela atua como um antioxidante, ajudando a proteger as células do corpo contra danos causados pelos radicais livres. Além disso, ela participa da regulação do sistema imunológico, da pressão arterial e até da prevenção de algumas doenças degenerativas. Por isso, que sua produção esteja normal é importante para manter o equilíbrio do organismo. Estas funções estão associadas à recuperação do organismo que acontece durante a noite, quando nosso corpo encontra a escuridão (Reiter; Tan, 2003; Carrillo-Vico et al., 2005; Pandi-Perumal et al., 2006; Simko; Paulis, 2007).

Outro aspecto que pode influenciar diretamente a produção da melatonina é o fuso horário. Quando uma pessoa viaja para um local com fuso horário diferente, a produção de melatonina pode acabar se desregulando temporariamente, causando o conhecido “jet lag”. O corpo, acostumado ao ciclo de luz do local de origem, continua a liberar melatonina em horários inadequados no novo ambiente. Essa alteração causa problemas no sono, cansaço e dificuldade de concentração até que o corpo se ajuste ao novo ciclo de luz e escuridão. Esses efeitos mostram a importância de uma produção adequada de melatonina não apenas para a saúde do sono, mas para o bem-estar geral do corpo (Purves et al., 2010; Kandel; Schatz; Jessel, 2013).

O relógio biológico humano também tem relação com as mudanças sazonais, as épocas do ano impactam não só o ciclo de sono-vigília, mas também o humor e outras funções do corpo. Por exemplo no inverno, quando os dias estão mais curtos e a quantidade de horas que há luz solar diminui, a produção de melatonina aumenta, isso pode desencadear uma sensação de sonolência grande, cansaço, e, em algumas pessoas, o Transtorno Afetivo Sazonal (TAS). Essa condição, tem sintomas depressivos que surgem com maior frequência no outono e inverno, ela é uma resposta do corpo ao aumento de melatonina e à menor exposição à luz (para revisão ver Monteiro et al., 2020).

Além da função nos humanos, a melatonina também desempenha um importante papel como marcador sazonal em muitos animais. Em várias espécies, sinaliza o momento ideal para eventos sazonais importantes, como migrações, acasalamento ou hibernação. Sendo assim, a

melatonina não regula só os ciclos diários, mas também ajuda os seres vivos a se adaptarem às mudanças sazonais, o que é muito importante para a sobrevivência e reprodução em várias espécies.

Como pudemos ver, a glândula pineal é uma área cerebral de grande significância tanto biológica quanto filosófica e espiritual para os seres humanos, e o conhecimento acerca de seu funcionamento foi objeto de interesse de muitos pesquisadores durante vários séculos. Hoje conhecemos bem como esta glândula funciona e como ela é capaz de promover processos regulatórios em nosso organismo, especialmente relacionados ao nosso sono. No mundo atual, em que a exposição às luzes artificiais se torna quase corriqueira e inevitável, a glândula pineal e consequentemente a produção deste hormônio, tão importante, chamado melatonina, vem sofrendo com a força das novas tecnologias, forçando os seres humanos a repensarem suas formas de interação com o mundo tecnológico excessivamente iluminado.

A partir do entendimento pormenorizado desta via neural e seu funcionamento explicado e até assimilado no espaço do laboratório de Anatomia e Fisiologia Humanas, nos cursos de diferentes áreas biológicas nas universidades, resta-nos perguntar: como torná-lo inteligível a um aluno e aluna escolar, a um grupo de estudantes da escola básica de uma escola pública, de forma a torná-lo útil e aplicável na vida, no qualificar a dinâmica de existência de quem pode valer-se desse saber para melhor lidar com o próprio corpo e situações de prevenção e cuidado de si? O passo que assumimos aqui e para toda a proposta dessa obra são as modelagens em 3DR em uma dinâmica prática de articulação e produção, conectando teoria e prática.

Ao considerar a construção do modelo 3DR da Glândula Pineal, responsável em produzir melatonina, como já bem descrito, considerar as ideias de construção de aprendizado no processo de formação de professores é de considerada importância, tendo em vista as problemáticas que a educação sofre atualmente. Falamos de um país que se apresenta sobre um processo de enfrentamento a desigualdade em vários âmbitos. Diante desses desafios, as atividades interdisciplinares desempenham um papel crucial no aprimoramento das práticas pedagógicas, porque permite

que o estudante, enquanto discente de uma licenciatura, se perceba como profissional na área da educação.

*Essas atividades proporcionam um espaço para que o aluno reflita sobre os trajetos que possam ser traçados durante sua carreira docente, evidenciando sua bagagem teórica e o desenvolvimento de competências profissionais. Adentrando ao projeto aqui já citado, projetos interdisciplinares, enquanto atividade pedagógica integradora, nos permitiu incluir um conteúdo sólido, como a Anatomia Humana, a uma disciplina de aperfeiçoamento pedagógico como o PROINTER I e III. Essa integração nos desloca, enquanto graduandos, de ter um aproveitamento mais exponencial e complementar aos conteúdos apresentado, em particularidade o estudo do sistema nervoso, sempre coadunando com uma ação a ser feita na escola básica com alunos em espaço de sala de aula convencional. (Jonathan Wesley Severo Alves - estudante do terceiro período – Licenciatura em biologia)*

Essa parceria com a escola permite que se possa usufruir de seus espaços possíveis e aproveitar as oportunidades que ela oferece para a realização dessas ações. Em detrimento disso, a atividade tem seus preparativos desde o começo do semestre letivo. As atividades desenvolvidas pelos componentes curriculares de cunho pedagógico, desenvolvida já em outros momentos, permite que haja uma transparência e uma correlação entre a forma teórica e a prática a serem aplicadas em uma sala de aula. Contando com a participação de alunos extensionistas do projeto “Cérebro Descomplicado” o projeto teve como foco a interdisciplinaridade.

Levando em conta as diferentes temáticas designadas que abordavam desde temas relacionados a saúde física à psicológica, iniciou-se assim as bases metodológicas para a construção dos materiais. Os modelos 3DR como chamamos, tem em seus modos funcionais a necessidade de se compor a partir de instrumentos necessários para as orientações dentro de uma sala de aula, que de certo modo sustente os conceitos “duros” e conteudistas de Anatomia Humana, sem deixar de lado as concepções de uma estrutura pedagógica e seu papel na formação de um conceito e sua aplicabilidade na vida de quem o aprende.

*Assim, de acordo com a complexidade do sistema nervoso, as peças criadas se comportavam como um desmembramento da*

*estrutura como um todo, sendo tratadas como um elemento independente. E o desafio nosso era de que ao final das produções, as estruturas estivessem interligadas mutuamente formando um único mecanismo. As principais concepções didáticas e teóricas a respeito do conteúdo passadas a nós, é de que ele pudesse de certo modo, unificar a parte conteudista acadêmica as diferentes realidades vivenciadas por alunos a de ensino fundamental e médio. No percurso, foram vários os obstáculos apresentados e enfrentados por nós, até o final do processo de construção do modelo, sendo eles relacionados aos órgãos e estruturas que estivessem associadas a glândula pineal, porém na medida que o protótipo tomava forma, esses impasses se resolviam. (Jonathan Wesley Severo Alves - estudante do terceiro período – Licenciatura em biologia)*

Umas dessas estruturas associadas seriam o cérebro e o cerebelo, e como elas se acoplam à estrutura. Para solucionar tal demanda, foi produzida por outros acadêmicos do grupo, uma estrutura em isopor semelhante as peças anatômicas citadas acima. Logo em seguida, com ajuda de outros colegas, utilizou-se de lixas para a regularidade da peça e barbantes e cola quente, com o intuito principal de que tais ondulações remetessem aos corpos dos axônios empregados aos moldes feitos no isopor. Os barbantes utilizados possuíam coloração específicas, sendo o branco utilizado para recobrir a estrutura do cérebro e o magenta para recobrir o cerebelo.

*Tendo esses modelos prontos, as principais dúvidas era de como fixaríamos ambas as peças em uma única estrutura e como seria a representação do nosso objeto de interesse, a glândula pineal. Embora tenhamos criado todas as peças do zero, o laboratório nos presenteava com estruturas que, embora estivessem prontas, poderiam ser reutilizadas de maneira a ganhar um novo propósito sem a necessidade de serem descartadas, sendo uma delas a representação de um tronco encefálico esculpido em madeira maciça de uma peça produzida em outro momento no laboratório e que funcionava de forma individual não trazendo prejuízos funcionais a peça inicial. (Isabel Karine Guimarães - estudante do primeiro período – Licenciatura em biologia)*

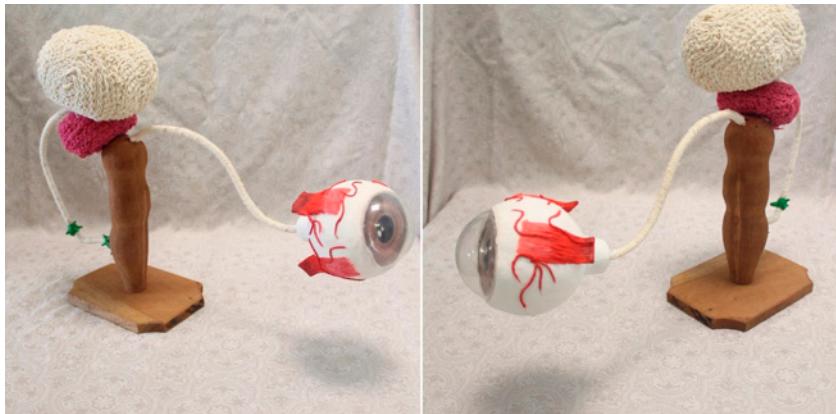
O tronco encefálico além de seu sentido anatômico e de considerada importância no contexto de produção da peça, porque teria que susten-

tar todas as outras estruturas, cérebro, cerebelo, olho e posteriormente a glândula pineal. A glândula em sua apresentação natural no ser humano, possui uma morfologia que se assemelha a uma pinha, e foi devido a isso que ela recebeu esse nome de “pineal”. Para que a peça estrutural da glândula se integrasse e fizesse sentido ao resto dos outros modelos produzidos, foi deliberado que ela tivesse uma curvatura arredondada, pequena e de coloração vibrante, sendo preciso a utilização de uma bolinha de isopor pequena, coberta por uma camada fina de *biscuit* branca e em seguida pintada com tinta guache azul.

*E os desafios dos Modelos 3DR no conectar saber acadêmico com saber escolar? Partiremos do fundamento de que todas as peças estavam finalizadas em sua individualidade, mas persiste a questão: como associar a parte pedagógica a parte teórica? Que material usar, que técnica adotar? Esse é o primeiro passo após estudar a estrutura no campo teórico e entender que caminhos se tomará para melhor representá-la. Diante disso o fundamental dos desafios foi estudar sobre as funções básicas da glândula pineal e como ela se associava ao mecanismo do sono. A glândula pineal é a principal atuante na produção de melatonina nos organismos vivos como já bem citamos. (Isabel Karine Guimarães - estudante do primeiro período – Licenciatura em biologia)*

Tendo a parte teórica em mãos, o principal objetivo era entender os percursos que as sinapses nervosas aconteciam. Vista essa análise, o pensamento em relação a fomentação estrutural da peça era usar um conectivo que percorresse por toda a peça, interligando todos as estruturas presentes e fazendo a conexão de que as informações captadas pela retina ocular estavam sendo levadas para dentro do cérebro e chegando à glândula pineal. Com base no exposto, em colaboração com um colega de turma, foi pensado e desenvolvido um arranjo utilizando um pedaço de ferro soldado, modelado no formato de um “S” com a cauda alongada. Esse arranjo foi projetado para se acoplar diretamente ao olho e atravessar o tronco encefálico, alcançando a glândula pineal, que está localizada entre o cérebro e o cerebelo, na parte superior do tronco encefálico (Figura 2). Em sua forma final o arranjo de ferro trouxe um sentido a mais para a representação anatômica e funcional da peça 3D.

Figura 2 – Modelo 3DR da via retino-hipotalâmica



Fonte: Imagens Enzo Oliveira Gonçalves – LAEN - UFU

Algo que gostaria de salientar são as salas de aula da escola que foram organizadas de maneira a se dividirem por temáticas interconectadas, com o objetivo de promover uma aprendizagem contínua e integrada. Esse modelo foi desenvolvido para que os alunos, ao participarem das aulas programadas, pudessem acompanhar os conteúdos de forma sequencial e complementar, facilitando a compreensão dos temas abordados. Os temas apresentados na sala na qual a glândula pineal foi tratada tinham como conceitos o sono (glândula pineal e vias ascendentes do tronco encefálico), relógio biológico (núcleo supraquiasmático), a fome e a sede (hipotálamo) e a hipófise, sendo essas as respectivas ordens de apresentação.

*O principal desafio que percebo, tanto como aluno de um curso de licenciatura quanto nas minhas primeiras experiências como educador, é aprender a trabalhar os conteúdos de maneira menos rígida e mais fluida, de forma a envolver os alunos em uma abordagem dinâmica. Em decorrência dessa problemática durante minha explicação sobre a glândula pineal, busquei conceitos e questões que estivessem ligadas as problemáticas do dia a dia desses alunos de ensino básico e médio, como a relação entre o uso de aparelhos eletrônicos como aparelhos celulares e a inibição da produção de melatonina devido a exposição a luz emitida por estes equipamentos, qual é a conexão entre a variação dos fusos horários e a desregulação dos hormônios responsáveis pelo*

*sono, a desregulação na modulação do sistema imunológico devido à falta de um sono regulado (fator esse inibido em decorrência de trabalhos em turnos no qual o ciclo de luz e escuridão é alterado), e questões que envolvem a relação entre as mudanças hormonais vivenciadas por adolescentes durante a puberdade e sua influência direta com o sono e a produção de melatonina. (Jonathan Wesley Severo Alves - estudante do primeiro período – Licenciatura em biologia)*

A parte teórica foi dividida igualmente entre duplas, um de cada turma PROINTER I e III, para que se pudesse vivenciar de forma mais equilibrada e enriquecedora a experiência de atuar como professores. Após as apresentações teóricas, foi realizada a parte prática, na qual a sala participou de uma atividade dinâmica. Essa atividade consistiu na representação da produção de melatonina por meio de um experimento. Para isso, os alunos se deitaram em colchonetes no chão, ouviram sons relaxantes de chuva com fones de ouvido e estavam com as mãos impregnadas com o cheiro de óleos essenciais de lavanda. A segunda atividade prática abordou o tema de sede e fome, apresentada por outros dois colegas. O experimento foi projetado para induzir o aluno a sentir fome e desejo de comer. Para isso, um aluno era colocado sentado em uma cadeira com os olhos vendados, enquanto um balde de pipoca com bacon e uma garrafa de Coca-Cola eram colocados próximos ao seu nariz, estimulando seus sentidos e criando a sensação de apetite.

*Sim, a experiência, desde a construção dos materiais em 3DR, foi bastante proveitosa, contribuindo significativamente para o processo de aprendizagem e também para a formação. O companheirismo entre nós foi essencial, especialmente ao atuarmos como agentes de uma educação que, infelizmente, enfrenta sérios desafios em nosso país. Além disso, saber que os alunos demonstraram bastante interesse pelo conteúdo e pelos materiais que produzimos tornou toda a experiência ainda mais enriquecedora. Isso me fez compreender que, ao participar desse processo, fui parte fundamental na construção social e individual de cada um daqueles estudantes. Ver o engajamento deles e perceber como as atividades contribuíram para o seu aprendizado me proporcionou uma sensação de grande realização, reforçando a importância do meu papel como*

*futuro educador e a relevância do meu trabalho no contexto de uma educação que busca transformar realidade. (Isabel Karine Guimarães - estudante do primeiro período – Licenciatura em biologia)*

## REFERÊNCIAS

CARRILLO-VICO, A. et al. A review of the multiple actions of melatonin on the immune system. **Endocrine**, v. 7, n. 2, p. 189-200, 2005.

DESCARTES, R. **As Paixões da Alma**. In: Os Pensadores. 2. ed. São Paulo: Abril, 1979.

FERREIRA, C. S.; SILVA, J. R. Melatonina: modulador de morte celular. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 56, n. 6, p. 715-718, 2010.

SERAPHIM, P. M.; BARBOSA, G. C. A Glândula Pineal e o Metabolismo de Carboidratos. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 44, n. 4, p. 331-338, 2000.

PURVES, D. et al. **Neurociências**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M. **Princípios da Neurociência**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

LERNER, A. B. et al. Melatonin: A Pioneering Discovery in the Regulation of Biological Rhythms. **Journal of Neurochemistry**, 1958.

MONTEIRO, C. et al. Regulação molecular do ritmo circadiano e transtornos psiquiátricos: uma revisão sistemática. **Jornal Brasileiro de Psiquiatria**, v. 69, p. 57-72, 2020.

PANDI-PERUMAL, S.R. et al. Melatonin: Nature's most versatile biological signal? **FEBS Journal**, v. 273, n. 13, p. 2813-2838, 2006.

REITER, R.J.; TAN, D.X. Melatonin: a novel protective agent against oxidative injury of the ischemic/reperfused heart. **Cardiovascular Research**, v. 58, n. 1, p. 10-19, 2003.

SIMKO, F.; PAULIS, L. Melatonin as a potential antihypertensive treatment. **Journal of Pineal Research**, v. 42, n. 4, p. 319-322, 2007.

# CAPÍTULO 5

## RELÓGIO BIOLÓGICO: A MÁGICA DO NÚCLEO SUPRAQUIASMÁTICO

Gabriel de Souza Barufi dos Reis  
Barbara Vitória Guimarães Simão  
Carla Patrícia Bejo Wolkers  
Welson Barbosa Santos

Quem já teve que sair cedo da cama depois de ficar acordado até a madrugada sabe como é ruim a sensação de sonolência, indisposição, mau humor e cansaço. Mas você sabe por qual motivo isso acontece? O corpo humano foi projetado para passar cerca de 7 a 9 horas por dia dormindo, sendo assim, cerca de um terço do nosso dia é dedicado apenas a esse processo fisiológico. Mesmo que algumas pessoas gostem de dormir mais ou menos que outras, é fulcral que essa porção de horas seja concluída para garantir o bem-estar e saúde. Mas por que é assim?

É da natureza humana manter um ritmo padronizado na realização das atividades fisiológicas no decorrer do nosso dia, o chamado ritmo circadiano, o qual implica em flutuações rítmicas na temperatura corporal, eficiência cardíaca, força muscular, pressão sanguínea, produção hormonal, período de alerta e entre outros. Esse ritmo é dado ao nosso corpo pelo núcleo supraquiasmático (NSQ), região que conhecemos como nosso relógio biológico, que se trata de uma estrutura anatômica localizada em nosso cérebro, mais especificamente no hipotálamo anterior, com aproximadamente 10 mil células. O NSQ está localizado logo acima do quiasma óptico, região na qual os nervos ópticos se cruzam antes de se projetarem para os lobos visuais (occipitais) esquerdo e direito (Lent, 2008, Purves et al., 2010).

Quase tudo o que fazemos é ordenado pelo relógio circadiano, esta espécie de marcapasso natural controla a função de células através de todo o corpo seguindo um ciclo de 24 a 25 horas acompanhando a

rotação da Terra e orquestrando nossas atividades fisiológicas, a depender da individualidade de cada um. O NSQ é o principal marcapasso circadiano do organismo, alicerçando e elaborando os ritmos por meio das alças de feedback transcricionais envolvendo genes do relógio biológico, como *Clock* e *Period*, por exemplo. A interação entre o *Clock*, o *Period* e outros genes através das alças é crucial para a regulagem temporal e exata dos ritmos circadianos, eles agem regulando o padrão de disparos dos neurônios do NSQ, modulando o funcionamento de outras células corporais (Reppert; Weaver, 2002; Antle; Silver, 2005; Mistlberger, 2005).

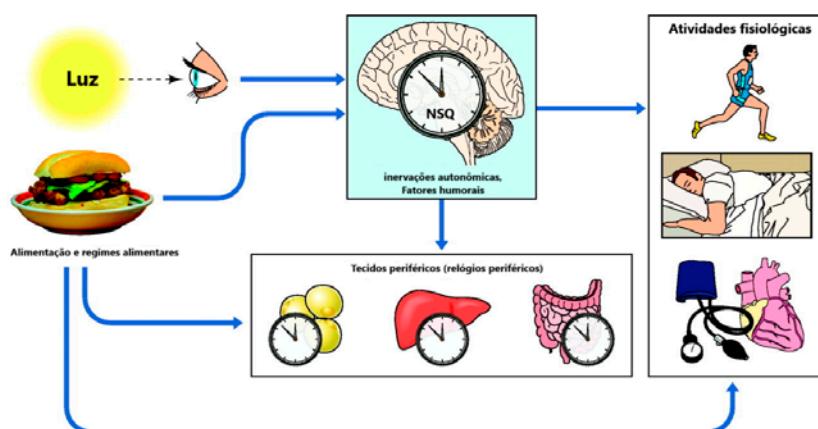
Mas como será que estes genes controlam o nosso ritmo biológico? Como sabemos, todo gene serve como base para a produção de uma proteína, e nossos genes do relógio biológico não são diferentes dos demais. O gene *Clock* age juntamente com um segundo gene, o *Bmal1*, produzindo um par de proteínas que tem uma função de “chave” crucial no relógio biológico das células: essas proteínas trabalham como ativadores do relógio biológico. Quando elas são produzidas, temos o início do ciclo de aproximadamente 24 horas. Da mesma forma, o gene *Period* trabalha junto com o gene *Cryptochromes*, produzindo um par de proteínas que, por sua vez, desligam o processo iniciado por *Clock* e *Bmal1*, finalizando um ciclo, para o início de um novo. Estas alterações na produção de proteínas nas células do NSQ tem duração aproximada de 24 horas, e modulam o padrão de disparo dos neurônios desta área, permitindo que ela organize o funcionamento de outras regiões cerebrais (Reppert; Weaver, 2002; Antle; Silver, 2005; Mistlberger, 2005).

Embora chamemos o ritmo gerado pelo NSQ de ritmo circadiano, a duração deste ritmo em seres humanos é de 24,5 horas, se afastando um pouco do ciclo geofísico da terra de 24 horas. Mas então, como é que nós corrigimos esse tempo? Por meio de estímulos externos, como a luz solar, a temperatura, a realização de atividades físicas, o horário das refeições, os ruídos ambientais e as interações sociais. Todos estes estímulos são concessionários de tempo para o corpo humano, e influenciam diretamente no ajuste e sincronização do tempo do relógio interno, sendo a luz o mais importante deles. De fato, para assegurar que o ciclo do sono-vigília e outros aconteçam no tempo certo, o relógio circadiano precisa estar

sistematicamente ajustado de acordo com o ciclo de luz e escuridão da Terra, promovendo certa sintonia com o ambiente e suas mudanças diárias (Reppert; Weaver, 2002; Antle; Silver, 2005; Mistlberger, 2005).

O responsável por iniciar o processo de sincronização do marcapasso circadiano central é o trato retino-hipotalâmico (TRH), que, por meio da recepção da luz na retina, promove o ajuste do relógio biológico. Este trato se inicia na retina, como o próprio nome indica, e se dirige ao hipotálamo, diretamente ao NSQ. Na retina, células ganglionares contendo melanopsina detectam a presença de luz, e por meio do TRH, informam o hipotálamo, facilitando a sincronização dos ritmos corporais ao ciclo de 24 horas (Figura 1).

Figura 1. Ritmo circadiano e relógio biológico.



Fonte: Modificado de Froy (2011).

Com esse papel na coordenação dos ritmos de acordo com a incidência de luz na retina, faz-se fato que a depender se está de dia ou de noite tenhamos diferenças notórias no organismo: Ao analisar a secreção hormonal é notável a influência do NSQ na secreção de cortisol pela manhã, deixando-o em níveis mais altos o que ajuda o corpo a se preparar para a atividade física e mental durante o dia. Da mesma maneira, a temperatura corporal, a pressão arterial e frequência cardíaca também ficam em níveis altos durante o dia, e, ao anoitecer onde as taxas de inci-

dência de luz são menores, esses níveis tendem a diminuir em relação ao período diurno. Dessa maneira é possível concluir que as atividades físicas e locomotoras são coordenadas por este grande mestre chamado NSQ (Horstman, 2009).

O sistema digestório também é sugestionado pelo NSQ, onde os compassos de alimentação e digestão são modelados para absorver os nutrientes de maneira mais eficaz. O momento em que o organismo está mais ativo é também quando ele está mais preparado para metabolizar alimentos por meio de maior liberação de enzimas digestivas e atividade de transportadores que facilitam a absorção de glicose, aminoácidos e lipídios. Assegurando dessa forma que o corpo seja mais eficiente na relação com os nutrientes. Esses processos só ocorrem por conta da liberação dos hormônios relacionados à fome e saciedade como a grelina e leptina, que indiretamente estão sendo influenciados pelo NSQ (Horstman, 2009).

Quando temos uma noite de sono que não foi tão boa geralmente não acordamos com o melhor humor, pois o NSQ influencia significativamente o humor ao regular hormônios como o cortisol e a melatonina. O cortisol é o hormônio que nos deixa em estado de alerta e estressados, com uma noite de sono não tão proveitosa é certeira a dificuldade de concentração e mau humor ao longo do dia devido a desregulação deste hormônio.

Por fim, a relevância do NSQ e o ciclo circadiano se destacam em seus papéis de adaptarem o organismo perante as mudanças de hábitos e ambientais, promovendo o bom funcionamento fisiológico e sua harmonia. A falta de sincronização entre ambiente e relógio biológico pode acarretar em problemas de saúde significativos como câncer, diabetes, úlceras, hipertensão e doenças cardiovasculares, transtornos psicológicos e outros problemas clínicos (Marques; Cavadas, 2005; Gibson; Williams; Kriegfeld, 2008; Froy et al. 2011).

Neste contexto, este campo do conhecimento apresenta um grande potencial para testes de novas terapias e abordagens médicas, área denominada de cromoterapia, que pode promover melhoria ou até impedir o aparecimento de problemas de saúde. Hoje sabemos que compreender essas relações entre tempo e corpo é de importância para a promoção da saúde e da longevidade, e fica, portanto, na sequência desta discussão, uma

questão essencial: o fato de que esta é uma região cerebral bem distante do nosso senso comum, desconhecida pela maioria das pessoas, embora suas funções tenham sentido, entendimento e expliquem questões complexas e fundamentais de nossa existência como o ciclo de sono e vigília, a questão digestória e o aproveitamento do que ingerimos.

É neste lugar que mora o desafio da nossa discussão: tornar essa região cerebral conhecida, delinear suas formas já descritas, trazer em um modelo 3DR, sua anatomia e conectá-la a sua funcionalidade, a forma como é fundamental em nossa existência e torná-la inteligível aos alunos da escola básica. Nesse processo, algumas inquietações nos ocorrem. Uma delas é que importância tem a um aluno escolar, tomar conhecimento do NSQ, se até o início da graduação, para a maior parte dos estudantes da área biológica, jamais foi possível imaginar sua existência? A questão e a resposta estão numa perspectiva simples, a funcionalidade dessa região cerebral.

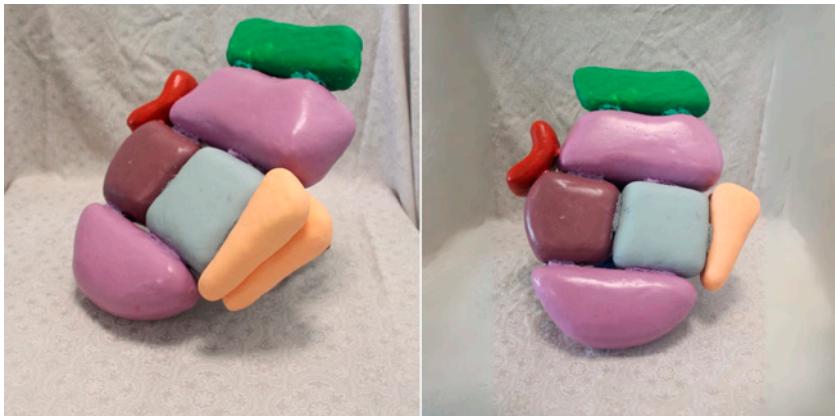
Consideremos que o melhor entendimento dessa funcionalidade nos coloca diante de nós mesmos, de melhor conhecer nossos corpos, nossas ações e reações, os efeitos que exercem sobre esse corpo que me parece tão conhecido por um lado, e tão desconhecido quando penso numa região, como a do NSQ. A começar por sua funcionalidade, ele tem uma responsabilidade gigante sobre o meu bem estar e equilíbrio, só por isso ele já é fundamental a um adolescente que vive em conflitos com seus hormônios, corpos, meio, contextos.

Então, se já fica mais fácil de entender por que após um fim de semana, é difícil acordar cedo para ir para a escola, ou para trabalhar. Mas, que caminhos adotar para mostrar o cérebro e seus movimentos para com o corpo, seu equilíbrio, suas dinâmicas que auxilie entender mecanismos como estes? Que aprendizado tais processos trazem e poderão trazer para o aluno escolar, de forma que justifique ir té ele com um tema aparentemente tão distante da sua vida? Isso é uma verdade? Não, o NSQ pode ser, mas suas funções, como já sinalizado não o são.

Juntos com tais questões, que modelo é possível se produzir para representar tal processo, que pareceu tão distante da questão palpável, quando pensada as estruturas ou as regiões cerebrais que correspondem ao NSQ? Nessa busca, o primeiro passo é dado quando diálogos, os atlas

de anatomia humana, e plataformas digitais como o *google* e *youtube*, permitem acesso as imagens de quem ele, o NSQ, é. Desse ponto em diante, ele vai enfim revelando suas formas, ângulos e detalhes. Portanto, sim ele tem forma, delimitação e isso ajudou entender melhor como ele atua em nosso corpo, capacitando para a representação na escola, mostrando seus contornos reais (Figura 2).

Figura 2 – Modelo 3DR do Núcleo Supraquiasmático.



Fonte: Imagens Enzo Oliveira Gonçalves – LAEN - UFU

São esses os desafios que o projeto colocou e que foram superados no dia a dia do laboratório de ensino de biologia. Assim, vale considerar que não há um movimento único ou individual na proposta. O desafio começa coletivo, tem suas atribuições a cada um do coletivo, mas é junto, desde o início que se avança. E, se não for assim seria impossível o construir um saber tão pormenorizado. Isso porque,

*Os projetos interdisciplinares sempre nos dão um frio na barriga, mas sempre vemos o quanto importante esse movimento é. Os que veem de fora acham é que apenas mais um projeto de uma turma de licenciatura, mas apenas aqueles que participam integralmente conseguem visualizar a magnitude desse tipo de trabalho. Inclusive, o esforço vale a pena quando o interesse do aluno está voltado para algo que construímos e nos debruçamos para existir e quando conseguimos aplicar um conteúdo de tamanha dificuldade*

*e complexidade, com excelência máxima. Ele nos deixa a seguinte marca: “sim, educar é uma arte nobre que nos enobrece porque construímos juntos com quem aprende conosco”.* (Barbara Vitória Guimarães Simão - estudante do terceiro período – Licenciatura em biologia).

Atividades como a descrita aqui constituem-se em uma experiência única e muito enriquecedora para entender o que é ser professor e como fazer essa tecitura a partir dos saberes acadêmicos que são ensinados. Imagina, tornar o sono ou uma noite não bem dormida em contexto para se aprender cérebro, sistema nervoso central e NSQ. Durante o processo, se tem a chance de viver o desafio de criar um conteúdo didático que seja tanto eficiente quanto interessante, para uma aula escolar e perceber que ele não só é importante para a disciplina da Anatomia ou Fisiologia Humanas. Percebe-se que dá para superar as dificuldades e transformar o que parecia complicado em algo mais claro e acessível, deslocar, acomodar compreensões da existência e vida humana, as dinâmicas.

E como considerar esse movimento do teórico ao prático, na montagem dos modelos 3DR? Esse caminho não é tarefa fácil, pela dinâmica das horas que se precisa dedicar, discutir em grupo e ir desenhando o projeto a ser executado, ampliando o teórico, estruturando a ideia do prático que se quer e pode fazer e um modelo em 3DR que o represente. Vidas, agendas, atividades de trabalhos e suas rotinas, afazeres com datas e horas e que as cumprir faz parte da existência. O relógio biológico que regulando o corpo dá a sensação de fome e sede, assim como a saciedade, todo um movimento de manutenção diária, o desafio para um viver e existir. Interessante pensar isso e colocar tais questões como pontos de entendimento do quanto o corpo ensina e o observá-lo auxilia entender seus movimentos e está no campo do cuidado de si.

*Para alcançar a amplitude desse objetivo envolvendo o NSQ, o construir de um modelo 3DR, o trabalho em sua maioria foi em minha casa, a noite, nas madrugadas, nos fins de semana, ocupando espaços que era do sono, do descanso do fim de semana. O esforço individual me ajudou a valorizar ainda mais o trabalho, o tema que estava desenvolvendo. Mas também me remeteu a dedicação dos colegas, me*

*deslocou a pensar o quanto às vezes, desrespeitamos nosso relógio biológico, nossas horas de dormir, fundamental para regulação corporal e nossa saúde. (Barbara Vitória Guimarães Simão - estudante do terceiro período – Licenciatura em biologia).*

Considerar o processo, é inspirador ver o comprometimento ao qual o grupo é despertado no buscar pelo melhor resultado possível. Fazer parte disso e conectar o que se sabe com o que se precisa saber para assim, poder ensinar.

E como tais movimentos chegam à escola, como parte final do projeto? O efeito do produto final na escola, na forma como se aprende o tema e junta-se aos demais na sala de aula é fenomenal, um exercício de interdisciplinaridade, de encontro e conexão de temas que estavam e foram preparados isoladamente, mas que ali se comunicam, se completam, um referencia o outro. Quando o dia acaba, já não existe mais saberes individualizados porque é possível saber bastante do todo, daí que os outros trabalhos trouxeram e foram apresentados também. Memória ne, qual delas, a declarativa?

Pode-se dizer que cada apresentação é uma oportunidade incrível de aprendizado e troca. Ao trazer temas relevantes e que não são tão explorados pelos alunos, escola, currículo escolar, consegue-se não só ampliar o conhecimento do estudante, mas também entender melhor as dificuldades que enfrentam e como se reage às diferentes questões como seres humanos pensantes e com um sistema nervoso central que rege tudo isso.

*Vale considerar o quanto é gratificante perceber o impacto positivo de uma aula bem estruturada, ainda mais quando o assunto é complexo, como o funcionamento do cérebro ou do NSQ. Conseguir esclarecer dúvidas e tornar o conteúdo mais fácil para eles foi uma grande conquista. Como estudantes, achar interessante aprender mais sobre o funcionamento do cérebro e todo os processos que envolvem esse tema é comum aos futuros biólogos. Mas, aprender ao ponto de ensinar, num processo construído a muitas mãos é o mais interessante de se pensar. Já no papel de “professores”, conseguir enxergar tanto as dificuldades dos alunos quanto as nossas, o que nos fez refletir sobre os desafios e as responsabilidades de ensinar. Essa experiência nos ajudou a pensar no que deu certo e no que deve ser melhorado. (Barbara Vitória Guimarães*

**Simão** - estudante do terceiro período – Licenciatura em biologia).

No final das contas, aprende-se que ser professor vai muito além de ensinar conteúdo. É um trabalho que exige empatia, paciência, criatividade e, mais além, exige um movimento, de aprender, de dar sentido, ver significados e a partir daí, iniciar um processo de aproximação do que é preciso fazer para um aluno também dar sentido àquele saber em sua vida e existência. Tudo o que se vive nesse processo torna-se um aprendizado importante para a formação acadêmica e profissional de um professor. O trabalho em equipe, o planejamento que faz toda a diferença para alcançar resultados incríveis na educação, a forma como precisa-se dar sentido ao que se aprende. Não é atoa que muito se fala da arte do ensinar. Realmente, construir saber e ensina-lo é uma arte.

## **REFERÊNCIAS**

- ANTLE, M. C.; SILVER, R. Orchestrating time: arrangements of the circadian clock. **Journal of Biological Rhythms**, v. 20, n. 5, p. 400-409, 2005.
- ASCHOFF, J. Circadian Rhythms in Man. **Science**, p. 1427-1432, 1965.
- FROY, O. Circadian rhythms, aging, and life span in mammals. **Physiology**, v. 26, n. 4, p. 225–235, 2011.
- GIBSON, E. M.; WILLIAMS, W. P. III; KRIEGSFELD, L. J. **Aging in the circadian system**: Considerations for health, disease prevention and longevity. Department of Psychology, University of California, Berkeley, 2008.
- HORSTMAN, J. **The Scientific American Day in the Life of Your Brain: A 24 hour Journal of What's Happening in Your Brain as you Sleep, Dream, Wake Up, Eat, Work, Play, Fight, Love, Worry, Compete, Hope, Make Important Decisions, Age and Change**. John Wiley & Sons, 2009.
- LENT, R. **Neurociência da Mente e do Comportamento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
- MARQUES, T.; CAVADAS, C. **Relógios Biológicos, Ritmo Circadiano e Envelhecimento**. 2005. 24 f. Dissertação (Mestrado Ciências Farmacêuticas), Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2005.
- MISTLBURGER, R.E. Circadian clocks: the role of the SCN in the regulation of behavioral rhythms. **Journal of Biological Rhythms**, v. 20, n. 1, p. 9-19, 2005.
- PURVES, D. et al. **Neurociências**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

REPPERT, S. M.; WEAVER, D. R. Coordination of circadian timing in mammals. **Nature**, v. 418, n. 6901, p. 935-941, 2002.

# CAPÍTULO 6

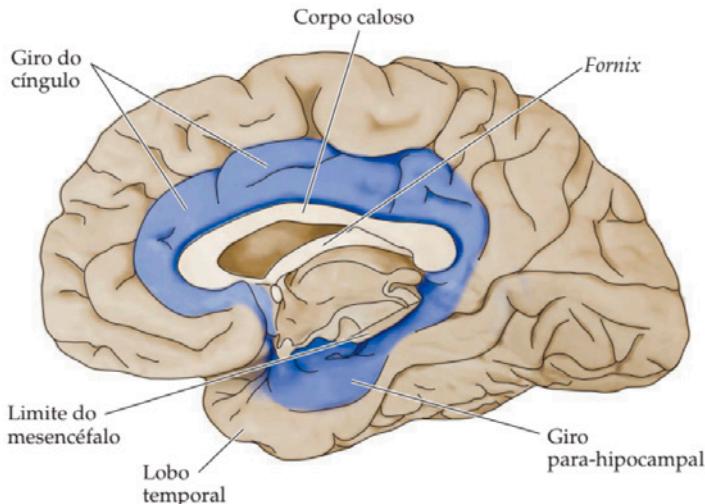
## SISTEMA LÍMBICO: NOSSO PAINEL DE CONTROLE EMOCIONAL

Luane Andrade  
Amanda Andrade  
Waldomiro Neto  
Ranini Yukari  
Lorrana Aparecida Silva de Carvalho  
Carla Patrícia Bejo Wolkers  
Welson Barbosa Santos

Você já se perguntou o que passa na sua cabeça? Ou seria no seu coração? O que são as emoções? De onde elas vêm? A palavra emoção é derivada do termo “emovere” de origem no latim que significa “mover de dentro para fora”. Este significado reflete exatamente o que são as emoções: reações fisiológicas e cognitivas do nosso organismo aos estímulos ambientais que recebemos. É uma expressão da interpretação que nosso cérebro dá aos eventos que acontecem em nosso dia-a-dia. Trata-se de um fenômeno subjetivo que promove alterações neurofisiológicas importantes em nosso organismo, envolvendo uma série de processos neurais e hormonais.

As emoções são geradas pelo sistema límbico. Trata-se da parte do cérebro que está por trás de nossos sentimentos, uma espécie de “painei de controle emocional” que regula nossas respostas aos estímulos externos. Este sistema é responsável por regular nossos comportamentos impulsivos, memórias e emoções. Ele alberga um conjunto de estruturas no centro do encéfalo que põe em ordem as respostas emocionais que ligam o que sentimos ao que fazemos (Panksepp, 1998; Barreto; Silva, 2001; Esperidião-Antônio, 2008) (Figura 1).

Figura 1. Regiões que compõem o sistema límbico.



Fonte: Purves et al. (2010).

Quando sentimos raiva, tristeza, felicidade ou medo, é o sistema límbico que está ali por trás das cortinas, interpretando o que está acontecendo ao seu redor e provocando estas reações. Isso inclui desde um aumento dos batimentos cardíacos quando sentimos medo, tristeza quando vemos um filme muito dramático ou quando estamos decepcionados até a felicidade quando vemos algo ou alguém que amamos.

Por muito tempo na história da humanidade se acreditou que as emoções eram geradas pelo coração, já que é ele quem apresenta mudanças significativas no seu funcionamento quando temos uma forte emoção. O coração acelerado, que bate tão forte que quase sai do peito é um sinal claro de que você está sentindo algo. Demorou alguns séculos para que o cérebro se tornasse o ator principal no palco da geração das emoções (Gallian, 2010).

A luta entre a razão e a emoção marcou a compreensão deste fenômeno e desde a antiguidade clássica os filósofos já tratavam deste tema. Para Platão (séc. IV a.C.) , as emoções, as quais se referia como desejos, eram algo desconcertante que se intrometia na razão humana e deveriam ser desconsideradas. Ele associava o coração a “alma sensitiva” ou “emocional”, princípio dos sentimentos e paixões como a cólera ou a coragem. Já Aristóteles (séc. IV a.C.) explorou mais o conceito das emoções e as

considerava importantes na existência humana e não como algo negativo. Para ele o coração é o local onde ocorria a percepção e seria o nosso centro das emoções. Aristóteles foi, de fato, um dos primeiros a analisar as emoções na ética, ele acreditava que as ações morais estavam ligadas ao equilíbrio emocional. Já Galeno (séc. I d.C.), considerado o pai da Anatomia, refutou todo o pensamento coração-centrado e considerou o cérebro como centro das sensações, da fala, do intelecto e da consciência (Dias; Cruz; Fonseca, 2008; Esperidão-Antônio et al., 2008).

Mas foi apenas no século XIX, quase dois mil anos depois do nascimento de Galeno, que a ciência passou a conhecer mais profundamente as áreas cerebrais que estão, de fato, relacionadas à geração de nossas emoções. Em 1878, Paul Broca, um médico, anatomicista e cientista francês, usou, pela primeira vez, o termo “lobo límbico” para se referir a estruturas cerebrais em forma de anel localizadas em torno do corpo caloso cerebral que estavam relacionadas à emoção. De fato, o termo límbico utilizado por ele para nomear esta região se originou da palavra grega *limbus* que significa anel (Esperidão-Antônio et al., 2008; Purves et al., 2010; Kandel; Schwartz; Jessel, 2013). Em 1937, um outro pesquisador, James Papez, um neuroanatomista americano, descreveu esse sistema mais detalhadamente que ficou conhecido, por muito tempo, como circuito de Papez. Ele propôs que esse sistema estivesse diretamente envolvido na regulação das emoções e na formação da memória. Suas ideias foram essenciais para a compreensão do papel do sistema límbico na geração das emoções e no comportamento humano (Papez, 1937).

Papez sugeriu que nosso encéfalo possui circuitos característicos que são destinados à expressão facial e a geração de conteúdo emocional, incluindo as estruturas como a **amígdala**, que é tipo um centro de alerta para emoções mais intensas, como o medo e a raiva, o **hipocampo** que é a parte que lida com a memória, principalmente àquelas que tem carga emocional, o **hipotálamo** que é quem gerencia funções mais automáticas do corpo, como sono, fome e temperatura, e desencadeia as respostas fisiológicas das emoções, como as alterações na frequência cardíaca e respiratória, por exemplo, o **corpo mamilar** que também está relacionado à memória e o **tálamo** responsável pela retransmissão de informações sensoriais (Papez, 1937).

Mas afinal, o que são as emoções e como nosso cérebro as gera e as processa?

Em síntese, as emoções podem ser caracterizadas como o conjunto de respostas cognitivas e comportamentais que, geralmente são inconscientes, deflagradas quando o encéfalo detecta um estímulo que apresenta um significado positivo ou negativo. Já os sentimentos são as percepções desses estímulos cognitivos que o encéfalo detectou (Damasio, 1996).

As nossas emoções são os guias para a realização de comportamentos apropriados em resposta aos diversos desafios que enfrentamos em nossa vida. Como dito anteriormente, elas são expressões que refletem como nosso cérebro está processando os estímulos ambientais que estamos recebendo e servem como base para nossas respostas fisiológicas e comportamentais a estes estímulos. As emoções são particularmente importantes durante a nossa fase de desenvolvimento, ou seja, na infância e adolescência, fase em que os sentimentos e emoções estão oscilando de forma mais significativa. Nesta fase é comum estarmos, uma hora tristes e outra alegres, e essas emoções nos ajudam a aprender quando cada comportamento e sentimento são vantajosos (Yang et al., 2007).

Podemos pensar nas emoções como sinais do nosso corpo e cérebro nos dizendo que algo importante está acontecendo. Elas têm um papel essencial para nossa sobrevivência e adaptação. O medo, por exemplo, nos mantém em alerta para possíveis perigos. Cada emoção, por mais simples que pareça, nos dá uma dica de como reagir a diferentes situações.

Você com certeza já viu ou ouviu falar sobre os filmes da franquia *Divertidamente*, e este é um ótimo exemplo para se entender como nossas emoções interagem e influenciam o comportamento. O sistema límbico é o painel de controle, onde as emoções do filme interagem para determinar qual emoção a personagem Riley expressará, atuando na regulação das emoções. Cada emoção possui um botão, assim como neste sistema cada emoção possui um circuito cerebral responsável por expressá-la.

O filme demonstra que nossas emoções trabalham em conjunto, quando Alegria tenta dominar o painel, não permitindo que a Tristeza atue, isso causa desequilíbrios nas emoções e nas ações de Riley. Isso é um perfeito exemplo: as emoções não trabalham sozinhas, elas interagem continuamente para se ter o equilíbrio e criar uma resposta emocional mais balanceada.

À medida que a história avança, o painel de controle se torna mais complexo, assim como as emoções de Riley, o que simboliza o desenvolvi-

mento emocional e a maturidade, onde o trabalho em conjunto das emoções se torna essencial. O filme mostra que, embora a Alegria seja importante, a Tristeza também tem seu lugar e é necessária para uma experiência emocional completa e saudável. As emoções também influenciam como tomamos decisões e como nos relacionamos com os outros. Muitas vezes, a gente não para pra pensar sobre isso, mas o sistema límbico está, o tempo todo, ajudando a equilibrar a razão com a emoção, nos guiando nas escolhas diárias.

Vamos entender um pouco sobre como algumas emoções, como a alegria e a tristeza, são processadas pelo sistema límbico.

A alegria é uma emoção que se caracteriza pela sensação de prazer e bem estar, sendo uma emoção positiva que traz satisfação e por isso é uma das emoções mais almejadas pelas pessoas. Quando recebemos estímulos sejam eles expressões faciais de felicidade, vídeos de gatinhos bem fofos, prazer sexual e até lembranças de momentos felizes são ativadas, em nosso cérebro os **gânglios basais** como o **estriado ventral** e o **putâmen**. Os **gânglios basais** são um grupo de núcleos conectados que desempenham a função de controle de movimentos na aprendizagem de hábitos e regulação emocional. **Estriado ventral** é a parte que inclui o núcleo *accumbens*, local onde o prazer e a recompensa são processados, é nesta área que acontece a liberação de dopamina que age de forma independente, circundando os receptores opióides e outras regiões do cérebro relacionadas ao prazer. O **putâmen** é outra parte do estriado relacionado ao controle motor e coordenação, crucial nos movimentos voluntários. Juntas essas duas áreas ajudam a integrar respostas emocionais, sensoriais e motoras relacionadas à alegria (Esperidão-Antônio et al., 2008).

Já a tristeza é um processo fisiológico normal, assim como a alegria, enquanto a depressão é patológica e envolve alterações biológicas mais profundas. Estudos indicam que a tristeza ativa áreas centrais do cérebro, como os **giros occipitais**, o **giro fusiforme**, o **giro lingual**, os **giros temporais** e a **amígdala dorsal**, com destaque para a participação do **côrtex pré-frontal dorsomedial**. Essas estruturas desempenham papéis importantes no processamento visual, emocional e cognitivo do cérebro, cada uma contribui com sua função de regulação principalmente na tristeza e depressão. Os **giros occipitais** estão localizados no lobo occipital, área onde ocorre o processo visual básico, interpretação de formas e objetos. O **giro fusiforme** está localizado no lobo temporal, é onde ocorre o reco-

nhecimento facial e identificação de objetos mais complexos como corpos e palavras. O **giro lingual** se localiza na parte inferior do lobo temporal, também tem seu papel no processamento visual, no reconhecimento de palavras e está envolvido na percepção emocional ligando estímulos visuais e respostas sensoriais. O **giro temporal** superior e medial são importantes para o reconhecimento de estímulos auditivos e visuais mais complexos, processa informações de memórias e significados das palavras e auxilia a integrar informações emocionais e contextuais sendo fundamental para o entendimento da linguagem e expressão emocional. A **amígdala dorsal** é o local em que processa e regula respostas emocionais relacionadas ao medo e ao prazer. E o **córtex pré-frontal dorsomedial** tem o papel de interpretar e ajustar comportamentos e pensamentos em estímulos, desempenha um papel fundamental na regulação de emoções intensas como a tristeza para uma resposta mais adequada e racional (Esperidão-Antônio et al., 2008).

No fim das contas as emoções são partes cruciais de quem somos. Elas sempre estão presentes, moldando nossas escolhas até mesmo quando não percebemos. Todas as vezes em que sentimos alguma emoção seja tristeza, alegria ou medo, nosso cérebro está processando uma série de informações e reagindo de uma maneira complexa. Nossa sistema límbico é como um painel de controle das emoções, quanto mais maduros ficamos mais complexo fica esse painel, quanto mais aprendemos, mais o sistema límbico se adapta.

As emoções são, portanto, como sinais que nosso corpo e mente nos enviam. Nos orientam sobre o que está acontecendo, e ajudam a reagir às situações sejam elas felizes e tristes. Quando compreendemos nossas emoções de forma mais profunda nossa vida emocional se torna mais saudável. Ao entendê-las conseguimos nos conectar mais com outras pessoas, afinal todos passamos por um turbilhão de emoções e saber lidar com elas faz toda diferença. Daí começa o desafio complexo, de como levar este tema para sala de aula da escola básica. Eis aí dois desafios, o de preparar novas gerações de professores a serem aptos a trabalharem esses temas complexos quando na escola e que materiais podem ser usados. Como fazê-lo?

No caso do sistema límbico e das emoções optou-se por criar dois modelos, um apresentando o córtex pré-frontal, trazendo esta relação de razão-emoção e o sistema límbico propriamente dito.

*Como estudante da licenciatura e, mais ainda, como alguém que vive e observa a realidade da educação no cenário atual, sempre me questionei sobre como poderia ser um agente de transformação em um sistema educacional tão desafiador e desafiado. Ao longo do curso, tive a oportunidade de entrar em contato com disciplinas voltadas para a educação e, a partir dessa vivência, passei a compreender que, para causar um impacto real, é essencial utilizar métodos diversificados e abordagens inovadoras. A chave está em proporcionar qualidade no ensino e transformar conteúdos complexos e de difícil compreensão em algo acessível, claro e significativo para os alunos. O projeto “O Cérebro Descomplicado” nos desafia diretamente a questão do ensino acessível, o objetivo de levar o tema a uma escola. Organizado em duplas e cada uma responsável por um tema. Meu tema foi o Sistema Límbico e a construção de um cérebro – córtex e, com ênfase no córtex pré-frontal. Proporcionar o tema estruturado didáticamente e interativamente, para uma experiência de aprendizagem imersiva era o desafio. A proposta exigia várias articulações e estratégias, pois são estruturas cerebrais complexas e difíceis de compreender. No entanto, após horas, dias, semanas e meses de trabalho no laboratório de ensino, consegui criar um modelo 3DR de qualidade, fiel à estrutura real (Figura 2). (Amanda Andrade - estudante do terceiro período – Licenciatura em biologia)*

Figura 2 – Modelo 3DR do córtex cerebral com destaque para o córtex pré-frontal



Fonte: Imagens Enzo Oliveira Gonçalves – LAEN – UFU

Como avaliar esse movimento de conhecimento, produção, articulação teoria e prática, modelos tridimensionais? Que análise é possível de se fazer, observando os movimentos de graduandos no processo?

*O projeto foi a oportunidade de refinar um saber muito superficial que eu tinha, já conhecia algumas funções do nosso mestre cérebro, mas não imaginava que ele seria de fato toda nossa central de controles. Aprofundei os estudos sobre as funções executivas que ocorrem no córtex pré-frontal, construir o saber foi algo muito interessante, aprendi quais eram as funções executivas e como elas influenciam nosso dia a dia, agora também sei qual idade nosso pré-frontal atinge a maturidade, que é com 25/26 anos, entendi que ele age diretamente como um filtro dos nossos pensamentos, discernindo o certo e errado. Ter conhecimento desse conteúdo me permite entender melhor como o mundo ao meu redor funciona, analisando melhor as situações. (Lorrana Aparecida Silva de Carvalho - estudante do terceiro período – Licenciatura em biologia)*

No projeto, ter a oportunidade de abordar um tema desafiador, o ensinar sobre o córtex pré-frontal para alunos de forma prática e criativa, confeccionando e utilizando modelos 3DR é algo bem legal. Levar o conteúdo é desafiador devido à complexidade do tema, o adequá-lo à realidade e ao nível de compreensão dos estudantes. Para isso, foram várias aulas, muitos ajustes no conhecimento, oratória, tempo de apresentação, pois além de falar, também se deveria utilizar o modelo 3DR na apresentação.

O córtex pré-frontal desempenha funções avançadas como planejamento e organização; controle de impulsos e regulação emocional, tomada de decisões e solução de problemas. Esses conceitos, relacionados às funções executivas, são difíceis de visualizar. A distância do cotidiano dos alunos fica evidente. Mas a neurociência pode parecer distante da realidade dos estudantes, especialmente em escolas onde não há familiaridade com termos científicos ou equipamentos pedagógicos, mas o projeto permite essa aproximação.

Entender que para os alunos, ligar essas ideias a algo concreto sem ferramentas didáticas adequadas, associar o funcionamento do córtex pré-frontal a situações do dia a dia, isso requer criatividade e uma abordagem contextualizada. Mas, a escassez de recursos didáticos nas escolas e essas práticas é um fato quase geral. Para trabalhar nessa perspectiva, isso

exige que professores e futuros professores busquem as alternativas, como os modelos 3DR. Portanto é necessário criar estratégias para engajá-los. Assim, criar um conteúdo totalmente do zero foi um desafio, o ajustar o conteúdo e refinar didática foi um compasso demorado mas, foi o que tornou mais fácil e tranquilo o realizar.

No componente curricular ministrado, semana após semana, criava-se as estratégias, mostrava-se quais caminhos seguir para ter um conteúdo bem estruturado, completo, de fácil entendimento para os alunos que iriam ouvir, utilizando estratégias para superar esse desafio o uso de recursos visuais, somados a atividades práticas e dinâmicas, fazendo uma conexão com outras áreas, relacionando e usando exemplos de situações do nosso cotidiano, para que os alunos se familiarizassem com o tema e assim o compreendesse de maneira mais fácil.

*O desafio de produção dos modelos, a criação deles começaram meses antes do dia 23 de outubro quando iríamos a escola. O mais fascinante nesse processo é ver materiais simples tomando forma e se transformando em instrumentos didáticos para serem utilizados como ferramentas palpáveis em sala de aula. O córtex pré-frontal foi feito com isopor (para dar a forma à peça), cordões de barbantes que envolveram, trazendo a textura semelhante ao nosso cérebro, colados com cola quente de forma minuciosa. (Waldomiro Neto - estudante do primeiro período – Licenciatura em biologia)*

Levar estudante a uma sala de aula logo no primeiro período da faculdade é algo único, e este estudante não faz ideia do que seria estar do outro lado como professor. Saber o conteúdo que iria apresentar, a forma como iria executar foi uma longa construção. Última aula antes de ir à escola, últimos ajustes, correções do conhecimento abordado, as reuniões com a turma do terceiro período, a presença dos professores coordenadores juntos, como é feito nas duas primeiras semanas de organização do projeto, refinar o conhecimento, ali o projeto estava tomando forma.

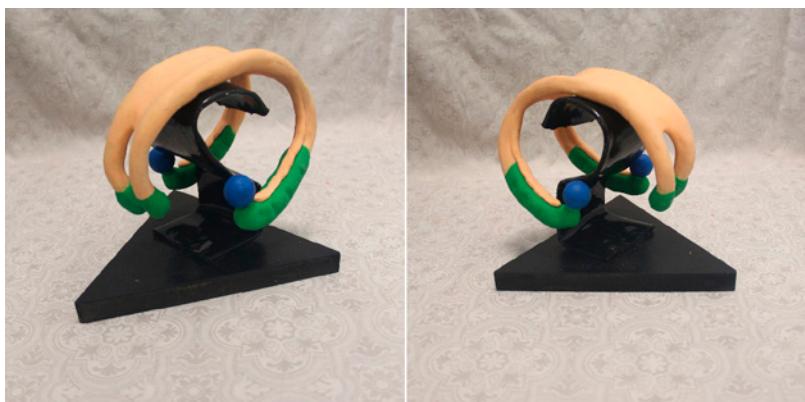
*E, “como foi estar em sala de aula?” foi uma experiência enriquecedora, motivadora e transformadora. O carinho, o respeito, a vontade dos alunos em observar e aprender. Tínhamos nos preparados por meses. Ver o brilho nos olhos dos próprios professores da escola e ouvir deles que muitas vezes, tentam adaptar o que levamos na escola para eles aplicarem nas*

*aulas, foi de grande importância, me serviu como motivação e me deu a certezas. Foi memorável, de boas trocas, muito aprendizado. Voltar a comer comida escolar, sensacional e com gosto de infância. Eu voltei no tempo em que fui aluna e pensava em um dia ser e fazer melhor do que o que eu recebia. Reconheço que esse diferente que tenho aprendido teria feito a diferença na minha trajetória. (Ranini Yukari - estudante do primeiro período – Licenciatura em biologia)*

Quanto à receptividade, a importância de levar projetos como este a comunidades, as oportunidades de vivências científicas, elas são inapelavelmente significativas a quem vai para educação como profissão. A realização do projeto, no ver, sentir e o fazer, é algo que desmistifica fantasmas da educação e do educar. Perceber que ser professor e professora vai muito além daquilo que como uma aluna e aluno poderia imaginar. É movimento que vai muito além de apenas transmitir conteúdo. É engajar, inspirar e transformar vidas, isso a experiência permite experimentar.

Ao escolher o sistema límbico, não imaginava o quanto desafiador seria explicá-lo de maneira clara e, por momentos, se perguntar se é alcançável. No entanto, com o auxílio do modelo 3DR (Figura 3), ele permitiu que o apresentar do tema de forma visual e interativa, facilitando a compreensão, das emoções. A construção dos modelos trouxe uma facilidade significativa, que se visualizassem o que cada área do cérebro é responsável por fazer, quando os conteúdos se juntam em sala de aula.

Figura 3. Modelo 3DR do Sistema Límbico



Fonte: Imagens Enzo Oliveira Gonçalves – LAEN - UFU

No caso do sistema límbico, o foco foi nas emoções de tristeza e felicidade. Para ilustrar isso de maneira mais acessível, utilizou-se exemplos do cotidiano e até referências de filmes, como o filme *Divertidamente*, para mostrar como as emoções se conectam ao cérebro e como a informação é processada e disseminada pelo corpo. Além da explicação teórica, buscou-se tornar a experiência mais dinâmica e interativa, incorporando uma atividade prática. Apresentou-se aos alunos vídeos que evocavam sentimentos de tristeza e felicidade e questionou a eles sobre o que aquilo despertava.

*Quando montei o vídeo, já na sala entre os colegas e o professor, semanas antes de ir a escola, as imagens já causaram um impacto surpreendente. Usei imagens divulgadas nas mídias sobre covid, as manchetes do jornal nacional da rede grobo com a elevação do número de mortes no brasil, os caminhões das forças armadas italianas carregando corpos. A reação de meus colegas e o que aquilo evocava em cada um foi um espetáculo a parte. O choque a o impacto de algo ainda tão vivo em nós. Ao fim, eu trazia imagens das olimpíadas, a Rebeca Andrade ganhando medalhas para nosso país e seus saltos monumentais. O mesmo tempo gasto com imagens de tristeza, gastei com as de alegria.* **(Lorrana Aparecida Silva de Carvalho-** estudante do terceiro período – Licenciatura em biologia)

Esta dinâmica gerou um momento de interação, com os alunos compartilhando suas percepções e demonstrando grande curiosidade sobre como o cérebro lida com as emoções. A importância do modelo 3DR foi evidente durante a apresentação. Ele despertou uma curiosidade genuína nos alunos e isso foi um reflexo claro de como a metodologia de ensino baseada em modelos tridimensionais pode engajar os escolares de forma mais eficaz.

A experiência de levar o modelo 3DR, assim como os vídeos para a sala de aula foi extremamente gratificante. A um graduando, ver a reação dos alunos, que demonstraram interesse, no tocar dos modelos com as próprias mãos, tentando compreender o funcionamento de cada parte do cérebro é algo bem significativo. Embora as turmas tivessem idades e níveis de entendimento variados, conseguir adaptar a explicação para que fosse clara e acessível a todos é um movimento de adequação que se exercia ali na prática. Vale considerar que a maioria dos estudantes mostram-se tímidos, mas alguns se destacaram pela curiosidade e fizeram perguntas que evidenciam o quanto estavam absorvendo a nova informação.

Observar, também, que as turmas mais avançadas já possuíam algum conhecimento sobre as partes do cérebro, o que facilitou a interação com elas e contribuiu para uma compreensão mais aprofundada do conteúdo é algo a se destacar. De maneira geral, a experiência foi enriquecedora, pois não só aprofunda conhecimentos sobre o sistema neural e o processo de confecção dos modelos, mas também permite perceber como diferentes abordagens pedagógicas podem tornar o ensino mais inclusivo e eficaz, servindo como aliado nessa caminhada.

## REFERÊNCIAS

- BARRETO, J. E. F.; E SILVA, L. P. Sistema límbico e as emoções. **Revista Neurociências**, v. 18, n. 3, p. 386-394. 2001.
- CLOTH, A. Teoria das emoções em Vigotski. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 14, n. 1, p. 15-24, 2010.
- DAMÁSIO, A. **O erro de Descartes: emoção, razão e o cérebro humano**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.
- DIAS, C.; CRUZ, J. F.; FONSECA, A. M. Emoções: passado, presente e futuro. **Psicologia**, v. 22, n. 2, p. 11-31, 2008.
- ESPERIDIÃO-ANTONIO, V. et al. Neurobiologia das emoções. **Revista de Psiquiatria Clínica**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 55-65, 2008.
- GALLIAN, D. M. C. O destronamento do coração: breve história do coração humano até o advento da modernidade. **Memorandum: Memória e História em Psicologia**, v. 18, p. 27-36, 2010.
- KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M. **Princípios da Neurociência**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- PANKSEPP, J. **Affective neuroscience: the foundations of human and animal emotions**. Oxford University Press, 1998.
- PAPEZ, J. W. A proposed mechanism of emotion. **Archives of Neurology and Psychiatry**, 1937.
- PURVES, D. et al. **Neurociências**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- YANG, T. T. et al. Increased amygdala activation is related to heart rate during emotion processing in adolescent subjects. **Neuroscience Letters**, v. 428, n. 2-3, p. 109-114, 2007.

# CAPÍTULO 7

## COMO DESVELAR O “MAL DO SÉCULO”? MECANISMOS POR TRÁS DO MEDO E DA ANSIEDADE

Maria Eduarda Canton Zanatta  
Letícia Esther Santana Da Silva  
Estefanne Lima Santos da costa  
Carla Patrícia Bejo Wolkers  
Welson Barbosa Santos

*O desvendar, o descobrir nos encanta e nos desloca de forma mágica. Assim foi o caminho em direção a construção do saber da fisiologia do medo e explicá-la. E, nesse caminho, o saber que mais me marcou dentro do tema foi o fato de que uma estrutura tão pequena como a amigdala é de extrema importância em nossos sistemas. Em certas situações, sempre somos muito ansiosos, principalmente em contextos que envolvem falar em público, em casos específicos. Entender de onde vem esse medo e essa ansiedade, o porquê e como ela surge, foi muito esclarecedor pois nos ajuda a compreender melhor a origem dessas emoções e ter a paciência para conseguir lidar com isso e não se cobrar tanto como costumamos fazer. (Estefanne Lima Santos da costa- estudante do terceiro período – Licenciatura em biologia)*

Independente de estarmos tratando de todo um procedimento de formação no ensino superior, se você é um ser humano vivendo no século XXI, sem sombra de dúvida já passou por algum momento em que se sentiu excessivamente ansioso, sem saber exatamente o porquê. Considerada o mal do século, a ansiedade é um dos problemas de saúde mental mais prevalentes na população mundial, especialmente na população brasileira, tendo aumentado significativamente após a pandemia da COVID-19 (OMS, 2022).

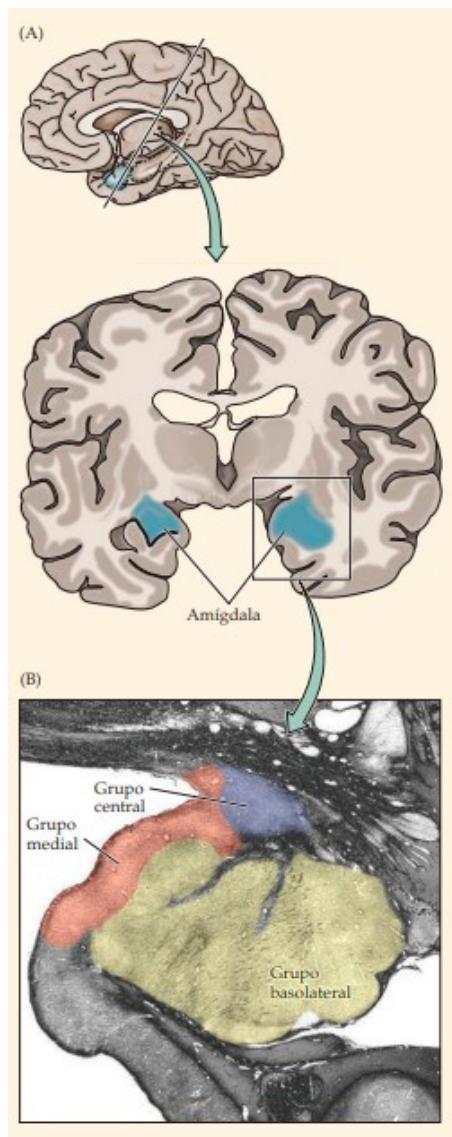
Mas a ansiedade nem sempre é patológica. De fato, o medo e a ansiedade são emoções importantes para a sobrevivência humana, possuindo características específicas que influenciam o comportamento de várias maneiras, ambas sendo ligadas à percepção de perigo. Apesar de serem muitas vezes consideradas como sinônimos, a presença ou ausência de estímulos desencadeadores externos e o comportamento de evitação costumam ser as características que se utilizamos para diferenciar os dois estados (Baptista, Carvalho, Lory, 2005).

Mas antes de falarmos do medo e da ansiedade, vamos compreender o que são as emoções. As emoções são reações imediatas a estímulos que envolvem o corpo e a mente. Elas são estados mentais e fisiológicos que podem provocar reações motoras e mentais, sendo geradas por estruturas do cérebro denominadas de sistema límbico, incluindo a amígdala e o hipocampo. A amígdala é a região responsável pela detecção, geração e manutenção das emoções, enquanto o hipocampo é uma formação pequena e curva no cérebro que desempenha um papel importante no sistema límbico, especialmente relacionado à formação e recuperação de memórias tanto factuais quanto emocionais (Purves et al., 2010).

As emoções podem ser classificadas como primárias e secundárias. As emoções primárias estão presentes em todos os seres humanos e até mesmo em algumas espécies de animais, sendo relacionadas ao instinto e à sobrevivência, tendo como exemplo o medo. Já as emoções secundárias são mais complexas, aparecendo por fatores culturais e socioculturais, surgindo a partir de combinações das emoções primárias e varia muito de pessoa para pessoa, ou seja, cada um tem o seu jeito de reagir à emoção, tendo como exemplo a ansiedade (Lutchik, 2003).

Quando falamos em medo e ansiedade, a principal região cerebral que podemos citar é a amígdala. Esta pequena região faz parte do que chamamos de sistema límbico, um conjunto de áreas cerebrais implicadas na geração de nossos estados emocionais. A amígdala é uma massa complexa de matéria cinzenta enterrada na porção ântero medial do lobo temporal (Figura 1A) e tem a função de interpretar estímulos ambientais de potencial risco e gerar o medo, coordenar as respostas corporais apropriadas na condição de ameaça e perigo, além de estar relacionada ao reconhecimento de expressões faciais de medo (Puves et al., 2010).

Figura 1. Localização da amígdala encefálica. **A.** Corte coronal mostrando a amígdala localizada nos lobos temporais. **B.** Corte histológico mostrando a amígdala e seus núcleos.



Fonte: Purves et al. (2010)

Ela também possui três subdivisões anatômicas e funcionais, cada uma apresentando um conjunto único de conexões com outras partes do encéfalo (Figura 1B). O grupo medial de subnúcleos apresenta grandes conexões com o bulbo olfativo e com o córtex olfativo. O grupo basolateral, sendo grande em humanos, apresenta conexões importantes com o córtex cerebral, principalmente, os córtices pré-frontal medial e orbital do lobo frontal e os córtices de associação do lobo temporal anterior. O grupo de núcleos central e anterior caracteriza-se por conexões com o hipotálamo e com o tronco encefálico, incluindo estruturas sensoriais viscerais, como o núcleo do trato solitário e o núcleo parabraquial (Purves et al., 2010).

A importância da amígdala no processamento do medo fica evidente quando observamos pessoas acometidas por uma doença que as faz não sentir medo. É isso mesmo, existe uma doença chamada Urbach-Wiethe, ou lipoidoproteinose de Urbach e Wiethe, que provoca lesões na amígdala e pode resultar na incapacidade de sentir medo. É uma condição bastante rara, que afeta cerca de 400 pessoas no mundo, caracterizada pelo depósito anormal de uma substância rica em lipídios e proteínas, conhecida como hialina, em diferentes tecidos do corpo (Purves et al., 2010; Feinstein et al., 2011).

Tal acúmulo resulta de mutações no gene *ECM1* (matriz extracelular-1), que desempenha um papel crucial na regulação da pele e de outros tecidos. A doença apresenta diversas manifestações, sendo as alterações neurológicas uma de suas características mais marcantes. Indivíduos com essa condição podem apresentar dificuldade em reconhecer expressões faciais de medo ou em sentir medo em situações de risco. Outras características são as manifestações dermatológicas, manifestações respiratórias, danos à amígdala e afecções neurológicas (Purves et al., 2010).

Um estudo realizado por Feinstein e colaboradores (2011) na Universidade de Iowa, nos Estados Unidos, relata o caso de uma mulher identificada como SM, de 24 anos, que nunca sentiu medo. Ela era portadora da doença de Urbach-Wiethe. Os pesquisadores observaram que SM apresentava alterações na amígdala, e, devido a essa condição, ela não conseguia imaginar ou reconhecer o que era sentir medo. Situações que seriam assustadoras para outras pessoas não a afetam: por exemplo, ela já passou uma situação em que teve uma faca apontada para si, e, neste

momento, SM não demonstrou reação, não gritou por ajuda nem tentou chamar a polícia.

Embora seja fácil para nós portadores de uma amígdala normal compreendermos o que é o sentimento de medo, muitas vezes é difícil diferenciar o medo da ansiedade, já que ambas emoções podem se manifestar simultaneamente e possuir uma resposta evolutiva de proteção. No entanto, existem diferenças suficientes entre elas, tornando essencial a capacidade de diferenciá-las. O medo é uma resposta emocional a uma ameaça iminente real ou percebida. Quando nosso cérebro detecta uma situação de potencial risco a nossa vida por meio de nosso sistema sensorial (visão, audição e olfato), essa informação é interpretada pela amígdala que gera uma resposta conhecida como “luta ou fuga” por meio da ativação da divisão simpática do sistema nervoso autônomo (SNA), preparando nosso corpo para reagir aos perigos imediatos (Baptista, Carvalho, Lory, 2005).

De fato, a amígdala desempenha um papel crucial ao desencadear a ativação do SNA, que, por sua vez, controla os processos internos do corpo, como a frequência cardíaca, respiratória e pressão arterial. Quando esta via é ativada, há a liberação rápida das catecolaminas adrenalina e nora-drenalina, que causa o aumento da frequência cardíaca e o bombeamento do sangue de uma forma mais rápida. Mas como a amígdala processa as informações sensoriais na geração do medo?

A amígdala conecta diferentes áreas do córtex cerebral, recebendo informações de todos os sistemas sensoriais. Essas informações chegam aos núcleos amigdalianos de maneira específica, promovendo a integração dos dados vindos de diversas regiões cerebrais por meio de conexões excitatórias e inibitórias entre vias corticais e subcorticais. Os núcleos basolaterais funcionam como as principais portas de entrada da amígdala, processando estímulos sensoriais e auditivos. Já a via amígdala-funículo ventral e a estria terminal se conectam ao hipotálamo, possibilitando a ativação da resposta ao medo por meio da ativação do SNA (Purves et al., 2010).

Além disso, a estria terminal está envolvida na liberação de hormônios do estresse pelas glândulas hipófise e supra renal durante o processo de condicionamento ao estresse, que é um processo em que as pessoas aprendem a relacionar estímulos específicos ou situações com a experiência do estresse. Lá ocorre a ativação do eixo hipotálamo-hipofisário-adrenal

(HPA), que é responsável na liberação de hormônios como o cortisol, que desempenham uma função essencial na resposta ao estresse (Purves et al., 2010).

Já a ansiedade é uma emoção que está associada à tensão muscular e uma preocupação antecipada sobre eventos futuros que podem ser desafiadores ou perigosos. Isso leva a pessoa a ter comportamentos mais cautelosos e de esquiva, resultando em uma preocupação excessiva com o que pode acontecer. Quando em níveis normais, a ansiedade pode ser benéfica, aumentando a chance de êxito, sendo responsável pelo escape de situações perigosas, busca de conquistas, melhoria no desempenho, antecipação e planejamento. Mas quando os sintomas são intensos, desproporcionais e prolongados, ela se torna prejudicial, fazendo com que o organismo manifeste sinais como palpitação cardíaca, suor excessivo, tonturas e dores abdominais (Castillo et al., 2000; Baptista, Carvalho, Lory, 2005; Purves et al., 2010).

Os sintomas citados, porém, podem variar de pessoa para pessoa. É uma emoção abrangente e, embora esteja associada ao medo, muitas vezes não é possível identificar a origem dessas sensações. Em situações de ansiedade os sistemas de alerta do organismo permanecem ativados, sendo possível observar aumentos prolongados na atividade simpática e na ativação do eixo HPA, com elevação crônica nos níveis de cortisol plasmático. Este hormônio afeta o funcionamento do cérebro, mantendo um constante estado de alerta.

Quando a ansiedade patológica é prolongada, intensa e frequente, a liberação excessiva do cortisol pode, inclusive, reduzir o tamanho do cérebro, prejudicando a memória. A ansiedade patológica se expressa na forma de transtornos de ansiedade que são as condições psiquiátricas mais frequentes tanto em crianças quanto em adultos e adolescentes. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2024), o Brasil é o país que lidera o ranking mundial com maior número de casos de ansiedade, acometendo mais de 18 milhões de brasileiros. A situação é preocupante, principalmente relacionado aos jovens na faixa etária de 18 a 24 anos, havendo cerca de 65% de jovens sofrendo com esse transtorno. Uma pesquisa da CNN Brasil revela que 68% da população relata sentir ansiedade, mas menos da metade busca ajuda profissional como psicólogos e psiquiatras (Laforé, 2024).

Vamos falar um pouco sobre os diferentes transtornos de ansiedade que podem acometer indivíduos de todas as idades, começando pelas crianças. Um dos transtornos de ansiedade mais comuns na infância é o da ansiedade de separação (TAS), ocorrendo pelo distanciamento de pais ou outros responsáveis, causando um sofrimento muito intenso e prejuízos significativos para o resto da vida da pessoa. O TAS ocorre quando a ansiedade da separação é muito forte e dura por anos, podendo interferir em atividades cotidianas. O tratamento inclui psicoterapia (terapia comportamental) e, possivelmente, medicação em casos graves como o uso de ansiolíticos (Castillo et al., 2000).

Já em adolescentes e adultos, a ansiedade é, com mais frequência, ligada à solidão, ao desconhecido, à rejeição e ao futuro. O Transtorno de Ansiedade Generalizada (TAG) é uma condição mental que se caracteriza pela preocupação excessiva e persistente em relação a várias situações, atividades ou acontecimentos, como se preocupar mais do que o necessário em certa situação. Há, ainda, as fobias específicas que são caracterizadas por um medo irracional relacionado à exposição a objetos específicos ou situações. Outro transtorno observado em jovens e adultos é o Transtorno de Ansiedade Social (TAS) ou fobia social que é definido pelo medo intenso de ser julgado negativamente em situações sociais, tendo medo de serem constrangidos, ridicularizados e humilhados. Pessoas com TAS tendem a evitar essas situações ou enfrentá-las com grande ansiedade (Castillo et al., 2000).

Já o ataque de pânico é caracterizado pelo início repentino de um período breve de intenso medo, ansiedade ou desconforto. Já o Transtorno de Pânico envolve episódios recorrentes de ataques de pânico, frequentemente associados ao medo de novos episódios ou a alterações no comportamento para evitar situações que possam desencadear esses ataques (Castillo et al., 2000).

Filmes como *Divertida Mente 2* oferecem uma boa reflexão de forma leve e profunda sobre os sentimentos, mostrando que todas as emoções são importantes, facilitando na hora do aprendizado e do entendimento de como cada emoção funciona. No filme, o medo e a ansiedade são emoções da personagem Riley, refletindo os desafios que ela enfrenta na adolescência. Você já parou para pensar por que esses dois sentimentos

são ilustrados dessa maneira e como eles se relacionam com a vida real? O Medo é representado pelo traço de caráter esquizoide, caracterizado por um corpo magro com pouca musculatura, alto, muita energia na cabeça, olhos grandes e com receio de incomodar. Sua cor lilás representa a cautela, precaução e a insegurança, que são comuns nas características do medo, também reflete a natureza protetora do medo.

Assim como na vida real, o medo é precavido, temeroso e prudente, acreditando na importância de se pensar antes de agir. O filme mostra que o medo é uma emoção necessária para um crescimento saudável, no entanto, em excesso, esse medo pode atrapalhar as atitudes de Riley. Já a ansiedade é mostrada como um sentimento normal que possui um lado positivo quando controlada, podendo evitar consequências prejudiciais. Já quando ela entra no controle o filme mostra a distorção de percepção, representada pelo pensamento “Não sou boa o bastante” diversas vezes. Esse sentimento leva a pessoa a ter percepções ruins e uma autocritica exagerada, buscando o perfeccionismo, causando uma sensação ruim quando algo não planejado acontece. A ansiedade é mostrada na cor laranja, trazendo uma sensação de alerta e desconforto, refletindo a preocupação constante. Já o seu cabelo emplumado mostra que a ansiedade é tensa e trêmula na maior parte do tempo.

Um dos principais motivos para a ansiedade de Riley é o medo de não conseguir fazer amigos durante o ensino médio. Essa preocupação ocorre pois as interações sociais com os colegas se tornam cada vez mais importantes nessa fase da vida, participando do bem-estar emocional. Na adolescência, as relações com os amigos ajudam nas habilidades sociais, na expressão emocional e na construção da identidade. A convivência intensa com amigos pode se tornar um lugar seguro, levando o adolescente a compartilhar emoções e experiências que muitas vezes não querem compartilhar com os pais ou responsáveis. Além disso, sentir-se aceito em um grupo de amigos pode fortalecer o sentimento de pertencimento, essencial para o bem-estar nesta etapa da vida

O filme também aborda de um jeito leve a importância do equilíbrio entre as emoções, permitindo que cada uma desempenhe seu papel sem dominar as demais, que precisa ser algo leve e que o domínio de uma única emoção não é saudável. Nesse caminho de entendimento, Thiago

Coronato, um médico, psiquiatra e professor da Faculdade de Medicina de Petrópolis (Unifase/FMP) explicou sobre a reflexão trazida pelo filme *Divertida Mente 2* “O interessante neste filme é a abordagem de como é necessário que as pessoas reconheçam e aceitem seus sentimentos, promovendo uma compreensão mais ampla sobre as questões neurológicas e psicológicas. *Divertida Mente 2* não apenas entretem, mas também educa, sensibilizando o público sobre a importância de cuidar da saúde mental. A narrativa apresenta de maneira acessível como as emoções, quando mal compreendidas ou reprimidas, podem levar a problemas como a ansiedade, e por isso é fundamental a abertura ao diálogo e buscar ajuda para conversar sobre os sentimentos, sendo passos fundamentais para o bem-estar” (Nascimento, 2024).

Logo, se todo o debate sobre o tema nos esclarece de onde procede o medo e quais estruturas cerebrais estão envolvidas com o mecanismo, resta-nos o desafio de conhecer melhor quem é essa amígdala. Em sala de aula na universidade, quando abordamos o tema entre estudantes é comum a pergunta: o que acontece quando ela é extraída (em referência à amígdala localizada na garganta, corretamente denominada de tonsila palatina)? Aí toma forma o projeto cérebro descomplicado em seu momento pedagógico, no articulador dos saberes, no deslocamento entre a universidade e a escola básica e suas possíveis conectividade.

Figura 2 – Modelo 3DR da amígdala cerebral.



Fonte: Imagens Enzo Oliveira Gonçalves – LAEN - UFU

Sim, produziu-se uma amígdala em sua forma interna. Nisso, algo que fica evidente é que vivenciar o projeto de forma interdisciplinar é uma oportunidade importância para um licenciando de biologia e tal tecitura só é possível juntando saberes anatômicos com os pedagógicos. Outra questão importante é que quando ainda no começo, no primeiro semestre de formação, ter essa experiência, onde se pode compreender e se conectar com os alunos, transmitir e levar um conteúdo que é tão pesado e complexo, transformando-o em algo mais leve e palpável para o aprendizado, também ensina o que é ser uma professora ou professor, demonstra já de início, desafios, possibilidades, encantos do processo educativo.

*Aí está o desafio dos modelos 3DR, despertar os entusiasmos não só dos alunos, mas também de professores e ver o tema receber perguntas em processo triplo: formação inicial do graduando, construção do saber pelo estudante escolar, formação continuada dos professores que acompanham o projeto em execução quando ele chega na escola. Para os licenciandos isso é gratificante pois mostra que é possível conseguir despertar a curiosidade e vontade de aprender. A princípio, essa experiência que é tão nova, mostra uma outra perspectiva do que é ser uma “educadora / educador” na prática, onde aulas mais dinâmicas e interativas permitem abordar diferentes características facilitando a compreensão do aluno e despertando a sua atenção. (Letícia Esther Santana Da Silva - estudante do primeiro período – Licenciatura em biologia).*

Dentro do tema levado para a escola, abordando as emoções e o cérebro, o medo e ansiedade como um meio de lhes mostrar e fazer perceber que são sentimentos e emoções normais em proporções normais, mas se forem sentidos excessivamente deixa de ser saudável é algo genial, teoria e prática com cara de cotidiano é algo singular. Inclusive, pensar isso para o escolar, ponderar que quando se está na adolescência tudo o que sentimos é demasia é algo curioso e interessante.

Compreender, então, que a cobrança que se impõe a cada um pode gerar transtornos como a ansiedade que por vezes se ignora e não se busca uma ajuda profissional. Se entender para nós formadores é importante, levar essas informações aos alunos, juntamente com o modelo 3DR da estrutura das amígdalas, é bastante significativo, pois assim eles conseguem

associar o conteúdo com o modelo que estava sendo lhes apresentado, conectar com suas vidas e como isso ocorre dentro do seu corpo, do seu cérebro, sinalizando as diferentes reações que procedem desses órgãos, sistemas, conexões.

*Em uma narrativa bem pessoal, no final do dia quando fechamos um projetos de meses de estruturação, como não se sentir grato e orgulhoso, ao perceber que no decorrer da tarde, as horas na escola foram passando e o nervosismo do desafio do ensinar se perdeu, sendo vencidos, acomodados e tomado sentido bom e positivo. Fomos nos tornando mais tranquilos e confiantes, conforme o planejado, o medo de fazer, dava lugar a certeza de ser possível e executado. Na realidade, excede as expectativas em relação ao ato de aprender e ensinar, diante do lidar com algo de tamanha importância. (Letícia Esther Santana Da Silva - estudante do primeiro período – Licenciatura em biologia).*

## REFERÊNCIAS

BAPTISTA, A.; CARVALHO, M.; LORY, F. O medo, a ansiedade e as suas perturbações. **Psicologia**, v. 19, n. 1/2, p. 267-277, 2005.

CASTILLO, A. R. G. L. et al. Transtornos de ansiedade. **Brazilian Journal of Psychiatry**, v. 22, p. 20-23, 2000.

FEINSTEIN, J. S. et al. The human amygdala and the induction and experience of fear. **Current biology**, v. 21, n. 1, p. 34-38, 2011.

LAFORÉ, B. 68% dos brasileiros sentem-se ansiosos e menos da metade busca ajuda, diz pesquisa. **CNN Brasil**, 13 jun. 2024. Disponível em: <https://is.gd/Fim57Z>. Acesso em: 24 mar. 2025.

LUTCHIK, R. **Emotions and Life: Perspectives from Psychology, Biology, and Evolution**. Washington, DC: American Psychological Association, 2003.

NASCIMENTO, F. H. Divertida Mente 2: o que a nova personagem do filme ensina sobre como a ansiedade age no cérebro. **Brazilian Times**, 23 jun. 2024. Disponível em: <https://is.gd/ZfN2nL>. Acesso em: 24 mar. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **A pandemia de COVID-19 desencadeia aumento de 25% na prevalência de ansiedade e depressão em todo o mundo**. 2022. Disponível em: <https://is.gd/PExjOD>. Acesso em: [data de acesso]

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **World Mental Health Day 2024**. Genebra, 2024. Disponível em: <https://is.gd/ggF3vL> Acesso em: 24 mar. 2025.

PURVES, D. et al. **Neurociências**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

# CAPÍTULO 8

## O QUE NOS FAZ HUMANOS? A MEMÓRIA E SUA COMPLEXIDADE

Isadora de Lima e Silva  
Mike Nascimento dos Santos  
Daniele Miranda Kiss  
Weltercley Queiroz dos Santos Capítulo  
Carla Patrícia Bejo Wolkers  
Welson Barbosa Santos  
Cibele Cristina da Silva

Você sabe como ainda consegue tocar aquela única música no violão que aprendeu aos 5 anos? Ou como nunca se esqueceu como se anda de bicicleta? Já percebeu que quando dirige o seu carro até o trabalho você nem precisa pensar sobre quais são os próximos movimentos para engatar a marcha, ou para parar o carro? Pois é, tem coisas que aprendemos que parecem ficar gravadas no nosso inconsciente. Mas você tem ideia do porquê isso acontece? Por que será que andar de bicicleta está gravado em nossa memória, mas aquela fórmula de matemática que você insiste em tentar memorizar para fazer aquela prova difícil insiste em se esvair completamente?

Isso acontece porque temos dois tipos de memória em nosso encéfalo, a declarativa (ou explícita) e a não declarativa (ou implícita). A primeira é aquela que está presente no nosso consciente, como o que fizemos no nosso dia, nomes e datas importantes, por exemplo, incluindo aquela fórmula fujona. Já a segunda, é a que nós adquirimos habilidades e informações de forma inconsciente, ou seja, ela está relacionada a coisas que fazemos no nosso dia sem ter que pensar em cada passo, como por exemplo, mastigar, dirigir, andar e até tocar um instrumento. Dessa forma, mesmo não tocando aquela música no violão desde sua infância seu cérebro inconscientemente ainda sabe exatamente cada acorde dela sem ter que pensar sobre (Purves et al., 2010).

A memória sempre instigou os pesquisadores e filósofos e, inicialmente, acreditava-se que nosso encéfalo não possuía uma região específica que era

responsável pela memória, ao contrário dos nossos sentidos. Esse pensamento prevaleceu até meados do século XX, pois seu armazenamento envolve muitas partes diferentes do encéfalo. Hoje, sabemos que os diferentes tipos de memórias envolvem áreas distintas do cérebro em seu processamento.

Foi na década de 1950 que a memória começou a ser mais compreendida a partir de novas evidências sobre as bases neurais da memória de longa duração descobertas por meio de estudos com pacientes que passaram por remoções bilaterais do hipocampo e áreas adjacentes do lobo temporal medial, geralmente como tratamento para epilepsia. Um dos casos mais notáveis foi o de Henry Molaison, conhecido como paciente H.M., que sofreu uma lesão cerebral aos 7 anos, resultando em epilepsia intratável. Para controlar suas crises, ele se submeteu a cirurgia que removeu partes do hipocampo, resultando em uma amnésia severa, que afetou sua capacidade de formação de novas memórias de longa duração. Apesar disso, sua memória de trabalho e suas memórias de antes da cirurgia permaneceram intactas, sugerindo que essas não eram armazenadas no lobo temporal medial onde o hipocampo está localizado. H.M. ainda conseguia se comunicar e manteve seu vocabulário, indicando que sua memória semântica estava intacta. Entretanto, ele tinha dificuldade em transferir novas informações da memória de trabalho para a memória de longa duração, ou seja, se agora você pedisse para ele decorar um número de CPF (Cadastro de Pessoa Física), ele poderia repeti-lo daqui alguns minutos, mas se o distraísse por apenas alguns segundos, ele já esquecia (Purves et al., 2010; Kandel et al., 2014).

Além disso, outro achado importante no caso de H.M. foi que nem todos os tipos de memória de longa duração estavam prejudicados. Por exemplo, ele foi ensinado a desenhar uma estrela apenas olhando para a estrela e sua mão em um espelho e assim como outros indivíduos saudáveis, Molaison aprendeu a mapear a coordenação entre o olho e a mão. Após vários dias de treino, ele conseguiu desenhar a estrela sem erros, mesmo não se lembrando conscientemente de ter feito esse desenho antes. É importante ressaltar que essa capacidade de memória de longa duração não se limitava apenas a habilidades motoras, possuindo também um bom desempenho em *priming*, por exemplo. Sendo assim, o caso de Henry Molaison foi fundamental para entender a relação entre a memória e as estruturas cerebrais (Purves et al., 2010+ Kandel et al., 2014).

Bom, mas o que é, exatamente, a memória? A memória é a capacidade que possuímos de adquirir, armazenar e lembrar informações sobre experiências já vividas, sendo elas compostas por múltiplos sistemas cerebrais, que embora independentes, interagem entre si. Ela desempenha um papel crucial na formação da nossa identidade pessoal e na orientação das nossas atividades diárias, sendo fundamental na nossa aprendizagem e na adaptação ao ambiente. A memória guia nossos pensamentos e influencia nossas decisões e reações emocionais (Bisaz; Travaglia; Alberini, 2014). De acordo com Kandel, Dudai e Mayford (2014), a memória é a cola que mantém nossa vida mental estável. Sem ela nossa vida se fragmentaria em milhões de pedaços e se tornaria completamente vazia.

Embora a ciência tenha avançado consideravelmente, ainda não se comprehende completamente como as memórias são armazenadas e não existe uma explicação científica definitiva sobre esse processo. Contudo, sabe-se que as informações que chegam ao nosso cérebro criam circuitos neurais, ativando uma rede de neurônios. Quando essas informações são repetidas várias vezes, elas podem ser retidas de forma mais eficaz, o que demonstra que a repetição é uma estratégia valiosa para ativar a memória.

O processo de memorização envolve cinco fases. A primeira é o registro sensorial, onde os estímulos captados pelos sentidos (audição, visão, tato, paladar e olfato) são rapidamente armazenados. Em seguida temos a memória de curto prazo, que se da pelo armazenamento da informação por um curto espaço de tempo, menos de 20 segundos. Em seguida temos a fase de consolidação, durante a qual as informações obtidas serão acomodadas no cérebro, e eventualmente transferidas para a memória de longo prazo, que refere-se à memória que levamos para toda a nossa vida. Por fim, ocorre a recuperação ou evocação, ou seja, o momento que utilizamos dessa informação guardada, seja de forma intencional ou não (Kandel; Dudai; Mayford, 2014).

É importante ressaltar que nem todas as memórias são iguais. A memória de curto prazo armazena informações por um período limitado, sendo responsável pela retenção temporária de dados. Um bom exemplo disso é quando estudamos na véspera de uma prova, e durante a avaliação até que conseguimos ir bem e recordar das informações, mas logo em seguida parece que tudo foi imediatamente “apagado” da nossa mente.

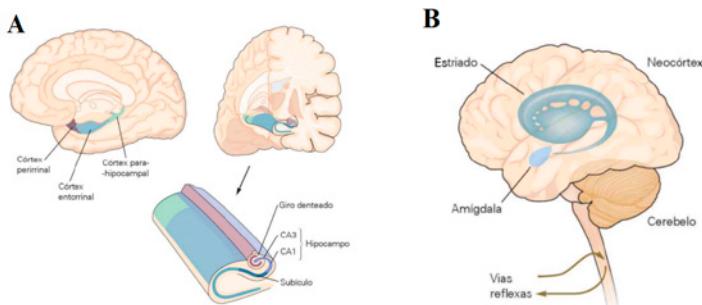
Dentro da memória de curto prazo, encontramos a memória de trabalho, que manipula e armazena as informações ativamente durante tarefas cognitivas, como o raciocínio, aprendizado e compreensão. Permitindo que os indivíduos mantenham dados ativos enquanto executam atividades, sendo essencial para funções executivas e resolução de problemas. Um bom exemplo para compreendermos a memória de trabalho é a leitura de um livro: quando você está lendo uma frase, durante um breve período você armazena as informações daquela frase para compreender o significado. Quando passa para a frase seguinte, já não se lembrará da anterior (Purves et al., 2010; Kandel; Schwartz; Jessel, 2013; Bisaz; travaglia; Alberini, 2014).

Já a memória de longo prazo permite o armazenamento de informações por períodos prolongados, podendo ser subdividida entre memória declarativa (explícita) e memória não declarativa (implícita). A memória explícita é a que nós temos acesso as informações no nosso consciente, por exemplo como foi seu último Natal, com todos os detalhes e presentes que recebeu. Dentro dela alguns autores a dividem em dois tipos, a memória semântica, na qual armazenamos conhecimentos gerais sobre o mundo — como o significado das coisas, como palavras conceitos etc., e a memória episódica, na qual nos recordamos de episódios mais pessoais e eventos específicos, normalmente associados a um lugar e dia (Kandel; Dudai; Mayford, 2014).

Por outro lado, a memória implícita inclui habilidades e tarefas motoras, que fazem parte da memória procedural. Esse tipo de memória nos capacita a realizar tarefas sem a necessidade de estarmos plenamente conscientes de nossas ações. Ela é responsável por aprender e executar atividades que dominamos por meio da prática e repetição, tornando-se automáticas com o tempo (Squire, 2004). Exemplos disso incluem andar de bicicleta, dirigir ou tocar um instrumento musical.

Com o passar do tempo, habilidades cognitivas, motoras e sensoriais, que inicialmente são registradas na memória explícita, tornam-se tão integradas à prática que são armazenadas como memória implícita. A memória a longo prazo é processada em diferentes regiões do cérebro: o hipocampo é crucial para a formação de memórias explícitas, enquanto o neocôrtex, o estriado, a amígdala, o cerebelo e as vias reflexas são fundamentais para a memória implícita (Kandel; Dudai; Mayford, 2014) (Figura 1).

Figura 1. Regiões responsáveis pela formação das memórias. **A.** Memórias explícitas. **B.** Memórias implícitas



Fonte: Kandel; Schwartz; Jessel, 2013.

No caso das memórias implícitas, o neocortex está associado ao *priming* (ou pré-ativação), que é um tipo de memória estimulada por uma pista ou dica. Por exemplo, quando estamos próximos a alguém que canta uma melodia de uma música, podemos automaticamente lembrar e cantar a letra inteira. Existem dois tipos principais de *priming*: o *priming* conceitual e o *priming* de percepções. O *priming* conceitual envolve o acesso a conhecimento semântico relevante, ou seja, o entendimento de conceitos, fatos e informações gerais sobre o mundo. Já o *priming* de percepções ocorre dentro de uma modalidade sensorial específica, que é a capacidade dos diferentes sentidos humanos, como visão, audição, tato, paladar e olfato, de processar e interpretar estímulos ambientais de maneira distinta. Cada um desses sentidos possui suas próprias vias neurais e mecanismos de percepção, permitindo que o cérebro interprete informações sensoriais de forma única (Kandel; Schwartz; Jessel, 2013; Squire; Dede, 2015).

O corpo estriado, que inclui os núcleos da base, é essencial para a formação de hábitos e habilidades motoras, fazendo parte assim da memória de procedimento. O hábito é uma maneira usual de se ser, fazer ou sentir alguma coisa, seja ela uma regra, um modo, um costume ou até um estilo de vida. Mas na questão memorial, hábitos nada mais são que comportamentos adquiridos através da repetição que resulta de formas diferentes em um aprendizado escondido no nosso subconsciente (Kandel; Schwartz; Jessel, 2013; Squire; Dede, 2015).

A amigdala, por sua vez, desempenha um papel crucial no processamento de emoções e condicionamento emocional, que ocorrem a partir

de um aprendizado associativo. Ela é muito importante para a avaliação emocional dos estímulos, ajudando assim na associação das emoções às experiências que vivemos, tornando elas em memórias vívidas e duradouras. A amígdala possui um grande papel no medo, que nada mais é do que a resposta ao perigo essencial para a sobrevivência. Por exemplo, se você experimentar um evento traumático relacionado a cachorro, a amígdala ajuda a criar uma associação entre o cachorro e a resposta de medo. Assim, em encontros futuros com um cachorro, todas as sensações daquele evento traumático podem ressurgir como se estivessem acontecendo novamente. No entanto, a amígdala também pode ajudar a aprender com essas experiências, acarretando que você evite-as futuramente, como um mecanismo de sobrevivência (Kandel; Schwartz; Jessel, 2013; Squire; Dede, 2015).

E o cerebelo se destaca como uma estrutura fundamental para o aprendizado e o armazenamento de habilidades motoras, desempenhando um papel vital na coordenação e precisão dos movimentos. Essas estruturas trabalham juntas para que as memórias implícitas sejam formadas e armazenadas de maneira automática e inconsciente. Por exemplo, saber como andar é um tipo de memória não declarativa, já que não é preciso pensar para executar tal ação, e é uma atividade motora, sendo o cerebelo crucial para sua execução (Kandel; Schwartz; Jessel, 2013; Squire; Dede, 2015).

Por fim, as vias reflexas, que são circuitos neurais que permitem respostas automáticas e rápidas a estímulos, sem a necessidade de processamento consciente. Essas vias são fundamentais para a proteção do organismo e a manutenção da homeostase. Elas geralmente envolvem receptores sensoriais, neurônios sensitivos, neurônios motores e um centro integrador — normalmente localizado na medula espinhal, onde ocorre a integração da informação. Ainda, elas possuem um papel crucial nas memórias implícitas, participando um pouco de cada coisa, já que assim como essas memórias elas são inconscientes e automáticas (Kandel; Schwartz; Jessel, 2013; Squire; Dede, 2015).

Por exemplo, se você joga basquete, as vias reflexas associadas ao movimento dos braços e à coordenação olho-mão permitem que você reaja rapidamente ao estímulo do passe e decida se vai passar ou arremessar a bola. Enquanto a memória implícita está relacionada à habilidade de jogar basquete, quanto mais você pratica, melhor você fica e se torna algo automático. Assim, mesmo sem pensar exatamente em cada movimento, é possível realizar um bom jogo devido ao armazenamento dessas habilidades motoras na memória.

Isso mostra que as vias reflexivas e a memória não declarativa trabalham juntas permitindo que o jogador reaja rapidamente a situações de jogo e execute movimentos complexos sem a necessidade de atenção consciente. Demonstrando assim como experiências passadas e práticas repetidas podem moldar respostas automáticas em ambientes dinâmicos, como o esporte.

Como pudemos perceber, as memórias são elementos essenciais na nossa experiência humana e que nos permitem realizar comportamentos e ações, interagir com o mundo e com outros indivíduos, também, trabalhar e estudar. Elas formam o arcabouço no qual nosso cérebro se sustenta em suas atividades diárias, norteando seu funcionamento. A memória faz parte daquilo que nos torna humanos e sem ela perderíamos nossa essência e seríamos incapazes de interagir com o mundo ao nosso redor.

Consideremos agora, após as descrições feitas, o quanto significativo é a um estudante, perceber, entender, saber localizar, quais estruturas cerebrais estão envolvidas com tal processo? Com quem tais estruturas se conectam? Onde estão na ampla gama de regiões cerebrais? Todas essas questões, são as razões que nos movem, quando iniciamos o projeto de produção de modelos 3DR, na construção do saber cerebral para se ir a uma escola. Envolve o didático, o anatômico, o fisiológico e a possibilidade de visualização do processo por meio de suas estruturas envolvidas. Para trabalhar a memória implícita, o cerebelo foi a estrutura a ser criada. Pensar o cerebelo passa por esse lugar, por essas analogias e suas possíveis conectividades com as demais regiões cerebrais. Levar isso até a escola nos desafia e julgamos importante descrever como é vivenciar tal prática.

*Na escola havia aqueles olhinhos julgadores e curiosos, e o que tínhamos eram os modelos 3DR expostos lindamente na mesa frente a eles, para que pudessem ouvir e assimilar sobre o que estávamos falando, pois tínhamos algo palpável bem ali diante deles, com estrutura, texturas, cores e formas. Apesar do medo de errar ou tropeçar nas palavras que era gritante dentro de mim, creio que não só em mim como em meus colegas. Mas, seria imperdoável deixar isso tomar conta de mim e atrapalhar a absorção daquele conteúdo incrível que passamos meses produzindo para aqueles estudantes. Respirei fundo, confiei em meu potencial e fiz minha parte. (Daniele Miranda Kiss - estudante do primeiro período – Licenciatura em biologia).*

O que se levou para a escola auxiliando o entendimento das memórias implícitas? Um cerebelo, a região cerebral intimamente ligada a traço do comportamento humano tão curioso e importante.

Figura 2 – Modelo 3DR do cerebelo e seu ponto de conexão com o tronco encefálico.



Fonte: Imagens Enzo Oliveira Gonçalves – LAEN - UFU

Assim, a atividade didático-pedagógica com modelos tridimensionais 3DR, desenvolvida, como parte dos componentes curriculares, ações de e em espaço-tempo tornou-se um marco desse momento de formação. Isso porque permitiu esse construir de um cerebelo em modelos 3DR. Nessas atividades a oportunidades de produzir, ampliar saberes, criar práticas e em articulações com o cotidianas, ligá-las a vida e utilidade do dia a dia é o que ocorre. Ao fim, o chegar à escola como a narrativa descreveu. No processo, o objetivo é explorar a produção de peças anatômicas abordando estruturas do sistema nervoso de forma prática e interativa em toda a dimensão do projeto. Neste relato, a experiência se concentra na criação de um modelo do cerebelo, destacando o processo criativo e os desafios envolvidos na elaboração de um recurso que, além de representar fielmente a anatomia, teve um caráter sensorial e acessível.

Para a construção do modelo, optou-se por iniciar com uma base interna de isopor, utilizando técnicas de corte, lixamento e polimento para moldar a estrutura principal, processo comum a muitas outros modelos que estavam sendo produzidos ao mesmo tempo e no mesmo laboratório. Em seguida, buscou-se uma forma de revestimento que conferisse realismo ao formato do cerebelo, aliando estética e funcionalidade sensorial. A técnica escolhida foi o uso de correntes de crochê, que permitiu um revestimento completo e texturizado, e em seguida realizou-se a coloração da peça com

a cores no tom avermelhado, tendo sido alcançado pela mistura gradativa de vermelho e rosa usando-se tinta guache e cola branca.

O trabalho ao fim, resultou em um material educativo que promove tanto o aprendizado anatômico quanto a interação tático e sensorial. Para tal, se exige conhecimento teórico apurado para haver originalidade ao que se esculpe, reveste e produz. Enquanto processo, a atividade teve como principal objetivo conectar o conhecimento acadêmico produzido na universidade, às práticas escolares, despertando o interesse pela ciência de forma acessível e interativa.

*Por meio do desenvolvimento de modelos tridimensionais (3DR) de estruturas anatômicas, como o cerebelo, visamos ir além da simples transmissão de informações científicas. Nossa propósito era inspirar os estudantes a explorar suas potencialidades, mostrando que conteúdos tradicionalmente considerados complexos, como as estruturas do sistema nervoso, podem ser ensinados de maneira dinâmica e envolvente. A experiência prática, com a manipulação da peça tridimensional, trouxe leveza ao aprendizado, transformando a interação com a estrutura, um processo sensorial e participativo, muito mais rico do que a mera observação de imagens em livros didáticos ou slides. (Mike Nascimento Dos Santos – estudante do oitavo período – Licenciatura em biologia).*

E, na prática, como aplica-se esses materiais desenvolvidos por discentes do curso de ciências biológicas?

*Buscando responder, quando chegamos no espaço escolar, onde iríamos trabalhar todos os temas na escola ao fim do projeto, lá tivemos uma impressão tão pura que se ligava as nossas memórias quando ali estávamos ainda como escolares. Uma escola simples de rede pública, de uma cidade pequena, de muros verdes-claros, rodeada de plantas vivas. Minha percepção romantizada foi de que ali havia zelo, esforço e potencial. Seria os meus olhos que o viu ou ela é assim? Não sei. Ou seria minhas memórias de escola construída ao longo de minha vida escolar? Afirmo, ela é uma das escolas mais harmoniosas que já pisei. A limpeza que todos os funcionários se esforçam para ser impecável, a comida que as cozinheiras fizeram naquele dia me remeteram a memórias de um tempo que não volta mais. (Daniele Miranda Kiss – estudante do primeiro período – Licenciatura em biologia)*

De tudo que tinha ali, o planejamento no âmbito acadêmico, sempre visando trazer novos conhecimentos e estimular o ensino e a curiosidade das crianças e adolescentes perante à ciência, agora havia chegado na escola e pelas mãos de estudantes de graduação, futuros professores. Mas o que estes estudantes consideram como parte dessa experiência?

*O desafio passa pelo sentimento pessoal de que que um dia eles poderão estar assumindo nosso lugar, como discentes de uma universidade. A sensação de que estávamos lá apenas para transmitir o que aprendemos de forma responsável, árdua e com a melhor didática que pudéssemos elaborar, para que não houvesse dúvidas e caso houvesse, todas seriam sanadas é a motivação maior que eu posso narrar de meus sentimentos enquanto estava lá na escola. (Daniele Miranda Kiss – estudante do primeiro período – Licenciatura em biologia)*

Iniciada a vivência na sala de aula com os alunos na escola, como já descrito, com este tema em específico, o comum é que ocorra um certo temor aos graduandos ali envolvidos. Eram escolares novinhos demais para aprenderem sobre cerebelo, pensaria os estudantes acadêmicos, ali como professores? O evidenciado foi que depois de uma breve apresentação e cumprimentos, começaram a apresentação. “Alguém aqui sabe onde nosso Cerebelo se localiza?” Uma mão ameaçou se levantar, mas a vergonha o impidiu, vendo sua ânsia de falar, mas seu receio, fizemos questão em o incentivar, e o pequeno estudante de braços cruzados, envergonhado, apontou para a nuca e disse “fica por aqui”. A resposta dada aos escolares? sim, fica “por ali”. Ele sabia! Mas, onde se quer chegar com isso? Que se aprende nas disciplinas didáticas que prepara para a ação na escola, que é preciso dar lugar à fala para os estudantes, para que se expressem, sintam, se permitam errar para aprender, se questionem, questionem seus professores e seus colegas os “por quês?” portanto, dar liberdade para eles serem o que quiserem ser.

Nesse sentido, após o incentivo da “roda de conversa” foram feitas perguntas como: “o que você quer ser quando crescer?” e diversas respostas como: médica, médica veterinária, astronauta, empresário, jogador de Futebol. Uma das respostas que mais chamou a atenção foi “quero ser professora”. Uma aluna em específico, uma jovem que sonha em ensinar estava ali totalmente disposta a aprender. Em seguida, continuou-se com as perguntas sobre as peças anatômicas, perguntas como: “alguém sabe a função

do nosso Cerebelo?” Mais uma resposta, em tom baixo, quase inaudível, mas era uma resposta, “É alguma coisa a ver com nossa coordenação motora”.

*É, e ali já estávamos encantados. Sinceramente falando, em nosso 10... 12 anos de idade, não sabíamos nem o que era Cerebelo. Ver a perspicácia desse estudante escolar, sua expertise, é algo admirável. Assim demos continuidade para nossa apresentação sucessivamente para outros grupos de alunos. Mas, ao fazer esse relato, convido você a refletir: como você enxerga esses alunos? Quais condições você imagina para essas crianças e adolescentes poder aprender melhor? Como você percebe a escola que você atua ou vai atuar? Dizemos com convicção que na escola aonde fomos, encontramos estudantes que acordam às quatro da manhã para ordenhar vacas, relato compartilhado por um estudante com quem tivemos o privilégio de conversar, para depois seguir para escola. São crianças e adolescentes que se dividem entre o trabalho rural e a rotina escolar, alguns até sem perspectivas claras de cursar o Ensino Superior, como foi possível constatar. (Mike Nascimento Dos Santos – estudante do oitavo período – licenciatura em biologia).*

Agora, vale parar por um momento e pensar: se nada for feito para estimular esses estudantes, como eles poderão explorar todo o potencial que carregam dentro de si? É preciso que eles encontrem um norte como passo fundamental, no conhecer seus próprios corpos e o que o move. Uma caminho assumido, no desenvolvimento do projeto, foi o de oferecer um ambiente de apoio e escuta ativa, criando as condições para que esses estudantes se sintam valorizados e confiantes em suas capacidades e o desafio passa por isso, não é à toa que o projeto se chama “Cérebro Descomplicado”.

Isso não apenas facilita a compreensão de conteúdos mais complexos, mas também fortalece sua autonomia. Quando a educação combina o desenvolvimento intelectual com a valorização emocional e o cotidiano, ela cumpre o mais nobre de seus papéis. Como descrever essa experiência ao fim? Usando o próprio tema fazendo aqui um exercício de memória, como entender por que na despedida não ouve um sequer que não tenha se emocionado e até chorado? Que emoções foram ativadas da memória, que estavam inconscientes, mas construídas ao longo de 11, 12 anos de escolarização?

*Sabe aquela sensação de dever cumprido? Era esse o sentimento, todos ali com seus modelos (3DS) em mãos, sentados*

*enfileirados em cadeiras, com os professores e orientadores fazendo um agradecimento geral. Teve olhos marejados, sorrisos de orelha a orelha, aquilo era gratidão, felicidade e humanidade, mas também um prazer do qual não sabíamos descrever, porque estávamos de volta a escola onde vivemos tantas emoções no correr de nossas infâncias e adolescências.* (Mike Nascimento Dos Santos – estudante do oitavo período – Licenciatura em Biologia).

Em meio aos elogios, brincadeiras e discursos, uma pessoa em específico foi chamada, ela foi uma das responsáveis que proporcionar as refeições dos alunos naquele dia, ampliando o gosto de prazer e saudade – memórias de nossas vidas por tantos anos na escola. curioso elencar isso aqui. Como parte desse saber que envolve memórias, aqui é possível expressar também, gratidão aos que ajudam sonhar, fazer e realizar.

*A memória da experiência está feita e bem construída para nós, para nossos colegas e para nossos alunos que tivemos o prazer de ensinar o que é como a memória se faz.* (Daniele Miranda Kiss – estudante do primeiro período – licenciatura em biologia).

## REFERÊNCIAS

- BISAZ, R.; TRAVAGLIA, A; ALBERINI, C. M. The neurobiological bases of memory formation: from physiological conditions to psychopathology. *Psychopathology*, v. 47, n. 6, p. 347-356, 2014.
- KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M. **Princípios da Neurociência**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- KANDEL, E. R.; DUDAI, Y.; MAYFORD, M. R. The molecular and systems biology of memory. *Cell*, v. 157, n. 1, p. 163-186, 2014.
- MOURÃO JÚNIOR, C. A.; FARIA, N. C. Memória. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 28, n. 4, p. 780-788, 2015.
- PURVES, D. et al. **Neurociências**. 4. ed. São Paulo: ArtMed, 2010.
- SQUIRE, L. R.; DEDE, A. J. O. Conscious and unconscious memory systems. **Cold Spring Harbor perspectives in biology**, v. 7, n. 3, p. a021667, 2015.

# CAPÍTULO 9

## DESVENDANDO A DOR: COMO ELA ACONTECE NO CORPO E NO CÉREBRO?

Lívia Maria Mendonça Ribeiro  
Clara Thereza Rodrigues Gomes  
Carla Patrícia Bejo Wolkers  
Welson Barbosa Santos

Sabe aquela dor latejante que você sente quando bate o mindinho no cantinho da porta? Ou quando encosta o dedo no forno quente quando vai assar aquele bolo delicioso? Você tem alguma ideia do porquê essa sensação terrível acontece? Essa sensação horrível que chamamos de dor acontece quando algo de errado no seu corpo é detectado, algo que pode causar uma lesão e ser um potencial risco para sua saúde e sua vida. Quando um estímulo nocivo é detectado na superfície do seu corpo, ou nos seus órgãos internos, ele é enviado ao seu cérebro, para o córtex somatossensorial, onde essa informação é processada e interpretada como uma sensação de dor.

Mas você deve estar se perguntando, se algo é tão ruim como a dor, por que precisamos sentir? Não seria melhor viver sem dor? Na verdade, a sensação de dor é essencial para a nossa sobrevivência. A dor é um importante mecanismo de defesa, que informa ao seu cérebro quando há algo de errado acontecendo com seu corpo. Isso permite que você se afaste das situações de perigo eminentes, e trate das lesões que possam ter ocorrido. Consideradas vezes, a dor é o que impede que você perca a própria vida. Pessoas portadoras de uma condição denominada insensibilidade congênita normalmente morrem nos primeiros anos de vida. Esta condição é causada por mutações gênicas que geram uma insensibilidade que impede que a pessoa sinta dor física. Para ela, qualquer pequeno problema, como uma apendicite, por exemplo, pode ser agravada e levar a morte, já que a dor não está presente para sinalizar que há algo de errado.

Daí nos indagamos: mas o que exatamente causa a dor? Quaisquer estímulos nocivos que resultem em uma lesão ou ferimento geram uma sensação de dor, podendo ser o frio, o calor, a pressão, a corrente elétrica e até mesmo os movimentos bruscos. Diferente de outros sistemas sensoriais, porém, o sistema sensorial para a dor é extremamente amplo: uma sensação dolorosa pode começar em qualquer parte do corpo. E outro aspecto importante: a percepção da dor é subjetiva e é influenciada por vários fatores. Um estímulo sensorial parecido pode induzir diversas respostas no mesmo indivíduo sob condições diferentes. Assim, não há um estímulo puramente “doloroso”, um estímulo sensorial que invariavelmente cause percepção de dor em todos os indivíduos (Purves et al., 2010).

A dor sempre instigou os seres humanos. Nos primórdios da humanidade, os povos primitivos compreendiam a dor causada por lesões físicas, mas as dores internas eram vistas de forma enigmática e associadas a forças sobrenaturais, como atividades demoníacas. Em outras culturas, como na China antiga, a dor era interpretada como resultado de desequilíbrios entre os fluidos corporais *Yin* e *Yang*, sendo tratada com práticas como a acupuntura. Esse entendimento intuitivo e simbólico da dor começou a ser questionado à medida que filósofos e estudiosos buscavam respostas mais racionais para este evento (Hoffmann, 2008).

No século IV a.C., Alcmeão, discípulo de Pitágoras, estudou os órgãos sensoriais e propôs que o cérebro, e não o coração, fosse a verdadeira sede das emoções, contrariando o pensamento predominante da época. Essa ideia pioneira foi lançada como base para o entendimento moderno do sistema nervoso e do papel central do cérebro. Avançando até o século XIX, o pesquisador Goldscheider defendeu a concepção de que a dor era o resultado de um estímulo intenso, marcando um passo importante para a compreensão dos mecanismos de percepção sensorial. Nesse mesmo século, Müller formulou a teoria da especificidade, apontando que cada modalidade sensorial tinha um caminho específico de condução no cérebro, o que aprofundou o conhecimento sobre como diferentes estímulos são processados (Hoffmann, 2008).

Já no século XX, Von Frey complementou essas descobertas ao descrever receptores específicos para cada tipo de sensibilidade, consolidando a ideia de que as sensações são transmitidas por vias e mecanis-

mos especializados. Esses avanços ilustram a evolução do entendimento sobre o papel do sistema nervoso na percepção e na experiência das emoções, trazendo uma visão mais detalhada e científica sobre a dor. Hoje conhecemos detalhadamente este sistema, incluindo os receptores responsáveis pela detecção dos estímulos nocivos, suas vias de condução, seu processamento central e, inclusive, seus mecanismos de modulação (Hoffmann, 2008).

Do ponto de vista fisiológico, a dor pode ser diferenciada em dor aguda, ou nociceptiva, e dor crônica. A dor aguda requer uma estimulação intensa de receptores específicos e que se manifesta temporariamente durante curto período, podendo durar horas, dias ou algumas semanas, e está relacionada a uma possível lesão de tecido ou órgãos e se resolve curando a lesão. Na dor aguda, podemos distinguir dois tipos de dores, a dor rápida também conhecida como “primeira dor”, sendo caracterizada como uma dor intensa e de curta duração que acontece imediatamente após uma lesão. Essa dor é transmitida rapidamente ao cérebro por fibras nervosas do tipo A $\delta$  que são mielinizadas e por esta razão promovem uma condução rápida da informação. A dor rápida é normalmente localizada com precisão e serve como um alerta para evitar o dano. Alguns segundos após a lesão também vamos apresentar a dor lenta, também chamada de “dor de queimação” que prolonga a resposta dolorosa e é transmitida por fibras amielínicas do tipo C, de condução lenta (Menescal-de-Oliveira, 2008).

Já a dor crônica ou patológica tem como característica a persistência das sensações dolorosas, acompanhada pela dificuldade para identificar a causa podendo ser resultado de uma doença crônica ou consequência de uma lesão mal curada; a dor crônica pode ser subdividida em neuropática ou inflamatória. A dor inflamatória é a inflamação do tecido periférico causado por uma lesão tecidual e destaca a importância do processo de cicatrização, ajudando o sistema imunológico a combater infecções e promover a recuperação, já a dor neuropática é uma disfunção no sistema nervoso central e periférico e pode se apresentar como dores espontâneas. Normalmente a dor neuropática é de difícil tratamento e pode impactar negativamente a qualidade de vida, exigindo medicações como analgésicos e terapia cognitivo-comportamentais (Menescal-de-Oliveira, 2008).

Bom, mas como a dor é percebida? Inicialmente, para que a dor seja percebida, ela precisa ser detectada por nosso organismo, assim como qualquer outro estímulo sensorial. Os receptores responsáveis pela detecção dos estímulos nocivos são os chamados nociceptores. Essas estruturas são responsáveis por transmitir sinais de estímulos nocivos ao sistema nervoso central, exercendo um papel fundamental na percepção e regulação da dor (Menescal-de-Oliveira, 2008; Purves et al. 2010).

Existem diferentes tipos de nociceptores, sendo sensíveis a estímulos térmicos, mecânicos e químicos, permitindo que o organismo detecte e responda a uma ampla variedade de estímulos potencialmente prejudiciais. Estes, estão localizados em diferentes tecidos e órgãos, e são essenciais para a nossa capacidade de sentir dor e responder apropriadamente a ela. Enquanto descrição, os nociceptores são terminações nervosas livres de neurônios sensoriais primários, que são ativados por estímulos que produzem lesão tecidual e consequentemente a sensação de dor (Menescal-de-Oliveira, 2008; Purves et al. 2010).

Existem três principais categorias de nociceptores, cada um especializado em detectar um tipo específico de estímulo de alta intensidade e transformá-los em sinais eletroquímicos que são conduzidos para o sistema nervoso central em forma de potenciais de ação. São eles os nociceptores mecânicos, os nociceptores térmicos e os nociceptores químicos. Os nociceptores mecânicos são responsáveis por detectar lesões físicas, e são ativados por estímulos mecânicos, como pressão ou trauma físico. Eles estão abundantemente presentes na pele e nos tecidos musculares (Menescal-de-Oliveira, 2008; Purves et al. 2010).

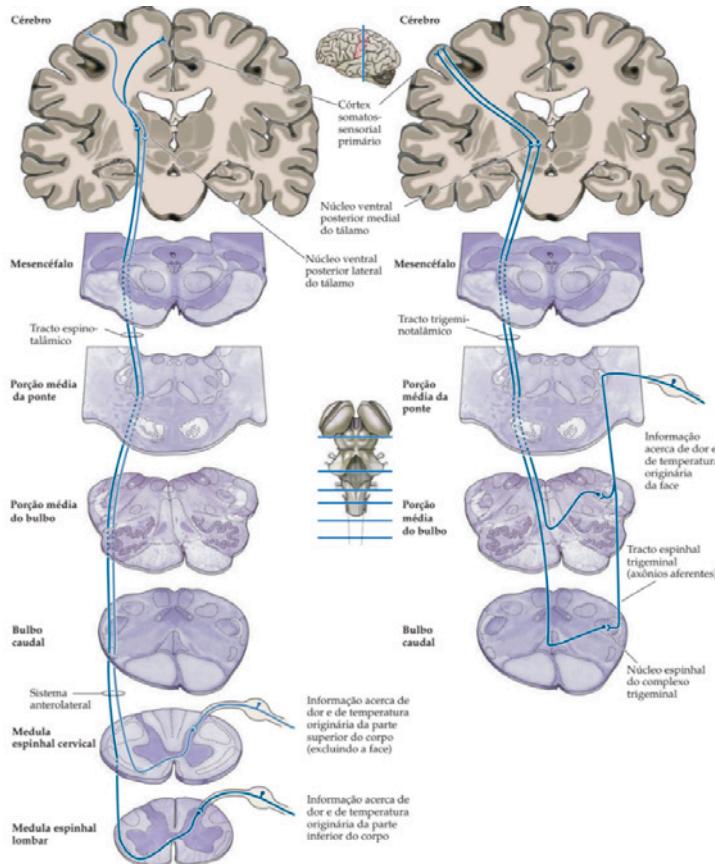
Os nociceptores térmicos, por outro lado, são sensíveis a estímulos de temperatura. Eles são ativados quando o corpo é exposto a temperaturas extremas, seja calor ou frio intenso. Eles se encarregam da detecção de queimaduras e congelamento. Por fim, os nociceptores químicos são sensíveis a substâncias químicas liberadas no local de uma lesão ou inflamação. Os mesmos são ativados por mediadores químicos, como a bradicinina e as prostaglandinas e desempenham um papel importante na sensação de dor, associada a processos inflamatórios.

A partir dos nociceptores periféricos a informação nociceptiva é levada à medula espinhal pelo neurônio sensorial e será enviada ao encéfalo

por meio dos tratos espinotalâmicos, que são formados por axônios de neurônios situados no corno dorsal da medula, cujos axônios decussam para a linha média e ascendem pela substância branca do funículo ântero-lateral. As informações passarão pelo núcleo talâmico ventral posterior lateral (VPL) e outros núcleos talâmicos medialmente, para, em seguida, serem encaminhadas ao córtex somatossensorial (Menescal-de-Oliveira, 2008; Purves et al. 2010).

Os tratos espinotalâmicos são classificados em lateral (neoespinotalâmico) e medial (paleoespinotalâmico), com projeções para diferentes regiões do tálamo. O trato lateral está relacionado ao elemento sensorial-discriminativo da dor, enquanto o medial está mais envolvido com o componente afetivo-motivacional. Os tratos espinorreticular, espinomesencefálico e espinohipotalâmico, também ascendem pelo funículo ântero-lateral e são importantes nos aspectos afetivos e motivacionais da dor, formando sinapses em estruturas do tronco encefálico (Menescal-de-Oliveira, 2008; Purves et al. 2010) (Figura 1).

Figura 1. Vias de condução da informação dolorosa



Fonte: Purves et al. (2019)

Mas a dor não é sempre igual. De fato, vários fatores podem influenciar no quanto um estímulo nocivo irá causar dor. Imagine um jogador de futebol, que em um lance do jogo lesiona o tornozelo. Ele sente dor, mas de imediato acredita que a lesão não seja grave já que a dor não é intensa e permanece jogando. Horas depois, quando “o corpo esfria”, como muitos leigos dizem, a dor aparece com tudo. O que aconteceu naquele momento inicial para que a dor não aparecesse em sua forma mais intensa? Um processo que denominamos de analgesia endógena. Trata-se de um mecanismo de modulação central da dor que nosso próprio organismo apresenta em situações em que sentir dor possa não ser adaptativo.

O entendimento deste processo de modulação central da dor foi significativamente expandido com a descoberta de que a estimulação de regiões do mesencéfalo, uma área localizada no tronco encefálico, pode proporcionar alívio da dor. Esse efeito ocorre através da ativação de vias descendentes que regulam a transmissão de sinais nociceptivos, principalmente no corno dorsal da medula espinhal. A substância cinzenta periaquedutal, uma área localizada no mesencéfalo, é uma das principais responsáveis por esse processo analgésico. Estímulos elétricos nessa região não só produzem analgesia comportamental, mas também inibem a atividade de neurônios nociceptivos na medula espinhal (Menescal-de-Oliveira, 2008; Purves et al. 2010).

Além da substância cinzenta periaquedutal, outras áreas do tronco encefálico, como o núcleo parabraquial, a rafe dorsal, o *locus ceruleus* e a formação reticular bulbar, também tem um papel muito importante na modulação da dor. Essas áreas utilizam neurotransmissores como nora-drenalina, serotonina, dopamina, histamina e acetilcolina para influenciar a atividade neuronal no corno dorsal da medula espinhal. As projeções dessas vias podem ter efeitos facilitadores ou inibitórios sobre os neurônios que transmitem sinais de dor, modulando a intensidade e a percepção da dor. A complexidade dessas interações destaca como os centros encefálicos superiores podem regular a percepção da dor de maneira adaptativa e dinâmica (Menescal-de-Oliveira, 2008; Purves et al. 2010).

E a modulação da dor não é realizada apenas através das projeções descendentes do tronco encefálico, mas também pode acontecer por meio de interações locais no corno dorsal da medula espinhal. A ativação de mecanorreceptores do tato, que realizamos ao massagear a área dolorosa, faz com que o indivíduo sinta menos a dor aguda. Fazemos isso intuitivamente: quando batemos o mindinho no canto da porta, imediatamente massageamos o local. Esta é uma forma de aliviar a dor, pois essa massagem promove a inibição das vias nociceptivas na nossa medula espinhal. Este mecanismo foi denominado como teoria do portão da dor, e foi proposto por dois pesquisadores: Melzack e Wall (Menescal-de-Oliveira, 2008; Purves et al. 2010).

Outro marco importante na compreensão dos mecanismos que modulam a sensação dolorosa foi a identificação dos opioides endógenos,

que são substâncias produzidas pelo próprio corpo com propriedades analgésicas. Apesar do uso de opioides exógenos, extraídos do ópio, como a morfina, por exemplo ser muito difundido, até a década de 1960 não se conhecia substâncias endógenas que tivessem efeitos similares à morfina. Foi neste período que os primeiros receptores opioides no sistema nervoso central foram identificados, revelando a existência de peptídeos endógenos, como as encefalinas, endorfinas e dinorfinas (Menescal-de-Oliveira, 2008; Purves et al. 2010).

Esses peptídeos são as substâncias que são liberadas quando nosso sistema analgésico endógeno é ativado e atuam para reduzir a percepção da dor, modulando a atividade dos neurônios nociceptivos. Trata-se de substâncias que agem em receptores opioides do SNC, diminuindo a transmissão de sinais dolorosos para os centros superiores. E, como pudemos perceber, a dor é uma sensação complexa e vital para a nossa sobrevivência, sendo um dos principais mecanismos do nosso sistema de defesa que alerta o organismo sobre possíveis danos aos tecidos ou órgãos. Assim, embora seja desagradável, ela é crucial para evitar ferimentos graves e ameaça à vida.

Se temos uma descrição, tanto anatômica quanto fisiológica, da dor, o desafio que nos segue é: como ampliar a proposta, ajustando-a a demanda de entendimento e assimilação, tanto pelo estudante de graduação que aprende no correr dos componentes curriculares eletivos em sua formação, e ainda o ajustá-la no caso das licenciaturas. Quanto a forma e do saber a ser repassado, poder ser de alcance do aluno escolar é parte desse desafio. Diante desse empreito, o caminho foi fazer o movimento de construção de um saber denominado de saber escolar, questão e desafio aos educadores envolvidos. O que esses licenciandos pensam sobre esse movimento? Como essas experiências e movimentos tem nos auxiliado?

*Para mim foi uma experiência sensacional. Considerando um projeto que foi desenvolvido em grupo com o propósito de auxiliar e deixar o conteúdo mais didático, acessível ao aluno escolar. E por que fomos trabalhar a dor? A escolha desse tema se deu pela sua importância no contexto educacional. Poder explicar um conteúdo tão complicado e complexo para alunos tão novos. Isso foi algo sensacional, adorei as práticas que cada tema propôs, principalmente a que foi pensada para o tema sobre a dor. Refletindo a fundo a parte mais*

interessante foi explicar a matéria de anatomia para os professores da escola. Isso me trouxe um brilho, vendo o interesse tão imenso deles pelo projeto e pela forma que foi dada a didática, a curiosidade que vieram para ver os modelos 3DR que levamos. Fantástico ver os alunos tiraram fotos das peças para olharem melhor depois. Isso foi realmente sensacional e de tirar o fôlego. (**Clara Thereza Rodrigues Gomes**—estudante do terceiro período – licenciatura em biologia).

Figura 2 – Modelo 3DR do córtex somatossensorial



Fonte: Imagens Enzo Oliveira Gonçalves – LAEN – UFU

O modelo construído (Figura 2) traz um pouco desse desafio, mas para além disso, buscando descrever o projeto, o planejamento envolveu diferentes etapas. Em grupo, usa-se materiais muito fáceis de serem encontrados. O isopor já em alguns formatos facilitadores, como esferas compactas de diferentes tamanhos sempre é o ponto de partida. Para dar textura utiliza-se cordão, crochê e *biscuit* para fazer os detalhes. Já as cores usam-se tinta guache diluída em  $\frac{1}{2}$  de água e  $\frac{1}{2}$  de cola para dar brilho, durabilidade, facilitar limpeza e melhor acabamento. As ferramentas utilizadas foram pincéis, as mãos que esculpem primariamente e *biscuit* de revestimento e produção de certas formas. O projeto foi pensado com base em metodologias ativas, buscando envolver os alunos de forma participativa e inclusiva, trazendo práticas de cada tema e melhor entendimento antes de executá-lo. Nesse processo,

*Um dos desafios foi montar uma prática do tema da dor. No tema, ela incluía o sensorial do tato, usando um compasso. Pedíamos para que o participante fechasse os olhos, em seguida colocava as duas pontas do compasso no dedo, logo em seguida da resposta (o participante sentia dois toques do compasso) eu apresentava o compasso para reforça que a resposta estava correta. Adiante, pedia novamente que o participante fechasse os olhos e virasse de costas, e novamente colocava as duas pontas do compasso, e perguntava quantas pontas ele sentia em suas costas (o participante sentia apenas um toque do compasso). Essa prática mostrava que em lugares maiores do nosso corpo, os campos sensoriais são maiores e por isso não sentimos tanto o toque, e em lugares menores, mais estratégicos, como as pontas dos dedos, trata-se de regiões corporais mais sensíveis, sendo assim, com mais campos sensoriais. Vale reforçar que o campo sensorial do tato recebe a informação no mesmo lugar onde é recebida a informação da dor. (Clara Thereza Rodrigues Gomes – estudante do terceiro período – licenciatura em biologia).*

Se a prática cumpria seu papel para melhor entendimento fisiológico, ainda havia o maior desafio que foi a experiência em fazer um modelo 3DR, que de antemão, representasse o cérebro e a dor. Os momentos descontraídos de trabalho coletivo, a dinâmica do pensar juntos até fechar o caminho que se adotará e o trabalho coletivo que dá início as produções. A dinâmica laboratório é algo a se destacar. Há também os momentos em que se chega a pensar que não será possível conseguir terminar a tempo e a correria para fazer e terminar acabamentos. Isso porque se tem data de início, de apresentarmos os primeiros movimentos e de conclusão, agenda feita e apresentada no primeiro dia dos componentes, no início do semestre. Vale ressaltar que o trabalho interdisciplinar entre os professores é o ponto de partida. Eles estão juntos nas primeiras semanas e apresentam a proposta juntos, cada um a seu saber e papel no projeto. O científico ocorre no laboratório de Anatomia e Fisiologia Humana e o pedagógico no laboratório de ensino.

*No decorrer, os momentos de reflexão e de relaxamento, são pontos marcantes. Podemos afirmar que além desse projeto ser ótimo para o ensino nas escolas, é também uma ótima prática para nós, futuros professores. Esse momento de criar não é apenas um momento de fazer algo para o ensino, mas*

*é também um momento de aliviar das preocupações da vida pessoal e acadêmica. Essa é uma concepção que partilhamos enquanto ocupamos espaços de trabalho nos laboratórios. Colegas e amigos de classe que também vivem e experimentam esse desligamento do estresse por tratar-se de trabalho lúdico. Os ótimos períodos de criação nos deixam muito felizes. (Clara Thereza Rodrigues Gomes— estudante do terceiro período – licenciatura em biologia).*

Momentos divertidos e descontraídos afloram o lado criativo, reforçam a imaginação para as criações dos modelos 3DR. Porque é desafio de confiança mútua no decorrer de um projeto que tem duração de mais de dois semestres, do planejamento inicial, pelos coordenadores, até execução e o chegar à escola, ao fim.

A narrativa que se pode observar ao fim é de atingir aos objetivos traçados, de experiência válida tanto no campo pedagógico quanto no científico acadêmico dos componentes curriculares tidos como duros. Outro fato a destacar junto ao projeto, é ver professores escolares, pessoas mais experientes que os graduandos, ficarem surpresos e transformar vivência em formação continuada à suas vidas e carreiras, isso é algo muito significativo. Assim, a sensação de direção correta do aprendizado em cadeia, universidade, graduandos, escola e alunos escolares torna-se a marca central da proposta executada.

*Vale considerar que o projeto nos permite em duas situações distintas, revivê-lo. Um primeiro momento logo que entramos na universidade, outro momento, já na quase metade da formação. Poder mostrar aos alunos, estando na escola nos deixam desafios, o de perceber que o ensino realmente tem falhas, e são falhas gigantescas. Um aprendizado a se preservar é o de que que todo estudante da escola deveria ter um ensino descomplicado e descomplicador. O uso dos modelos 3DR é uma forma e caminho. As peças 3DR, unido com práticas da disciplina ensinadas, são métodos que os jovens aprenderiam com todos os sentidos, como tato, visão, audição, olfato e paladar, porque podemos e exploraros tudo isso na produção de um modelo, ele é inclusivo. Certamente, isso traria um aproveitamento de ensino e o tornaria mais ajustado e aplicado a vida. (Clara Thereza Rodrigues Gomes— estudante do terceiro período – licenciatura em biologia).*

## REFERÊNCIAS

- PURVES, Dale et al. **Neurociência**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019.
- HOFFMAN, A. Reflexões sobre a dor. *In:* LICO, M. C. et al. **Reflexões em torno da dor**. Ribeirão Preto: FMRP-USP, 2008.
- MENESCAL-DE-OLIVEIRA, L. Neurobiologia da dor e da analgesia. *In:* LICO, M. C. et al. **Reflexões em torno da dor**. Ribeirão Preto: FMRP-USP, 2008.

# CAPÍTULO 10

## ORQUESTRA HORMONAL: COMO O CORPO REGULA SUAS FUNÇÕES

Carolina de Nicola Bassan

Júlia de Paulo Amorim

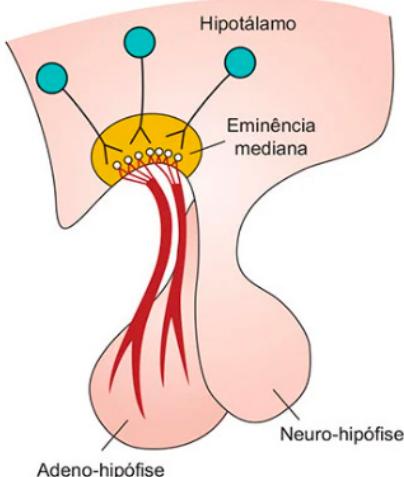
Kananda Andreina Ribeiro

Carla Patrícia Bejo Wolkers

Welson Barbosa Santos

O ato de uma mãe amamentar o seu bebê, a sensação de sentir sede em um dia quente, as mudanças de humor enfrentadas durante o ciclo menstrual e até mesmo a sensação de náusea sentida após andar em uma montanha russa são experiências comuns vividas pelos seres humanos, e são resultado da liberação de hormônios que acontece sob controle de um sistema neuro-hormonal extremamente importante para a nossa sobrevivência: o eixo hipotálamo-hipófise (Figura 1). Este eixo é a interface entre sistema nervoso e sistema endócrino e constitui-se no principal mecanismo de controle hormonal em nosso organismo, controlando uma infinidade de funções orgânicas, como a homeostase, a reprodução, o metabolismo, o crescimento e a adaptação ao estresse (Aires, 2018).

Figura 1. Eixo Hipotálamo-hipófise



Fonte: Mourão Junior; Abramov, 2021.

Mas para entender como este sistema controla o funcionamento do nosso organismo, primeiro precisamos entender quem são os componentes deste sistema, começando pela glândula hipófise. Ela é considerada a glândula mestra do nosso corpo por estar envolvida em praticamente todas as nossas funções endócrinas, desde a homeostasia até a reprodução, devido a diversidade de hormônios que ela secreta. De fato, quando há falência da hipófise (ou hipopituitarismo), a qualidade de vida do indivíduo diminui, podendo até levar à morte. Trata-se de uma pequena glândula localizada na base do encéfalo, em uma concavidade do osso esfenoide chamada “cela túrcica”. Ela mantém-se conectada, por meio da haste hipofisária ou pedúnculo hipofisário, ao sistema nervoso central (SNC), mais precisamente ao hipotálamo. Essa glândula está dividida em basicamente duas porções, a hipófise anterior ou adeno-hipófise e a hipófise posterior ou neuro-hipófise (Hall, 2012).

A adeno e a neuro-hipófise distinguem-se em sua função e são compostas por células de origens embriológicas diferentes. A adeno-hipófise é derivada da bolsa de Rathke, ou seja, de uma invaginação do teto da cavidade oral, e as suas características morfológicas são de células epiteliais. Já a neuro-hipófise, deriva-se de uma projeção do terceiro ventrículo cerebral e constitui-se em um aglomerado de células gliais, chamadas pituíctos, e

axônios, cujos corpos celulares estão localizados em grupos específicos no hipotálamo. Devido a essa diferença estrutural o funcionamento de cada uma das partes da hipófise também é diferente (Aires, 2018).

A adeno-hipófise é composta por cinco tipos de células endócrinas com características fenotípicas distintas, as quais surgem ao longo do desenvolvimento embrionário na seguinte sequência: corticotrofos, tireotrofos, gonadotrofos, somatotrofos e lactotrofos, cuja função na produção hormonal é controlada por hormônios produzidos pelo hipotálamo. Essas células são responsáveis, respectivamente, pela síntese e secreção de hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), hormônio tireotrófico (TSH), gonadotrofinas (hormônio luteinizante ou LH e hormônio folículo estimulante ou FSH), hormônio do crescimento (GH) e prolactina (Prl). Além disso, certos peptídeos biologicamente ativos, como as lipotrofinas e os opiáceos endógenos, que resultam do processamento pós-traducional da molécula da proopiomelanocortina (POMC), também têm sua origem na adeno-hipófise (Aires, 2018).

Mas quais as funções destes hormônios adeno-hipofisários?

Estes hormônios têm a função de controlar a liberação hormonal de outras glândulas periféricas, como a tireoide, a adrenal, as gônadas, o fígado e as mamas, por meio de uma modulação vertical denominada eixo hipotálamo-hipófise-glândula. Vamos entender um pouco sobre cada um destes hormônios, como são produzidos e regulados pelo eixo.

O hormônio do crescimento (GH) é um hormônio proteico responsável pelo crescimento linear, ou seja, ele estimula a divisão celular na cartilagem dos ossos longos, promovendo o crescimento. Quando desregulado, podemos observar distúrbios como o nanismo ou o gigantismo. O GH também é responsável pela reposição de proteínas nos tecidos, sendo um hormônio que aumenta o anabolismo proteico e gera equilíbrio nitrogênado positivo. Outro papel desse hormônio é de promover a utilização de gordura como energia, podendo aumentar a massa magra corporal, além de inibir a utilização de carboidratos como fonte de energia. A secreção do GH torna-se elevada na fase de puberdade, reduzindo na fase adulta, sendo controlada por dois hormônios hipotalâmicos, o hormônio estimulador (GHRH) e o hormônio inibidor (somatostatina). Sua produção é mais elevada durante o sono, em situações de jejum e privação de proteínas e também durante exercícios e situações de estresse (Hall, 2012; Aires, 2018).

Outro hormônio proteico pode ser exemplificado no cotidiano: quando vemos uma mãe amamentando seu bebê, também estamos vendo a ação de um hormônio com um forte papel na amamentação, denominado prolactina (PRL). Ele exerce ações especiais na preparação e manutenção da glândula mamária para a secreção de leite. A regulação da PRL ocorre por meio da liberação de hormônios hipotalâmicos sendo inibida pela dopamina de forma mais significativa, e pelo GABA. Há certos fatores hipotalâmicos que estimulam a secreção de prolactina, como o TRH e a serotonina. A serotonina parece ser o principal mediador da sua liberação, sendo estimulada pela sucção do seio (Hall, 2012; Aires, 2018).

Já a respeito dos hormônios glicoproteicos, podemos citar o hormônio tireotrófico (TSH) ou hormônio tireoestimulante sintetizado nos tireotrofos que regula o funcionamento da glândula tireoide, modulando a produção dos hormônios triiodotironina (T3) e tiroxina (T4), principais mediadores do metabolismo. De fato, os níveis plasmáticos dos hormônios tireoidianos devem ser regulados de forma ideal para que a atividade metabólica no organismo seja corretamente equilibrada, sendo esta regulação exercida pela hipófise, que, por sua vez, é controlada pelo hipotálamo. Neste eixo, a hipófise secreta o TSH em resposta ao hormônio liberador de tireotrofina (TRH), produzido pelo hipotálamo, que irá estimular a glândula tireoide a secretar seus hormônios. Já os níveis de T4 e T3 no sangue controlam essa secreção por meio de um mecanismo de *feedback* negativo. O TSH também tem efeitos a longo prazo no crescimento da glândula tireoide, promovendo o aumento do fluxo sanguíneo e o estímulo de hipertrofia e hiperplasia de células foliculares. A estimulação a longo prazo do TSH causa um aumento da tireoide, enquanto na sua falta, observamos uma atrofia severa da glândula (Hall, 2012; Aires, 2018).

Já o LH e o FSH são hormônios gonadotróficos, também chamados de hormônios foliculoestimulante (FSH) e hormônio luteinizante (LH). Esses hormônios atuam principalmente nas gônadas, promovendo seu crescimento e diferenciação, para que desempenhem suas funções reprodutivas e endócrinas. O FSH atua nas gônadas femininas estimulando o crescimento e a maturação dos folículos ovarianos, como também na síntese dos esteroides sexuais femininos, os estrógenos, através das células da granulosa. Sob a influência do FSH, essas células também sintetizam peptídeos como inibina, ativina e folistatina, que são essenciais para regular a produção de

esteroides ovarianos e a maturação do gameta feminino, agindo nos níveis endócrino, parácrino e autócrino. A inibina também atua como um regulador importante da secreção de FSH pelas células gonadotróficas, exercendo efeitos inibitórios. O LH e FSH agem conjuntamente durante o período de desenvolvimento dos folículos ovarianos. O LH promove a ovulação, que acontece por volta do meio do ciclo menstrual feminino, e também estimula a produção de progesterona. Antes da ovulação, a progesterona é produzida pelas células da teca, e depois, pelo corpo lúteo. No testículo, o FSH promove a espermatogênese ao atuar nas células de Sertoli, que produzem inibina. Já o LH atua nas células de Leydig, estimulando a secreção do hormônio sexual masculino, a testosterona (Hall, 2012; Aires, 2018).

O ACTH, também conhecido como hormônio adenocorticotrofo, é um polipeptídio, sintetizado nas células corticotróficas da adeno-hipófise, que age nas células das glândulas adrenais ao se ligar a receptores na membrana, ativando vias de sinalização internas que levam à produção de glicocorticoides, mineralocorticoides e esteroides androgênicos, especialmente o cortisol, que tem sua secreção elevada em situações de estresse (Hall, 2012; Aires, 2018).

Já a neuro-hipófise, diferentemente da adenófíse, não contém células endócrinas produtoras de hormônios, não sendo, portanto, uma porção endócrina. Esta região da hipófise contém terminações nervosas pertencentes ao trato hipotálamo-neuro-hipofisário, que estão intimamente ligadas a uma densa rede de capilares. Nessas terminações são armazenados os hormônios da neuro-hipófise, o hormônio anti-diurético (ADH) e a ocitocina, cuja produção é realizada nos corpos celulares dos núcleos supraópticos (NSO) e paraventriculares (NPV) do hipotálamo, sendo a liberação é desencadeada por potenciais de ação gerados nestes neurônios (Hall, 2012; Aires, 2018).

O ADH tem a função de regular a osmolaridade do sangue. Em sua ausência, temos aumento da diurese, com a produção de uma urina diluída pois, sem o ADH os túbulos e ductos coletores renais são praticamente impermeáveis à água, o que impede uma grande reabsorção de água nessa parte do néfron. A liberação de ADH é controlada por osmorreceptores no hipotálamo, que enviam sinais nervosos para os núcleos supraóptico e paraventricular. A respeito de eventos corriqueiros, diversos fatores podem influenciar a secreção de ADH. Além dos citados anteriormente, a hipertensão, náusea, dor e estresse contribuem para o aumento na produção hormonal. Em contrapartida, a sua diminuição pode ser exemplificada

após o uso de algumas substâncias, como a morfina, a nicotina e o álcool. O ADH também contribui para a manutenção da pressão sanguínea por contribuir com a regulação do volume sanguíneo (Hall, 2012; Aires, 2018).

Já oocitocina é um hormônio que desempenha um papel significante na lactação, por gerar a ejeção do leite, através da sucção do mamilo. A sucção desencadeia um reflexo que estimula as células neuroendócrinas com oocitocina nos núcleos supraóptico e paraventricular, levando à liberação de oocitocina pela neuro-hipófise. A oocitocina no sangue então provoca a contração das células mioepiteliais, o que inicia a saída do leite. A oocitocina também ajuda no processo do parto. Ela provoca a contração das células musculares lisas do útero, e essa resposta se torna mais intensa devido aos níveis de estrogênio no sangue, que aumentam durante a gravidez. No trabalho de parto, a descida do feto pelo canal vaginal ativa os mecanorreceptores do colo do útero, que enviam sinais aos núcleos supraóptico e paraventricular, desencadeando a liberação de oocitocina. A liberação de oocitocina, por sua vez, auxilia no trabalho de parto ao intensificar as contrações uterinas (Hall, 2012; Aires, 2018).

Como pudemos perceber, o eixo hipotálamo-hipófise tem um profundo efeito sobre o funcionamento do nosso corpo, controlando quase todas as nossas funções orgânicas direta ou indiretamente. Esta íntima relação anatomo-funcional entre estas duas estruturas promove um controle hierárquico de nossas glândulas endócrinas, orquestrando as liberações hormonais como um grande maestro rege os instrumentos de uma orquestra. E, diante do descrito temos o desafio: como transformar tal discussão em uma temática acessível para um aluno escolar? Que caminhos tomar, que saberes aprofundar, que ajustes fazer? Assim, a descrição que segue traz um pouco desse caminho assumido no decorrer do projeto, visando alcançar escola e alunos no fim do processo. Isso porque,

*Retornar a escola é sempre um misto de emoções: a ansiedade toma conta quando a primeira turma entra na sala, mas logo se dissolve ao percebermos o interesse genuíno dos alunos e o quanto nos preparamos para isso. É fascinante notar que, para eles, essa experiência tem um significado ainda maior do que para quem a levou até lá, isso porque para nós, a frente do projeto, meses a fio, o significado começa um semestre antes, e termina um semestre depois, quando vamos narrar a experiência de forma escrita. Importante reconhecer que*

*na escola, cada pergunta feita pelos alunos, cada expressão de curiosidade ao descobrirem algo novo, torna o momento ainda mais especial. O brilho nos olhos de quem comprehende um conceito pela primeira vez é indescritível, para nós como graduandos e graduandas de uma licenciatura. A experiência de compartilhar conhecimento dessa forma é simplesmente incrível. (Julia de Paulo Amorim – estudante do terceiro período – licenciatura em biologia)*

Assim, como fundamento central desse trabalho, como já bem descrito inicialmente, ao traçar um dado projeto sabe-se que o desafio está no transformar conteúdos complexos e de difícil entendimento, pelos amplos saberes acadêmicos que o envolve, convertendo-os em saberes mais acessíveis. Não se trata simplesmente de trazê-lo por uma descrição mais amena, esse movimento já é feito, quando diante dos conteúdos nos laboratórios de Anatomia e Fisiologia na universidade. O empreito é de que forma será a produção de um modelo e caminhos didáticos que auxilie no seu mais amplo entendimento.

Figura 2 – Modelo 3DR do eixo Hipotálamo-Hipófise



Fonte: Laboratório de Ensino de Ciências – LAEN - UFU

Diante desse desafio, um fundamento é o entendimento de que há dificuldade dos alunos em compreender conceitos complexos de biologia por diferentes razões. Um desses estão nas estruturas microscópicas cerebrais e o amplo e complexo funcionamento do mesmo no sistema nervoso. É histórica a argumentação de que alunos enfrentam dificuldades para imaginar tantas estruturas pequenas e sua rede de função e ação. Santos

et al (2018) e Santos et al (2025), sinaliza que a percepção das formas tridimensionais é de difícil percepção e, quando estruturas de forma maior, tal ponte de entendimento acontece. O cérebro e suas partes internas, como hipófise e hipotálamo é um caso assim.

Diante de tal desafio, a proposta é uma solução prática e visual para facilitar esse entendimento e o que motiva o projeto aqui apresentado. Como sempre o é devido tratar-se de uma construção que parte de imagens planas de livros e consultas ao google, o processo de confecção tem seu momento e ponto desafiador. Nesse processo é preciso garantir que cada peça seja fiel à anatomia e, ao mesmo tempo, acessível e interessante para os alunos. Enfrentar dificuldades com a proporção das estruturas, algo que consome semanas a fio sobre o mesmo modelo é um marco desse projeto quando em ação, por isso acontece no decorrer de todo um semestre. Mas superado isso, ajustando o processo de modelagem, o que resulta são modelos detalhados e adequados ao objetivo, a partir de aprendizados e técnicas que na medida que se produz, vai se aperfeiçoando.

No compasso da construção, após o estudo das estruturas, sua localização e formato, iniciou-se a etapa de produção. O objetivo era reproduzir os modelos com o máximo de fidelidade às referências, a partir da visão de quem vai apresentá-lo. Uma questão que marca esse início de produção dos modelos é que não há como fazê-lo, se o coletivo não auxiliar percebendo onde estão as fragilidades da peça em construção.

*É nessa interação de avaliação e reavaliação contante e diária que avançamos. O processo de produção da conexão hipófise – hipotálamo levou cerca de dois meses para sua tecitura. No mesmo compasso em que todas os demais modelos 3DR do projeto fossem concluídas, processo que, como descrito, é coletivo, colaborativo, interativo. Cada etapa exigiu muito cuidado, desde o planejamento até a execução, para que os modelos sejam precisos, atraentes, autoexplicativos, duráveis, reutilizáveis, higienizáveis. (Julia de Paulo Amorim – estudante do terceiro período – licenciatura em biologia)*

Uma vez finalizadas, avança-se na preparação do conteúdo que seria apresentado aos alunos na escola. Interessante que o processo é lúdico e, à medida que se pensa no modelo e iniciada sua feitura, isso só se torna possível a partir da busca por entendimentos pormenorizados da anatomia e fisiologia do que se quer e pretende. Trata-se de um trabalho que, sem

perceber, desencadeia uma construção de saber por que exige o tempo todo o dialogar com o grupo que trabalha junto, exige o revisitá-los referenciais teóricos e descritivos. É esse movimento que faz parar, refazer e até redirecionar formas, devido as funções que se vai percebendo existir. Trata-se de um movimento curioso e produtivo.

Mas, vem adiante os outros e últimos desafios, o objetivo de transformar um tema denso, como o funcionamento da hipófise, em algo simples e de fácil entendimento. A hipófise, devido à sua importância no funcionamento do sistema nervoso e hormonal é complexa, e ajustá-la a sala de aula escolar não é trabalho simples. Aí surgem algumas perguntas: como recortar o que é importante para o aluno escolar? Como dar sentido ao saber para ele? Que recorte se faz de forma a dar entendimento legítimo e significativo, sem perder a centralidade de uma glândula de significado tão grande? Não é à toa que ela é chamada de glândula mestra.

*Com tudo finalizado, após o tempo de dedicação e preparação, chegou finalmente o momento de entregar o trabalho na sala de aula na escola, diante dos alunos. Vale reforçar que à medida que o tempo avança, a confiança aumenta, tanto na produção nos laboratórios da universidade, quanto uma vez já na escola. Nas apresentações, turmas entram e saem, e a dinâmica da apresentação flui cada vez melhor. Quando o dia termina, a sensação de dever cumprido toma conta. É nesse momento que percebemos que todo o esforço, dedicação e trabalho valeram a pena. (Kananda Andreina Ribeiro – estudante do primeiro período – licenciatura em biologia)*

Vale considerar que o trabalho leva partes auxiliadoras que completam e complementam a proposta. No Cérebro Descomplicado, como em outras propostas que já vivenciamos isso é o comum. Como é como já é hábito, além da teoria, leva-se atividades práticas para complementar o conteúdo e auxiliar em seu entendimento aplicado a vida. No caso específico da hipófise, juntamente com os modelos tridimensionais, mostrou-se o caminho percorrido pelos hormônios do hipotálamo até a hipófise. Para ilustrar de forma mais concreta o funcionamento da ocitocina, o modelo 3DR de útero para explicar onde esse hormônio atua, especialmente em processos como o trabalho de parto e a amamentação foi algo de valor agregado para além do cérebro. Houve ainda outros recursos interessantes de prática que se vive no dia a dia em casa e que não é comum a conectividade que há como a hipófise.

*Curioso é que o conjunto dos temas levam exemplo variados, cada um o seu. Consideremos a pipoca com bacon, que foi utilizada para explicar como o cheiro da comida pode ativar as estruturas responsáveis pela sensação de fome no cérebro, estimulando o apetite. Além disso, levamos colchonetes e música relaxante para simular um ambiente que poderia motivar o sono, exemplificando como certos estímulos, como sons relaxantes, podem ativar áreas do cérebro relacionadas ao descanso e relaxamento. (Julia de Paulo Amorim – estudante do terceiro período – licenciatura em biologia)*

Essas atividades práticas ajudam a tornar os conceitos mais tangíveis e facilitam a compreensão dos alunos sobre o impacto dos hormônios no corpo humano, tornando o aprendizado mais dinâmico e interativo. Sim, isso permite perceber que o conhecimento torna-se interdisciplinar, avança para vários campos ao mesmo tempo, permitindo até graduandos, adentrar tranquilamente as perspectivas de valor dos saberes e de seu maior significado quando ajustado a outros saberes dentro da perspectiva interdisciplinar.

*O projeto proporciona uma experiência enriquecedora. A interação com os alunos e o interesse demonstrado ao explorar temas como os hormônios e suas funções algo de valor extremamente positivo, antes de ser a eles, é a nós. O primeiro significado começa em nós, no desafio de prepará-lo para chegar lá. As atividades, como a demonstração dos efeitos com cheiro, comidas, músicas, tornam o aprendizado mais concreto e envolvente. (Kananda Andreina Ribeiro – estudante do terceiro período – licenciatura em biologia)*

## REFERÊNCIAS

- AIRES, M. M. **Fisiologia**. 5<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.
- HALL, J. E. **Fundamentos de Fisiologia Médica**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier. 12 ed., 2012.
- MOURÃO JÚNIOR, C.A.; ABRAMOV, D.M. **Fisiologia Humana**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021.
- SANTOS, W. B. et al. **Modelos 3DR nas Ciências da Natureza: um repensar do Capital Cultural na escola do campo**. Goiânia: Kelps, 2019.
- SANTOS, W. B. et al. **Modelos tridimensionais reais nas ciências da natureza: quebrando paradigmas e repensando os objetos da didática na formação de professores**. Curitiba: Editora Bagai, 2025.

# CAPÍTULO 11

## DO TIKTOK A NICOTINA: SISTEMA DE RECOMPENSA EM AÇÃO

Ian Minello de Brito  
Caroliny Cardoso Trevisan  
Natália Coelho Batista  
Carla Patrícia Bejo Wolkers  
Welson Barbosa Santos

Comumente na sociedade e em nosso cotidiano, nos vemos bebendo *Coca-Cola*, comendo chocolate, assistindo televisão, jogando videogame, nos divertindo assistindo vídeos no *TikTok*... e achamos estes comportamentos totalmente normais, mas, quando vemos pessoas fumando, apostando dinheiro, usando drogas ilícitas ou bebendo bebidas alcoólicas, olhamos este “vício” com desprezo e até mesmo com pena. A verdade é que nem sempre esses dois tipos de pessoas são diferentes, pois o sistema de recompensa atua de maneira muito similar nos dois exemplos dados. Ou vocês não passam horas e horas rolando os vídeos do *TikTok* para se alienar e desestressar frente às dificuldades do mundo real, sem largar um segundo? E quando veem já se passaram horas, não é mesmo? Qual a real diferença se compararmos a um fumante que necessita do cigarro quase a todo momento para se acalmar e relaxar? Neste contexto, podemos ver que o prazer que o sistema de recompensa nos dá em nosso corpo, age de formas parecidas em situações diferentes.

O sistema de recompensa e suas funções instigam os pesquisadores há décadas, desde sua descoberta que aconteceu de forma totalmente acidental. Em 1954, os pesquisadores James Olds e Peter Milner da Universidade McGill, no Canadá, fizeram um experimento utilizando ratos e eletrodos de metal para estudar melhor o cérebro e acabaram descobrindo o sistema de recompensa, assim, meio sem querer. Na verdade, esses pesquisadores estavam buscando regiões encefálicas que causassem aversão nos ratos, mas durante a pesquisa se depararam com um resultado diametralmente

oposto. No experimento ratos machos foram colocados em caixas de Skinner. Este tipo de aparato permite que os ratos, ao apertarem uma alavanca, recebam algum tipo de estímulo. Neste caso, o estímulo fornecido era uma corrente elétrica diretamente em seu cérebro. Para a grande surpresa dos pesquisadores, os ratinhos gostaram de se autoestimularem, e gostaram muito.

Depois dos experimentos, a análise do cérebro dos ratos demonstrou que os eletrodos tinham sido colocados em uma área denominada de área septal. Este foi o primeiro experimento a demonstrar que havia alguma parte do cérebro responsável por reagir a esses estímulos causando um reforço positivo, que hoje conhecemos como o sistema de recompensa. Quando algo nos agrada e ganhamos algum benefício, repetimos mais e mais essa ação, a fim de nos “recompensar”.

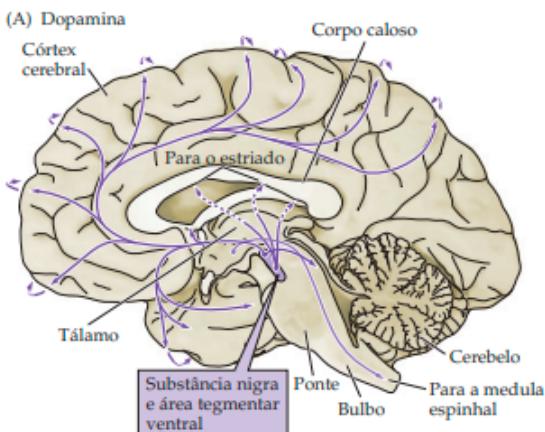
Hoje sabemos que o sistema de recompensa do cérebro é uma parte neurológica complexa que regula comportamentos relacionados à motivação, prazer e aprendizagem. As principais áreas do cérebro envolvidas são a área tegmental ventral (VTA), o *núcleo accumbens* (NAc) e o córtex pré-frontal (PFC). A VTA, localizada no mesencéfalo, contém neurônios dopaminérgicos que desempenham um papel essencial na modulação da motivação e prazer. O NAc, situado no estriado ventral, é o principal alvo da dopamina e é crucial para a sensação de recompensa e o reforço comportamental. Já o córtex pré-frontal é responsável pela tomada de decisões e controle inibitório, ajudando a avaliar e planejar comportamentos com objetivos certos (Purves et al., 2010; Berridge; Kringelbach, 2015).

Outras regiões também participam, como a amígdala e o hipocampo, contribuindo para a resposta emocional e a memória associada às recompensas. Então, como nós pudemos ver, a dopamina parece ser um neurotransmissor crucial neste sistema. De fato, a dopamina é um neurotransmissor que regula funções como movimento, humor, atenção e, principalmente, o sistema de recompensa. Produzida em regiões como a VTA, substância negra e o hipotálamo, ela atua em diferentes vias dopaminérgicas, como a via mesolímbica e a via nigroestriatal (Purves et al., 2010).

Na via mesolímbica, que conecta a VTA ao NAc, a dopamina é liberada em resposta a estímulos recompensadores, como comida, inte-

ração social e drogas, gerando a sensação de recompensa e reforçando comportamentos que promovem bem-estar (Purves et al., 2010) (Figura 1). Na via nigroestriatal, que vai da substância negra ao estriado, a dopamina controla o sistema motor, sendo sua deficiência associada a doenças como o Parkinson (Hornykiewicz, 2006). A dopamina age no cérebro, ligando-se a cinco tipos de receptores (D1 a D5), modulando a excitação e inibição dos neurônios (Missale et al., 1998).

Figura 1. Vias dopaminérgicas cerebrais.



Fonte: Purves et al. (2010).

Além da dopamina, outros neurotransmissores como a serotonina, endorfinas, glutamato e GABA também se envolvem nesse processo. A serotonina modula o humor e o bem-estar, interagindo com a dopamina para influenciar o valor das recompensas. As endorfinas, neurotransmissores opioides endógenos, contribuem para a sensação de euforia e redução da dor associadas a atividades recompensadoras. O glutamato, principal neurotransmissor excitatório, é importante para a aprendizagem e a memória de recompensas, enquanto o GABA, principal neurotransmissor inibitório, regula a excitação neural, evitando superestimulação (Purves et al., 2010).

Quando um estímulo recompensador é percebido pelo nosso corpo, como comida, interação social ou drogas, a via mesolímbica é ativada. A

VTA libera dopamina no NAc, gerando uma sensação de prazer e essa liberação de dopamina fortalece o comportamento associado ao estímulo recompensador, promovendo a repetição da ação. O córtex pré-frontal entra em ação, analisando o valor do estímulo e regulando a motivação para repetir ou inibir o comportamento. O sistema de recompensa cria uma retroalimentação positiva, motivando a pessoa a buscar novamente o estímulo recompensador (Purves et al., 2010).

Por este papel na modulação da nossa motivação para realizar determinados comportamentos, o sistema de recompensa do cérebro está profundamente envolvido nos mecanismos que sustentam o vício, independentemente de ser em substâncias químicas, como drogas, ou em comportamentos, como jogos, apostas ou até o uso de tecnologia. O vício pode ser entendido como um problema da aprendizagem e do reforço, em que o comportamento de busca por recompensas se torna compulsivo e traz problemas ao portador. As bases neurológicas desse processo envolvem a VTA, o NAc e o PFC (DiChiara; Imperato, 1988; Kalivas et al., 2008; Ikemoto; Bonci, 2014).

No caso das drogas de abuso, como cocaína, heroína e álcool, o vício está diretamente relacionado à capacidade dessas substâncias aumentarem de modo artificial os níveis de dopamina nas sinapses do NAc. A cocaína, por exemplo, bloqueia a recaptação da dopamina, prolongando sua ação no cérebro e criando uma sensação de euforia. A heroína, por outro lado, ativa receptores opioides, resultando em um aumento significativo da liberação de dopamina na VTA. O uso repetido dessas substâncias altera o equilíbrio do sistema dopaminérgico, levando a uma diminuição da resposta do cérebro a recompensas naturais, como a comida ou as interações sociais (DiChiara; Imperato, 1988; Kalivas et al., 2008; Ikemoto; Bonci, 2014).

A questão ocorre porque o cérebro tenta compensar o excesso de dopamina reduzindo o número de receptores dopaminérgicos, resultando em tolerância, assim tendo que utilizar doses maiores da droga para se sentirem satisfeitos e sentirem algo. Além disso, com o tempo, o sistema de recompensa passa a priorizar o comportamento de busca pela droga, mesmo a pessoa achando outras coisas prazerosas, que agora não são mais. Ainda, outro exemplo de vício pode ser comportamentos com jogos de azar, apostas e uso excessivo de tecnologia, que também ativam o sistema

de recompensa de maneira similar (DiChiara; Imperato, 1988; Kalivas et al., 2008; Ikemoto; Bonci, 2014).

Estudos mostram que jogadores compulsivos apresentam padrões de ativação cerebral semelhantes aos observados em indivíduos com dependência química. Quando uma aposta é feita, o NAc recebe uma liberação de dopamina, reforçando o comportamento de jogar. A incerteza do resultado e o caráter intermitente das recompensas, como um pensamento de ganhar várias vezes, aumentam a dopamina, tornando o comportamento mais viciante, já que o cérebro se adapta a esse padrão de recompensa incerta (Clark, 2010).

Tal questão é conhecida como “reforço parcial”, onde recompensas imprevisíveis mantêm a excitação e a expectativa, criando um ciclo de compulsão. Um mecanismo semelhante pode ser observado em jogos eletrônicos e redes sociais, onde notificações e recompensas virtuais liberam dopamina a todo momento, reforçando o uso contínuo e criando padrões de dependência comportamental. Pesquisas indicam que os jogos de azar, causam liberação de dopamina em níveis comparáveis aos observados com drogas de abuso (para revisão ver Holden, 2001). A repetição contínua desses comportamentos, assim como no caso das drogas, leva a modificações no cérebro, que contribuem para a manutenção do vício. No uso excessivo de redes sociais, por exemplo, a busca constante por validação social, através de curtidas e comentários, ativa o sistema de recompensa, criando um ciclo viciante.

A neuroplasticidade do cérebro, que permite a adaptação a novas experiências, também contribui para o vício. Com o tempo, o uso repetido de substâncias leva a modificações nas conexões sinápticas do sistema de recompensa onde a via dopamínérgea mesolímbica torna-se hipersensível a estímulos relacionados à droga ou ao comportamento, enquanto outras vias como aquelas relacionadas ao controle inibitório, como o córtex pré-frontal, enfraquecem. Esse enfraquecimento diminui a capacidade do indivíduo de controlar seus impulsos e tomar decisões racionais, piorando o ciclo vicioso (Kalivas et al., 2008).

Outro fato importante no vício é o papel da neuroadaptação quando o cérebro se adapta ao uso prolongado de uma substância ou à prática de um comportamento compulsivo, o indivíduo passa a buscar não apenas

a recompensa, mas também a evitação de estados negativos, como a ansiedade e os sintomas de abstinência. Isso é conhecido como o “modelo de alívio” do vício. Por exemplo, em dependentes de drogas, a pausa do uso provoca uma redução dos níveis basais de dopamina, o que contribui para os sintomas de abstinência e para o desejo intenso de retomar o uso da substância para restaurar o equilíbrio emocional e físico (para revisão ver Koob; Volkow, 2016).

Mas e você professor, como tratar este assunto tão importante e tão presente entre jovens com seus alunos? Foi neste contexto que nosso projeto se debruçou, tornar o inteligível em conteúdo e material acessível, palpável. De fato, curioso e interessante construir um saber sobre tal tema, tão útil no nosso tempo, que envolve nossas vidas a todo tempo direta e indiretamente, algo que está nas mídias em diferentes contextos e narrativas, permeia e permeou conflitos de famílias, filhos, netos, dentre tantos outros exemplos. Por isso podemos dizer que nosso projeto ter envolvido esse tema foi uma experiência legal, mesmo se mostrando como talvez mais do mesmo, mas foi isso que ocorreu? A ação permitiu explorar partes pouco conhecidas desse debate, envolveu o cérebro e permitiu compreender como suas funções se manifestam ao longo do dia, isso facilita aprendizados diversos, importante a todos e por diferentes razões.

Um cafezinho ao longo do dia várias vezes, o chocolate com frequência, para amenizar a tensão pré-menstrual – TPM, aquele prato de macarrão em dia de stress, todos esses temas e modos de amenizar questões e tensões, são legais, acessíveis no mercado mais próximo ou no bar. Melhor que isso, está na térmica na mesa ao lado como ocorre com o café. Convidativo, de aroma forte e gostoso, mesmo o cheiro ao ser feito, já atrai via células olfativas, desperta para um querer saborear aquele cafezinho puro e de pleno deleite. São com este e outros desenhos bem recortados que se consegue levar para a escola, não um, mas vários exemplos ao mesmo tempo. Um movimento no tornar o distante em palpável, o difícil em acessível, o teórico em prático. Assim o tema chegou a escola.

*Vários desenhos com formas diferentes, com objetivo comum. Foi assim o ir à escola. Pensar que cada aula trazia novidades, e as apresentações dos colegas tornavam os temas, apesar de complexo, acessível e fascinante. Sem percebermos, havia uma similaridade e conectividade entre os diferentes temas*

*que cada grupo tinha como desafio. E na escola, depois de meses nos preparando? Lá o engajamento dos alunos foi algo inexplicável, mostrando que, com dedicação e trabalho em equipe, é possível aproximar o conhecimento, torná-lo impactante, interessante, auxiliador, explicativo, justificado a cada um de um modo atendendo razões diversas. Curioso começar algo do tipo... “vai um cafezinho aí?”* (**Caroliny Cardoso Trevisan** – estudante do terceiro período – licenciatura em biologia)

Para alguns estudantes do grupo de trabalho, tratava-se do primeiro período da licenciatura em Ciências Biológicas e, ter a oportunidade de participar de um projeto interdisciplinar, desenvolvido dentro de uma disciplina que se conecta, isso é algo indescritível. Ampliar o debate, deslocá-los e os desafio que isso exige, é algo a se considerar. A colaboração e parceria com os alunos mais avançados do curso, cujo objetivo principal era criar um modelo 3DR que facilitasse a compreensão do sistema nervoso e as vias de recompensa (Figura 2), especialmente para que os próprios estudantes pudessem entender melhor foi o movimento. Isso porque o desafio final era ensinar o mesmo no ensino básico, na escola.

Figura 2 – Modelo 3DR do encéfalo



Imagens Enzo Oliveira Gonçalves – LAEN – UFU

Ainda ontem estes mesmos estudantes estavam na sala de aula como escolares e agora estavam diante do desenvolvimento do projeto que começou com pesquisas práticas e teóricas sobre o funcionamento e a anatomia

do sistema nervoso. Nesse momento o impacto já é amplo e deslocador. É mudar de lugar, avançar para o reencontro com o que até pouco tempo era sua realidade. Do café e do crossfit à dependência de drogas, o uso abusivo de álcool, a dependência do corpo para com o cigarro. Juntar tudo isso, entender a importância e desenvolver um tema que falasse de cérebro e efeitos, hábitos, dependências, isso é, sem dúvida, magnífico.

Mas como é possível? Diante do desafio, algo marca parte considerada dessa caminhada e a ser descrita. Realizou-se um trabalho em equipe para transformar esses conhecimentos em um modelo tridimensional didático, que servisse como uma ferramenta pedagógica acessível e eficiente. Ele não falaria tudo, mas seria ferramenta de auxílio. A ideia era tornar o aprendizado mais visual e interativo, atendendo às necessidades de diferentes perfis de estudantes escolares que lidaríamos em estadia na escola, onde trabalharíamos nossos temas individualizados. Todas essas informações nos são dadas em sala de aula, desde o momento em que o projeto é lançado a nós, um semestre antes da ação final. E qual valor agregado ela pode trazer?

*Podemos afirmar ser essa uma experiência extremamente significativa, pois nos deu a chance de interagir diretamente com os estudantes e observar como o modelo que criamos despertava o interesse e facilitava a compreensão de um tema complexo. Mas, algumas coisas precisam ser afirmadas, transformar materiais, esculpir no isopor, manusear biscuit, esculpir a mão livre, fazer um exercício de olhar uma imagem plana em um livro e dessa base produzir um modelo com frente laterais e verso é algo singular. Ninguém sabe tudo, alguns sabem um pouco de cada coisa e vamos ensinando e aprendendo juntos. E o mais curioso, fazer para aprender e aprender fazendo. Nos referimos a arte de saber um tema, entender sua funcionalidade para transformá-lo numa ferramenta auxiliadora. Na escola, ver o brilho nos olhos dos alunos ao entenderem conceitos novos foi um momento marcante, que reforçou a importância da educação transformadora, interdisciplinar, lúdica e responsável aplicada a vida. (Natália Coelho Batista – estudante do primeiro período – licenciatura em biologia)*

Para os estudantes que estavam apenas começando uma trajetória acadêmica, no primeiro período do curso de Ciências Biológicas, a expe-

riência foi transformadora. Ela abriu a mente para a multiplicidade de abordagens que podem ser adotadas para facilitar o aprendizado, enfatizando que a prática educativa vai muito além da sala de aula tradicional. Sim, lembrando do bom e maravilho café ou uma boa coca cola? Ambos não estão nas nossas vidas legais e legitimados? Mas porque o tomamos tanto e retornamos ao consumo em dadas contextos e momentos?

Se a prática ensina, o projeto reafirma a crença no poder da educação como ferramenta de mudança, de entendimento da vida, mostrando que, com criatividade e dedicação, é possível construir novos caminhos para a compreensão do conhecimento. O cérebro permitiu esse movimento, deslocamento, amplitude, flexibilidade, acomodações e conexões. Isso porque participar dessa iniciativa não só amplia a visão como futuros e futuras educadores, mas também motiva a buscar formas cada vez mais inovadoras e eficazes de ensinar.

É o movimento de entender para explicar, o legal e o ilegal, o que gera dependência e porque temos dependência, um movimento curioso que envolve o ético, moral e o legal. Há algo que precisa deixar aqui registrado e que esse saber desloca e leva a considerar, a tênue distância entre o lícito e o ilícito, o normal e o anormal, o moral e o amoral. Dar subsídios para acomodar esses entendimentos atravessa o debate das dependências químicas, vai até o outro, o sujeito e faz com que cada um possa avaliar o simples ato de se dizer a alguém de próprio convívio “aceita um cafezinho?”. É ato de educação e perceber a cortesia ou manutenção de um vício legal, lícito, normal, moralmente aceito, gostosamente saboreado por quase todo mundo ao responder: sim, aceito um cafezinho. Mais que isso, é elegante gostar de café? Você gosta? E quem não gosta de coca cola?

## REFERÊNCIAS

- OLDS, J.; PETER M. MILNER. Positive Reinforcement Produced by Electrical Stimulation of Septal Area and Other Regions of Rat Brain. *Journal of comparative and physiological psychology*, v. 47, n. 6, p. 419, 1954.
- BERRIDGE, K. C.; KRINGELBACH, M. L. Pleasure systems in the brain. *Neuron*, v. 86, n. 3, p. 646-664, 2015.
- CLARK, L. Decision-making during gambling: an integration of cognitive and psychobiological approaches. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 365, n. 1538, p. 319-330, 2010.

DI CHIARA, G.; IMPERATO, A. Drugs abused by humans preferentially increase synaptic dopamine concentrations in the mesolimbic system of freely moving rats. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 85, n. 14, p. 5274-5278, 1988.

HOLDEN, C. 'Behavioral'addictions: do they exist? **Science**, v. 294, p. 980-982, 2001.

HORNYKIEWICZ, O. The discovery of dopamine deficiency in the parkinsonian brain. **Parkinson's Disease and Related Disorders**, p. 9-15, 2006.

IKEMOTO, S.; BONCI, A. Neurocircuitry of drug reward. **Neuropharmacology**, v. 76, p. 329-341, 2014.

KALIVAS, P.W.; O'BRIEN, C. Drug addiction as a pathology of staged neuroplasticity. **Neuropsychopharmacology**, v. 33, n. 1, p. 166-180, 2008.

KOOB, G. F.; VOLKOW, N. D. Neurobiology of addiction: a neurocircuitry analysis. **The Lancet Psychiatry**, v. 3, n. 8, p. 760-773, 2016.

MISSALE, C et al. Dopamine receptors: from structure to function. **Physiological reviews**, 1998.

PURVES, D. et al. **Neurociências**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

# CAPÍTULO 12

## O VÍCIO RELACIONADO AO PRAZER NOS DIAS ATUAIS: UMA VISÃO TEÓRICA E PRÁTICA

Beatris de Souza Sales  
Sofia Orsi dos Santos  
Carla Patrícia Bejo Wolkers  
Welson Barbosa Santos

Com o passar dos anos o vício se torna cada vez mais um problema de saúde pública em todo o mundo, vemos cada dia mais a utilização exacerbada de drogas e comportamentos que nos geram problemas financeiros, familiares, fisiológicos, comportamentais, dentre tantos outros. De acordo com a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS), órgão vinculado à Organização Mundial da Saúde (OMS), pelo menos 4,4 milhões de homens e 1,2 milhão de mulheres na América Latina e no Caribe sofrem com problemas relacionados ao abuso de substâncias químicas em algum momento da sua vida.

O Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM-5) define a dependência química como um padrão comportamental que desencadeia o uso abusivo de substâncias químicas, mesmo quando este causa problemas significativos na vida do indivíduo. Neste manual dez classes de drogas estão associadas ao abuso de substância, sendo elas o álcool, a cafeína, a cannabis, alucinógenos, inalantes, opioides, sedativos, soníferos ou ansiolíticos, estimulantes, tabaco e outras substâncias e drogas desconhecidas. Mas você já parou para pensar o porquê aquele indivíduo viciado “se colocou” naquela situação? O que lhe motiva? A resposta é simples: isso acontece devido ao prazer que um dia a droga lhe gerou.

Drogas de abuso causam prazer, e este prazer está altamente ligado a diversas partes do nosso cérebro, entre elas o hipotálamo, o núcleo *accumbens*, entre diversas outras regiões. Mais especificamente, a sensação de prazer está associada a ativação de um circuito neural conhecido como

“sistema de recompensa”, composto por vias neurais que partem do tronco encefálico, de uma região denominada de área tegumentar ventral (VTA) em direção aos núcleos prosencefálicos, incluindo o núcleo *accumbens* e o córtex orbitofrontal (Purves et al., 2010). Este sistema de recompensa e sua ativação são essenciais para a nossa sobrevivência, já que qualquer estímulo nesta área é traduzido por nosso organismo como prazer e somos motivados a fazê-lo outras vezes, ou seja, o prazer nada mais é do que uma recompensa pelo ato feito. Entretanto, quando a ativação deste sistema se dá de forma excessiva, corremos o risco de nos tornarmos reféns do comportamento gerador do prazer.

Que sentir prazer é bom e já sabemos: por que senti-lo é necessário? Se considerarmos que viver não é algo sempre prazeroso e excitante de se fazer e que a maior parte de nossas ações são desgastantes, como trabalhar e estudar, por exemplo, sentir um pouquinho de prazer pode nos estimular a continuar vivendo. Neste contexto, este sistema se torna extremamente benéfico pois nos dá uma motivação para nos reproduzir, nos alimentar, nos hidratar, nos exercitar e até mesmo para fazermos as pequenas coisas do dia a dia.

Evolutivamente, ações que requerem grande esforço físico e mental são capazes de ativar este sistema de recompensa, para que nós possamos repetir este comportamento, mesmo que ele seja extremamente difícil. Imagine um homem pré-histórico que precisava se alimentar: para conseguir alimento ele precisava se embrenhar no meio da mata, colocando sua vida em risco, para caçar ou coletar alimentos. É uma atividade desgastante e perigosa, mas o ato de comer um alimento delicioso ativava seu sistema de recompensa, o que fazia com que este homem seguisse motivado a buscar alimento outras vezes a despeito do esforço envolvido neste processo. Hoje a busca do alimento parece algo bem mais simples: ir ao mercado encher o carrinho de compras, mas para obter o dinheiro que compra este alimento temos outra atividade desgastante e, por vezes, perigosa: o trabalho. Assim, embora os tempos tenham mudado, o sistema ainda se alimenta do mesmo processo: esforço gera prazer, que cria motivação para continuarmos nos esforçando.

Entretanto, apesar deste ser um sistema essencial para nossa sobrevivência, por vezes esse funcionamento não acontece exatamente da forma

esperada seja por transtornos como depressão ou ansiedade, má formação destas áreas encefálicas ou, nosso objetivo de estudo, abuso de substâncias e/ou atos que ativam estas regiões. Mas será que as drogas são capazes de modificar o funcionamento do nosso cérebro?

Um estudo publicado em 2002 demonstrou que sim. Neste estudo realizado por Serge H. Ahmed e colaboradores, ratos que fizeram uso de cocaína por um período prolongado apresentavam uma alteração no limiar de ativação do sistema de recompensa. Eles precisavam de um estímulo cerca de 30% mais intenso para o funcionamento do sistema que os ratos que nunca tiveram acesso à droga. Este estudo foi capaz de demonstrar que o ponto de equilíbrio do sistema era alterado pela droga, e, o mais preocupante, essa alteração parecia se manter, mesmo depois da diminuição do acesso à cocaína por vários dias. Além disso o estudo também mostrou que o tempo de acesso a droga era um fator importante: os ratos que tinham um tempo maior de acesso a droga a utilizavam com muito mais frequência que aqueles que tinham um acesso reduzido. Este mecanismo de adaptação do sistema de recompensa ao uso da substância foi chamado pelos autores de “alostase hedônica”, sendo este o processo pelo qual o cérebro se torna tolerante a uma substância, mecanismo que está por trás da construção dos vícios.

Em outras palavras, o que este estudo demonstrou foi que os ratos tratados com cocaína provavelmente não sentiriam mais prazer em atividades cotidianas, já que seu limiar de ativação do sistema de recompensa havia sido alterado pela droga. A partir do mecanismo de alostase hedônica relatado no artigo, o uso da droga pode se tornar um ciclo nocivo, pois, em algum momento, o cérebro irá se acostumar com aquela dose da substância e ela não será mais suficiente para promover a ativação do sistema de recompensa, ocasionando ou o aumento da dose da droga ou a procura de uma nova que alcance aquele limiar. No caso da cocaína, especificamente, a tolerância acontece rapidamente, após poucos usos, o que faz com que o indivíduo que já usou a substância tenha grande potencial de usá-la novamente, acarretando um grave problema de saúde pública em todo o mundo chamado de transtorno aditivo ou, como é comumente conhecido, vício.

O estudo de Ahmed e colaboradores utilizou a cocaína como substância de abuso por uma razão muito simples: esta é uma droga que é capaz de agir diretamente em nosso sistema de recompensa, tendo efeitos diretos no funcionamento destas áreas cerebrais. Esta droga é capaz de bloquear os transportadores de monoaminas na membrana dos neurônios, responsáveis pela recaptação da dopamina (DA) na fenda sináptica. O mecanismo de recaptação é um dos principais processos de inativação dos neurotransmissores e encerramento da resposta, e, quando esta recaptação é bloqueada, o neurotransmissor continua agindo por um tempo mais prolongado que o normal, hiperativando as vias neurais. É exatamente isso que a cocaína é capaz de fazer em nosso sistema de recompensa: manter os níveis de dopamina exageradamente elevados, promovendo uma ativação excessiva, o que causa uma sensação de prazer e euforia exagerada (Ikegami; Duvauchelle, 2004; Oliveira et al., 2008).

Porém o problema está em como o nosso sistema se adapta a este efeito: em um primeiro momento os receptores pós-sinápticos, responsáveis por detectar estes neurotransmissores, aumentam em quantidade para conseguirem suprir a demanda exorbitante de dopamina presente na fenda sináptica, mas após uma longa exposição acabam se dessensibilizando, por meio da internalização de receptores, o que irá gerar uma necessidade maior da substância para se atingir o efeito que foi gerado na primeira exposição. Este é exatamente o processo de allostase hedônica: uma adaptação do sistema à presença da substância (Ahmed et al., 2002).

A partir deste processo de hiperativação das vias de recompensa a cocaína, assim como outras substâncias de abuso, age como reforço positivo, modulando o comportamento humano. Isso significa que o indivíduo estará mais motivado a repetir aquele comportamento para sentir novamente a mesma sensação, tornando a pessoa viciada. De acordo com Vanderschuren e Everitt, 2005, o indivíduo viciado é caracterizado pela perda do controle, seja sobre o uso da substância ou de algum comportamento, sendo que o processo de tolerância é uma de suas principais características, além da incapacidade de se abster da substância ou comportamento aditivo, desinteresse em obter ajuda, dentre outros sintomas.

A partir deste contexto, o indivíduo que teve acesso à droga nunca mais será o mesmo que um dia foi antes deste contato, pois seus sistemas

neurais sofreram alterações estruturais que parecem não ser completamente reversíveis, nos trazendo outro problema: o processo de abstinência e possível recaída ao vício. Qualquer coisa que remeta ao prazer que a droga proporcionou, seja um odor, uma ação de terceiros ou um local, pode engatilhar uma possível recaída ou crise de abstinência. Por recaída temos a volta da utilização daquela substância para reativação de todo o circuito de recompensa que foi ativado na primeira vez, já por crise de abstinência vemos uma ativação parcial deste circuito, a qual ocorre devido a esse estímulo olfativo, visual ou sonoro.

Mas é importante lembrar que nem sempre ser usuário de substâncias significa ser viciado. O que lhes difere é o sentimento provocado antes e depois do ato. Em pessoas não viciadas temos o incentivo inicial de desestresse, descarregar o peso sobre nossos ombros e relaxar, mas após o uso temos culpa, redenção e uma sensação de que aquilo feito não foi correto, temos o reforço positivo em que o indivíduo sai de um estado neutro para um positivo; diferente em pessoas viciadas, onde o estímulo inicial seria a ansiedade, taquicardia, tremores entre outros sintomas da abstinência, após o uso se tem apenas o alívio destes sintomas, a substância não se torna mais prazerosa, apenas alivia seus sintomas de abstinência, neste caso temos o reforço negativo, onde o indivíduo sai de um estado negativo para um neutro.

Outro ponto importante é que as substâncias químicas de abuso não são as únicas capazes de causar dependência. Estímulos naturais como os alimentos, principalmente ricos em gorduras e açúcares, e hábitos, como os jogos de azar, por exemplo, também podem promover e/ou ocasionar vícios. Estes últimos são conhecidos como vícios comportamentais e incluem uma série de hábitos potencialmente prejudiciais à nossa saúde física e mental, como o uso de telas e celulares, jogos de videogame, uso de redes sociais, entre outros (Holden, 2001).

O vício em jogos de azar é um vício comportamental reconhecido pelo DSM-5 ao lado das substâncias de abuso. Estudos indicam que o jogo de azar promove ativações encefálicas similares ao uso de cocaína e é capaz de promover tolerância e abstinência, assim como as drogas de abuso que falamos anteriormente. Já os outros comportamentos que citamos como o uso de telas e celulares, ingestão exagerada de alimentos, entre outros são

classificados pelo manual como distúrbios de controle comportamental, não sendo, ainda, considerados como vícios. Apesar disso, vemos, cada vez mais, atualmente, os malefícios que alguns destes comportamentos, quando realizados de forma excessiva, podem desencadear na saúde física e mental (Holden, 2001).

De fato, existe um consenso quase geral sobre os prejuízos que as drogas de abuso podem nos causar e toda a sua problemática, com isso foi criada diversas técnicas de reduções de danos que deixam o uso da substância menos perigoso do que o padrão, porém devemos sempre ter em mente que nenhuma quantidade de droga, lícita ou ilícita, é considerada segura até o presente momento da escrita deste livro. Por outro lado, os vícios comportamentais que não recebem a devida atenção e cuidado que deveriam, e são hoje causa de grande morbidade e mortalidade na população, especialmente nos jovens.

Um exemplo importante, que vamos utilizar neste texto é a compulsão alimentar e o excesso de atividades físicas, comum entre jovens de 16 a 30 anos. Questões que estão enraizadas em nosso dia-a-dia sem que nós percebamos conscientemente, havendo, neste contexto o problemático uso das redes sociais.

As redes sociais causam, especialmente em jovens, uma sensação irreal do que são corpos e do que é saudável, fazendo-nos nos basear nos chamados “influencers digitais” para estabelecer parâmetros de estilos de vida e aparências. O que muitos esquecem é que a maioria destes não possuem/fazem tudo aquilo que mostram na mídia, grande parte utiliza de efeitos e cortes para mostrar rotinas e uma beleza irreal que é impossível de se alcançar até mesmo com procedimentos estéticos. De fato, a falta de aviso de que aquilo mostrado não condiz com a realidade provoca naqueles que os acompanham uma sensação de inferioridade e incompetência para com sua saúde e aparência. A partir deste momento muitos podem desenvolver uma rotina de exercícios abusiva ou descontar suas frustrações na comida (seja no excesso ou na falta dela). Em um estudo feito por Margarida Bastos em 2022 observamos que o uso problemático das redes sociais aumenta o desejo pela magreza e pelo corpo irreal em jovens adultos.

Para aqueles que seguem o caminho da comida em excesso um dos grandes problemas existentes é sua utilização como válvula de escape para conforto e prazer temporário, já que os problemas cotidianos provocam tanto estresse e a pressão social de um corpo ideal agrava ainda mais esse sentimento. Estas pessoas geralmente optam por alimentos com alto teor de gordura e açúcar devido à ativação temporária do sistema de recompensa, porém após esse momento de crise o prazer é dissipado e o indivíduo deve se alimentar novamente para sentir a calmaria que a comida lhe proporcionou. Esta ação pode se tornar um hábito ocasionando o problema chamado compulsão alimentar.

Já naqueles que optam por se equiparar aos “influencers”, o principal problema é o excesso de atividade física no qual se submetem para tentar chegar naquele corpo impossível que lhes é mostrado. A atividade física quando feita em frequência moderada é extremamente benéfica e necessária para o bom funcionamento do metabolismo, já seu excesso pode causar lesões e, quando associadas à uma má alimentação, desmaios e problemas mais graves. Por ocasionar a liberação de endorfinas, a atividade física é uma prática que ativa o sistema de recompensa e pode se tornar um hábito abusivo, dependendo das circunstâncias. Há indivíduos que veem a prática de exercícios físicos como um escape ou obrigação para conseguirem o corpo ou a calmaria que almejam, pessoas assim podem passar horas consecutivas se exercitando sem respeitar os limites do organismo ocasionando em fadiga, desidratação, insônia, entre muitos outros problemas.

Em suma, tanto os vícios químicos quanto comportamentais se mostram maléficos para nossa saúde, física e mental, devemos ter em mente que indivíduos viciados muitas vezes demonstram grande dificuldade em pedir ajuda ou mesmo notarem as condições em que estão. Neste contexto, o apoio familiar e de amigos se faz extremamente necessário durante todo o processo de tratamento e recuperação. Se conhece alguém que está passando por situações semelhantes as citadas não hesite em pedir ajuda, nosso país oferece grupos de apoio como o Alcoólicos Anônimos (AA) e o Narcóticos anônimos (NA), além de tratamento gratuito, basta levá-los ao posto de saúde mais próximo!

Com todas essas informações em mente, fica clara a relação que funcionamento do sistema de recompensa tem com o nosso dia-a-dia,

especialmente do jovem, que está imerso em um mundo de recompensas fáceis e tentadoras. Estamos vivendo na sociedade da “dopamina sem esforço” na qual cada vez mais pessoas se veem dependentes de pequenos prazeres diários, deixando de viver a vida real. Quando consideramos esse conjunto de informações, arrazoamos que trazer estes conceitos para o ambiente escolar oportuniza aos escolares entender um pouco mais sobre o que acontece consigo mesmo, com seu corpo e seu cérebro, permitindo reflexões importantes, assim como mudanças de estilo de vida que irão impactar positivamente o indivíduo e a sociedade como um todo.

Uma hora é o café, outra é o chocolate, outra são os doces, as massas, os pães, em síntese, do *tik tok* aos vícios alimentares, podemos ver dependências de diferentes formas. Se temos uma reflexão teórica do tema com saberes pormenorizados no campo neurológico e até base para um saber psiquiátrico, torná-lo acessível é o passo seguinte, no empreito de pensá-lo para um debate na escola, para crianças e adolescentes. O que não há dúvida é que nos tornamos dependentes de diferentes formas. Tal postulado pode partir do fundamento que nesse século XXI, é de fácil percepção que somos uma sociedade que vive se mantendo por vícios diferentes e múltiplos.

Mas a questão se torna complexa, quando precisamos entendê-la, explicá-la neurologicamente, a partir dos fundamentos teóricos e experimentais acadêmicos. Portanto, este é um desafio de calibre grande a ser vencido, superado e no nosso caso tinha cara e local programado para acontecer. Um semestre, três componentes curriculares, dois laboratórios, muitas horas até o momento final, ir à escola e apresentar esse tema aos estudantes. Para tal, quais, como são os desafios?

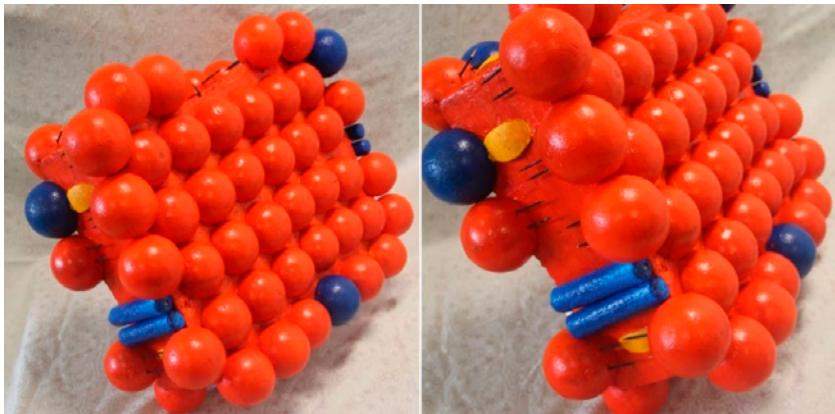
*A dificuldade está no conhecimento levantado e trabalhado, a questão é posta como um desafio que até parece intransponível. Pela complexidade do tema e a forma técnica como temos acesso a ele a coisa parece tensa. É desafio técnico e complexo como vemos em quase todos os temas ao buscá-los no livro acadêmico. Não que ele traga saberes inacessíveis, mas é saber muito longe da inteligibilidade de um aluno escolar comum. É aí que começa o desafio de tornar esse conhecimento acessível, e trabalhável, em e para diferentes níveis da escola básica. Admito, não é caminho fácil, não é construção feita em um dia, muito menos algo que achamos em lugares*

*prontos. Precisamos sentar, pensar, elaborar, criar a técnica e dar a forma. Certamente é o momento mais tenso de todo o projeto porque nos dá medo, nos desafiam a competência de dar forma. Partimos do ponto zero porque não temos todos os elementos prontos e já pensados em nenhum lugar. Vamos ao fim da experiência, como foi? a experiência na Escola foi um momento de aprendizagem profunda, tanto para os alunos quanto para nós como futuras educadoras e educadores. (Sofia Orsi dos Santos – estudante do terceiro período – licenciatura em biologia)*

Como ocorreu e se organizou tal trabalho? O projeto envolveu a integração de conhecimentos de Anatomia e Fisiologia Humana e, ao mesmo tempo, saberes pedagógicos em outros dois componentes curriculares, conectando teoria e prática docente. Há um movimento no aplicar teorias de aprendizagem conectadas ao sistema nervoso, o encéfalo, de forma acessível para os estudantes escolares, no transformar saber prático, associado ao cotidiano. O trabalhar com um tema complexo como o sistema de recompensa do e o vício cérebro exigiu uma abordagem cuidadosa e inovadora. Uma coisa curiosa, na escola, lá se tem duplo público, professores e alunos vão aprender, sentam na sala para discutir os temas. Parece complexo e difícil. Como é possível? Planejamento é o caminho.

O primeiro passo é o de planejar o como destacar as diferentes áreas do encéfalo e seu funcionamento, e, nesse tema em específico, concentrar-se no sistema de recompensa, nas estruturas e regiões cerebrais envolvidas no processo. Partiu-se do fundamento que o sistema é fundamental para a motivação humana, está envolvido em comportamentos relacionados ao prazer e à recompensa como os argumentos teóricos bem sinalizam. Ao explicar como ele funciona, buscou-se fazer a conexão entre a teoria e a prática, detalhando a ação de estruturas cerebrais e substâncias químicas comuns ao cérebro como a dopamina, o *núcleo accumbens* e o córtex pré-frontal. Mas, e essas estruturas todos envolvem um único tema? Vale considerar que é uma linha de construção de pensamento que desloca-se para várias questões, como o papel da membrana plasmática (Figura 1) nas células cerebrais, local onde a dopamina se liga e onde mudanças estruturais se desenrolam no estabelecimento do vício.

Figura 1 –Modelo 3DR da membrana plasmática.



Fonte: Imagens Enzo Oliveira Gonçalves – LAEN - UFU

*Quando nos deparamos com todo o projeto, um conceito nos pareceu fundamental e que permearia todo o debate em todos os temas que levaríamos a escola, a membrana plasmática e a forma como diferentes substâncias cerebrais acionam umas às outras, liberam ou recebem estímulos. Quem é responsável por todo esse processo não somente no cérebro, mas em qualquer região corporal? É a capacidade permeável desse envoltório celular, que ajustado a demandas múltiplas, em todos os casos, vai atuar diretamente no funcionamento porque dele e nela os processos iniciam ou completam-se, da chegada de um devido estímulo, a resposta ou liberação de outros estímulos. Então, esse foi um passo dado e busca por trazer essa estrutura inteligível aos escolares. (Sofia Orsi dos Santos – estudante do terceiro período – licenciatura em biologia).*

Pelo que fica evidenciado, para tornar o conceito ainda mais tangível, utilizou-se modelos tridimensionais - 3DR da membrana e uma explicação detalhada sobre como o cérebro responde a estímulos, gerando prazer e motivação para ações futuras. A explicação sobre a diferença entre recompensa imediata e tardia, também ajudou os alunos a entender como a dopamina gera uma sensação de prazer instantânea, enquanto o cérebro também se prepara para recompensas futuras mais duradouras, baseadas em ações planejadas.

A parte mais enriquecedora é perceber como a aprendizagem não depende apenas do material didático, mas também da relação que se constrói com os alunos e do entendimento do ambiente escolar e somente estando lá, buscando esse ajuste, que isso é possível de ser vivido, aprendido. O projeto promove isso. Mesmo com recursos visuais e modelos chamativos, o sucesso da atividade se deu pela capacidade de envolver os estudantes de forma interativa, utilizando exemplos cotidianos e incentivando a participação deles. Adaptar a linguagem e o conteúdo ao nível de compreensão deles fez com que o tema, embora complexo, se tornasse mais acessível e até divertido. Ao final, perceber que o material didático, embora importante, não substitui a interação e o contexto em que o aprendizado é o algo maior que ocorre.

Sim, o livro didático é importante, as aulas práticas são fundamentais, o material pedagógico é auxiliador. Mas, é o saber, a conectividade, a praticidade e utilidade de um saber que o torna permeável a quem a precisa aprender sobre ele. Interessante considerar que em tempos de tecnologias, de substituição de homem por máquinas e o digital, o virtual, a construção do saber, tendo o humano como mediador, ela se dá de forma genuinamente maravilhosa. Ambos aprendem, ambos crescem, quem ensina a ensinar, quem aprende a ensinar, quem aprende no fim dessa sequência são todos. E qual a recompensa?

*O prazer de saber que aprendemos e conseguimos ensinar, afinal seremos professores, aprendemos com professores, e ainda: quantos daqueles ali na escola, no futuro serão também professores? Não sei, mas fica entendido que vamos aprendendo a ser professores desde quando estamos ali na escola ainda como alunos. (Sofia Orsi dos Santos – estudante do terceiro período – licenciatura em biologia)*

## REFERÊNCIAS

- AHMED, S. H. et al. Neurobiological evidence for hedonic allostasis associated with escalating cocaine use. **Nature Neuroscience**, v. 5, n. 7, p. 625-626, 2002.
- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. **Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-5**. 5. ed. Arlington, VA: American Psychiatric Association, 2013.

BASTOS, M. C. N. T. **As redes sociais e os jovens: A imagem corporal, o desejo de magreza e a compulsão alimentar.** 2022. Dissertação (Mestrado em Psicologia Clínica). Instituto Universitário de Ciências Psicológicas, Sociais e da Vida, Lisboa, Portugal, 2022.

HOLDEN, C. “Behavioral” addictions: do they exist? **Science**, v. 294, n. 5544, p. 980-982, 2001.

IKEGAMI, A.; DUVAUCHELLE, C. L. Dopamine mechanisms and cocaine reward. **International Review of Neurobiology**, v. 62, p. 45-94, 2004.

OLIVEIRA, A. Á. et al. Ação Celular da Cocaína e Derivados. **Holos Environment**, 2008.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Uso de álcool durante a pandemia de COVID-19 na América Latina e no Caribe.** Washington, D.C.: OPAS, 2020. Disponível em: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/52936>. Acesso em: 24 mar 2025.

VANDERSCHUREN, L. J.; EVERITT, B. J. Behavioral and neural mechanisms of compulsive drug seeking. **European Journal of Pharmacology**, v. 526, n. 1-3, p. 77-88, 2005.

# CAPÍTULO 13

## DO CÉREBRO HUMANO AO DIGITAL, TUDO É MEMÓRIA: O CELULAR NO ENSINO DO CÉREBRO HUMANO

Ana Clara Araujo Teixeira  
Paulo Eduardo Azevedo Silva  
Carla Patrícia Bejo Wolkers  
Welson Barbosa Santos  
Paulo Vitor Teodoro

*Levando para minha vida pessoal, durante o período em que estive atuando como Professor do ensino médio em 2024, na rede estadual em um contrato, mesmo agora durante a graduação, o voltar a uma Escola reforçou-me que estudantes estão rodeados de recursos digitais boa parte do seu tempo sem aproveitá-los. Não ou pouco utilizam esses recursos com fins educativos e auxiliadores de forma que otimize seu tempo no desenvolver de determinada atividade, no melhor aprender certos assuntos, ajudando superar possíveis lacunas. (Paulo Eduardo Azevedo Silva – estudante do sétimo período – licenciatura em biologia)*

Ao iniciar esta reflexão, a partir do recorte de fala que nos serve como epígrafe, sinalizamos que este texto tem como objetivo contribuir para o debate sobre o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) nas metodologias de ensino, identificando alguns de seus impactos (sejam favoráveis ou não) na vida dos estudantes, além de discutir os impactos causados pelo uso inadequado dessas tecnologias no ambiente escolar. O foco está em explorar suas contribuições quando aplicadas ao ensino de Ciências e Biologia.

Partimos da premissa de que as TICs estão cada vez mais presentes em nosso cotidiano, tornando difícil desempenhar atividades rotineiras sem o auxílio de algum dispositivo eletrônico (Guimarães et al., 2017). Reforça-se, com isso, que a geração atual de adolescentes é a que mais

sofre influência desse ambiente virtual, por já nascer inserida no meio das mídias digitais. No campo da localização e motivação, esta discussão parte de uma experiência em que o trabalho com o digital e o ensino de Biologia estão interligados.

O projeto em questão trouxe práticas vivenciadas, de caráter extensionista, e envolveu dinâmicas em que diferentes temas relacionados ao cérebro humano e às emoções, com centralidade, foram desenvolvidos. No processo de organização, as regiões cerebrais foram preparadas para estar na escola em formato de Modelos Tridimensionais Reais (3DR) (Santos et al., 2019), a partir de saberes acessíveis e comprehensíveis para os estudantes. Junto ao projeto, destacamos a importância do digital para a escola. Em um espaço multimídia, projetaram-se imagens de parede inteira do cérebro humano e, em uma roda de conversa, acompanhada de música instrumental, abriram-se debates sobre memórias e como elas são armazenadas em nosso cérebro.

A mesma sala acomodou, ainda, em diferentes pontos, imagens que remetem às memórias escolares pessoais daqueles alunos, vivenciadas em projetos anteriores e que fazem parte do acervo do projeto e do Grupo de Pesquisa em Educação em Ciências da Natureza (GPECIN). Além disso, jogos com o uso de QR Code e a hashtag # foram utilizados para divulgação de imagens que remetem a boas memórias. O tempo dos alunos nesse espaço foi, em média, de 40 minutos, e o desafio era mostrar-lhes que nossa memória é algo dinâmico, importante e que o uso dos celulares pode auxiliar nesse aprendizado.

Figura 1 – Projeção em parede das diferentes regiões associadas à formação de memória



Fonte: Laboratório de Ensino de Ciências – LAEN - UFU

*Mas, qual foi nossa motivação? Sabemos de todo esse avanço tecnológico e da forma como está inserida na escola informalmente. Ainda, que professores necessitam de mudanças em suas metodologias, para que eles possam se encaixar na realidade dos estudantes e dos conteúdos. Mas, esse não é movimento fácil. (Ana Cara Araujo Teixeira – estudante do sétimo período – licenciatura em biologia)*

Diante do empreito, as modificações no Plano Político Pedagógico (PPP) das instituições, é um dos pontos de partida. Ambientes multi-mídias como salas de vídeos, informática, retroprojetores, gamificação, entre outros não são de custos altos e inacessíveis. Tornar as aulas mais lúdicas e atrativas para os estudantes e conseguir adaptar à sua realidade é o caminho. Mas a exigência é o ajuste aos PPPs. Assim,

A ideia de que o uso de games ou atividades gamificadas favorece o engajamento dos estudantes em atividades escolares tidas por eles como enfadonhas é inevitável, porque o uso dos games pode aproximar o processo de aprendizagem do estudante à sua própria realidade. Primeiramente por

estimular o cumprimento de tarefas para o avanço no curso com o objetivo de alcançar as recompensas, e segundo por ser de fácil acessibilidade, tendo em vista que sua utilização pode ocorrer com celulares, tablets e computadores (Tolomei, 2017, p. 149).

Entretanto, ainda existe uma certa resistência por parte dos professores, quanto ao uso das tecnologias no processo de aprendizagem (Silva; Felicio; Teodoro, 2022), pois parte deles acreditam que as tecnologias não agregam conhecimento para os estudantes e os leva apenas a monotonia, quando vão realizar a atividade proposta, e que não vão adquirir o conhecimento necessário. Por isso, é de valor considerável que os docentes possam ser conduzidos, formados, orientados a refletir sobre suas metodologias e as reconstruam de maneira que seja possível introduzir as mídias em suas práticas pedagógicas. Foi assim estimulado que o projeto foi mobilizado.

*No pensar o cérebro e as memórias num desafio interdisciplinar e para alunos da escola básica, dentro do ensino de biologia. Nesse movimento, o que “Projetos interdisciplinares” fazem, abordando diferentes conteúdos de Biologia, Química e Física, com foco em um único tema, abre espaço para mil oportunidades. Vivenciar, adentrar no desafio do cérebro descomplicado foi só mais um desses para nós, como futuro professor de Ciências/Biologia e já na reta final de nossa formação. Consideremos (Ana Cara Araujo Teixeira – estudante do sétimo período – licenciatura em biologia).*

Arrazoemos que no campo educacional, as TIC's vêm para potencializar o trabalho do professor e dos estudantes, pois passam a poder “criar conteúdos digitais com múltiplas linguagens e mídias, em sintonia com a disposição hipertextual do computador e do novo leitor capaz de superar a linearidade do texto no suporte papel” (Silva, 2009, p. 30). Essa foi nossa motivação, na forma como esse campo se abriu para as diferentes e exitosas experiências, ricas e múltiplas, desde o processo de elaboração.

*Interessante foi que na construção e execução do projeto, os sentimentos e percepções foram diversos: a longa expectativa da montagem, chegar à escola; ver o olhar do aluno em aprender; o olhar curioso e atento em toda a movimentação que a gente leva para dentro da escola; o novo e diferente para eles; sentir o entusiasmo deles ao ver os modelos 3DR; perceber eles ouvindo a explicação e compreendendo aquele*

*conteúdo que me foi tão complexo na universidade e que fizemos parte do grupo que o desloca, desmembra, desvenda e o torna acessível. É gratificante, como futuro professor, conseguir viver essa troca de experiência e interessante pensar que dá mesma forma que é novo para eles, é novo para nós, que vamos lá. Pensar que são experiências como essas que podem mover uma licenciatura mostrando o que é “ser educador” na prática. Que permite aprimorar práticas docentes e, consequentemente, tornar aulas mais dinâmicas e interativas, motivando a adotá-las no futuro. (Paulo Eduardo Azevedo Silva – estudante do sétimo período – licenciatura em biologia)*

Mas, consideremos que, para o professor com anos de experiência em sala de aula, este não é um movimento fácil ou tão acessível quanto se possa prever. Um agravante nesse caso é o medo do desconhecido por parte dos docentes. Segundo a revista NIC, 75% dos profissionais da educação não têm conhecimento adequado sobre o uso das novas tecnologias disponíveis no mercado, o que acaba gerando o medo de serem substituídos pelas tecnologias e também por aplicativos de inteligência artificial. Baltar (2024) afirma que o papel dos professores, mesmo em um cenário em que as pessoas têm acesso rápido aos conteúdos de aprendizagem, permanece o mesmo. Isso porque, embora o jeito de aprender esteja mudando, a importância da relação docente no processo de ensino-aprendizagem não se altera.

Alguns autores, como Joly et al. (2012), afirmam que existem diversas competências relacionadas à habilidade de selecionar informações em meios multimídias, que requerem habilidades visuais específicas. Desde o organizar até o usar a informação, questões que vêm sendo exigidas em função do contínuo avanço da tecnologia e dos processos de informação. Isso tem causado considerável impacto e, ao mesmo tempo, preocupa os professores que se sentem incapazes de acompanhar e adaptar esses progressos aos processos de ensino que adotam e à aprendizagem de seus alunos. Mas, e na prática, como perceber tais questões?

*Nossa experiência nos mostrou que o uso das tecnologias digitais em sala de aula redefine a forma como os estudantes constroem o conhecimento, pois a internet permite que o telespectador faça uma viagem pela rede através de conteúdos interconectados. Nessa relação o aluno se torna*

*o protagonista dentro do ambiente escolar, desenvolvendo habilidades específicas do espaço digital, aumentando as chances de despertar o seu interesse em determinados temas ou conteúdo, enquanto o professor será o mediador dessa construção de conhecimento. (Ana Cara Araujo – estudante do sétimo período – licenciatura em biologia)*

Pelo descrito, uma premissa que o uso das tecnologias viabiliza é a de que elas permitem compreender que os conteúdos estejam sempre conectados, incentivando uma abordagem mais ampla e contextualizada de determinados temas, independentemente do grau de dificuldade que apresentem. Esses referenciais facilitam a compreensão do aluno e despertam, futuramente, a possibilidade de trabalhar em conjunto com professores de diferentes áreas. Na escola, a experiência pode ser percebida de forma concreta, demonstrando que a abordagem interdisciplinar é eficiente, chama a atenção dos alunos e faz com que eles começem a interligar as matérias, criando conexões com suas vivências cotidianas. Em execução, é possível ver a educação se transformando em uma experiência rica, conectada e relevante.

Valente (2009) afirma que as tecnologias digitais permitem uma maior expansão da comunicação, criando alternativas para a leitura e escrita. Isso nos faz refletir que o uso das mídias traz um novo contexto aos estudos, permitindo a desconstrução de paradigmas, como o de que as tecnologias estão limitadas apenas às redes sociais e outros meios de comunicação e interação virtuais. Imaginemos trabalhar o sistema nervoso central e as emoções com esse recurso: o quanto nos foi facilitador. Levando em consideração que o professor é visto como mediador da aprendizagem, foi essencial que, desde o início, o docente promovesse uma série de questionamentos sobre o conteúdo a ser abordado.

Essa estratégia estimula os alunos a refletirem, levantarem ideias e construírem significados para termos e expressões, tornando o processo de aprendizagem mais significativo. Mas, para que isso ocorra de maneira eficaz, é necessário que o docente domine as mídias utilizadas e acompanhe os alunos durante todo o processo, auxiliando-os a buscar sempre mais. Sendo assim, a educação científica desenvolvida nas escolas deve ter a pretensão de formar cidadãos para atuar com discernimento e determinação, trabalhando alguns problemas atuais a fim de compreender

o papel da ciência e do desenvolvimento tecnológico, fortalecendo sua formação como cidadãos e estimulando atitudes de responsabilidade em relação ao meio em que vivem (Barros, 2017).

Por outro lado, pelo prisma da análise conceitual, os autores constataram que não basta saber usar as tecnologias ou ser treinado para tal; é necessário desenvolver habilidades e competências para uma gestão crítica da informação disponível. Ou seja, mais importante do que as tecnologias, em si mesmo, é o “seu uso informado, crítico e responsável”, como refere a recomendação do Conselho Nacional de Educação (Portugal) sobre Educação para a Literacia Mediática (CNE, 2011), sendo consensual a existência de três tipos de aprendizagens: “O acesso à informação e à comunicação — o saber procurar, guardar, arrumar, partilhar, citar, tratar e avaliar criticamente a informação pertinente, atentando também à credibilidade das fontes; A compreensão crítica dos media e da mensagem mediática — quem produz, o quê, porquê, para quê, por que meios; O uso criativo e responsável dos media para expressar e comunicar ideias e para deles fazer um uso eficaz de participação cívica” (Joly et al., 2012, p. 85).

Partindo desse pressuposto, pode-se afirmar que, para o professor desempenhar suas atividades com êxito, é necessário que ele conheça o conteúdo sobre o qual está trabalhando, identificando tanto seus pontos positivos quanto os críticos, para que não seja facilmente convencido por suas próprias ideias e opiniões. A partir dessa reflexão, podemos afirmar que a formação continuada, ou também chamada de aperfeiçoamento, de professores na área de tecnologias é imprescindível para sua atuação, considerando que o grupo de pessoas com o qual se relacionam vive a realidade das mídias digitais diariamente. Este foi um movimento promovido pelo projeto: levou-se à escola não apenas a proposta aos alunos, mas também os professores passaram pelo processo e o vivenciaram em um grupo específico, composto exclusivamente por educadores escolares. Isso porque,

Pode ser congruente com a ideia de formação continuada, se considerarmos a ação de capacitar no sentido de tornar capaz, habilitar, uma vez que, para exercer sua função de educadora, a pessoa necessita adquirir as condições de

desempenho próprias à profissão, ou seja, se tornar capaz. No entanto, a adoção da concepção de capacitação como convencimento e persuasão se mostra inadequada para ações de formação continuada, uma vez que os profissionais da Educação não podem e não devem ser persuadidos ou convencidos sobre ideias, mas sim conhecê-las, analisá-las, criticá-las ou até mesmo aceitá-las (Altenfelder, 2005).

Especificamente, uma das áreas de ensino que vem se tornando um diferencial quando se utilizam as TIC's é o ensino de Ciências e Biologia. Existem diversos processos científicos que são realizados com maior êxito utilizando os recursos disponíveis nos dispositivos eletrônicos. Barros (2008) sugere que os professores utilizem diferentes abordagens metodológicas, focando sempre na participação do aluno e no uso de recursos tecnológicos, pois, por meio desses recursos, as possibilidades de pesquisa podem ser ampliadas, favorecendo o diálogo entre eles. É possível registrar áudio, vídeo e imagem de possíveis elementos que irão aparecer ao longo do caminho, unir o conhecimento prévio já adquirido, além de auxiliá-los na obtenção de novos dados mais complexos com uma variedade de meios para coletar informações do ambiente e trazê-los para possíveis discussões. Os dispositivos móveis possibilitam um melhor aproveitamento do tempo na atividade, por permitirem uma melhor articulação entre a atividade a ser desenvolvida e o tempo, assim como o acesso a diferentes recursos (Barros, 2017).

Mesmo acontecendo de forma virtual, ainda é possível que o estudante faça os questionamentos necessários para a obtenção de conhecimento. Por meio destes ambientes, é possível que o telespectador interaja com objetos, realize tarefas oferecidas pela plataforma e mergulhe em diversas experiências imersivas sem sair do ambiente escolar. Diante disso, é relevante o desenvolvimento de atividades que possibilitem o desenho de estratégias didáticas com dispositivos móveis, no ensino de Ciências e Biologia (Barros, 2017). Para o autor, os dispositivos eletrônicos também apresentam vários recursos, dentre os quais se destacam: serviços de texto, voz, vídeo, áudio, imagem, sensores, tela sensível ao toque, games e mensagens de texto. Foi sustentado nas pesquisas e práticas do pesquisador que organizamos toda a nossa vivência que aqui trazemos descrita.

Através desse amplo número de recursos, foi possível estruturar diversas estratégias didáticas para serem usadas na sala de aula. Ele ainda enumera: registros de textos, imagens e som, leituras, dinâmicas com jogos, exibição de filmes e documentários, entre outros. Outra metodologia bastante utilizada com a participação das tecnologias é a criação de paródias, onde se utiliza o ritmo de uma música conhecida e se cria uma letra com base em termos científicos. Foganholi (2017) afirma que Ciências e Biologia são disciplinas ricas em conceitos científicos complexos e, muitas das vezes, abstratos, ou seja, difíceis de compreender, e a música vem, então, como uma alternativa de facilitação do conteúdo. Além disso, com as TIC's, um recurso disponível, possibilita inúmeras possibilidades de serem trabalhadas.

Como pode-se perceber, existem estudos que comprovam os benefícios do uso das tecnologias no ambiente escolar, destacando sua eficiência nas práticas metodológicas e na interação dos alunos quando expostos a algo que é comum no seu cotidiano, como as mídias digitais. Face aos padrões estabelecidos das tecnologias analógicas, as TIC's trouxeram benefícios, como facilidade de comunicação e acesso a um maior número de informações sobre assuntos em geral, mas também trouxeram problemas para o ser humano, destacando a necessidade de apropriação e inserção dos indivíduos neste contexto (Costa, 1999). Sendo assim, também é possível encontrar diversos fatores negativos causados pelo uso incorreto dessas tecnologias na vida das pessoas.

Podemos destacar como um dos principais pontos negativos do uso das TIC's na vida dos estudantes é que, além de aprender todo o conteúdo que lhe é ofertado, ele ainda deve dominar as tecnologias que serão utilizadas durante as aulas. E, caso isso não aconteça, essa falta poderá ser frustrante para o aluno, pois, além de não conseguir acessar as mídias, ele não conseguirá aprender o conteúdo pretendido. Uma mudança que precisa ser bem analisada refere-se à transição da sala de aula tradicional para os ambientes virtuais, exigindo para isso uma nova linguagem comunicacional (Barros, 2017). Devemos estar atentos que, na sala de aula, ocorre todo um processo de linguagem verbal e não verbal, fortalecendo os laços da comunicação. Já nos ambientes virtuais, a comunicação é feita com base em textos, imagens e som, tornando a dimensão

emocional mais restrita, pois não conta com os gestos e expressões que um professor consegue transmitir.

Além disso, a necessidade de os estudantes estarem sempre conectados e compartilharem sua vida pessoal, em tempo real, nas mais diversas redes, cresce de forma desenfreada, fato que tem gerado diversos incidentes no ambiente escolar pelo uso indevido durante o horário de aula. Com base nessa realidade, o Ministério da Educação (MEC) tem tentado criar leis que proíbam o uso de dispositivos móveis nesses ambientes. Segundo Silva (2012), “a justificativa para o não aproveitamento do celular em sala é que os alunos não prestam atenção nas aulas, prejudicando de sobremaneira o processo de aprendizagem dos mesmos”.

Entretanto, leis rigorosas como essa apresentam consideráveis dificuldades para serem implementadas, pois podem encontrar obstáculos ao longo do caminho, como a resistência dos alunos e até de parte das famílias. Experiências adquiridas em outras situações demonstram que só a lei não basta, sendo necessário o envolvimento ativo dos órgãos responsáveis e de trabalhos pedagógicos de conscientização, para que a comunidade seja notificada sobre a razão pela qual a lei está sendo aplicada e também sobre sua importância. Estudos recentes apontam que o uso recorrente das redes sociais e o livre acesso aos aparelhos durante longos períodos de tempo podem promover o ócio, estresse, síndromes tecnológicas e diversas outras doenças.

Na sociedade contemporânea o componente virtual já faz parte da cultura, sendo seu uso completamente naturalizado, principalmente nos mais jovens. Todavia, nem sempre a relação com este componente se dá de forma a preservar a saúde - tanto mental, quanto física -, podendo o ambiente virtual ser, inclusive, um meio adoecedor. Estudo realizado em 2007, evidenciou que o período de ócio tem influência direta na autoimagem e no autoconceito, visto que este período é entendido como um momento de maior liberdade para satisfazer desejos e necessidades pessoais que foram frustradas no cotidiano. Em outro estudo realizado em 2017, constatou-se que a maior quantidade de acesso a redes sociais aumentou significativamente a chance de insatisfação corporal. Neste sentido, um período muito longo de ócio pode ser prejudicial para a saúde mental dos adolescentes. (Mauch et al.,2020, p. 7)

Além disso, ações como essas podem interferir no rendimento dos alunos, gerando baixa qualidade das atividades executadas, descontentamento e desmotivação da turma. Em contrapartida, o aumento dos resultados, seja por meio de notas, ou outros métodos, gera confiança em si próprio e aguça a criatividade dos estudantes.

Buscando entender tais demandas, durante o período de isolamento da pandemia do vírus Covid-19, um dos âmbitos mais afetados foi a educação. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), mais de 150 países decretaram a ação preventiva de fechamento das escolas e universidades, o que corresponde a cerca de 80% dos estudantes de todo o mundo. Ao longo desse tempo, métodos para que as escolas não parasse por completo foram implementados, como a transmissão de aulas em canais de TV aberta, chamadas de vídeo e transmissões ao vivo via canais de internet. Entretanto, apesar de ser uma alternativa para que a educação não parasse por completo, deixou um grande número de pessoas que não possuía acesso a esses recursos desamparadas, aumentando ainda mais a desigualdade social. Isso mostra-nos como o recurso pode ser agregador ou alienador.

Segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) em 2018, nos 14.991 mil domicílios do país em que não havia utilização da internet, os três motivos que mais se destacaram foram a falta de interesse em acessar a internet (34,7%), o serviço de acesso à internet ser caro (25,4%) e nenhum morador sabia usar a internet (24,3%). Assim, podemos arrazoar que, apesar de ser a única solução para o momento de isolamento, o método é tido como falho, pois os estudantes não conseguiram tirar dúvidas, devendo aguardar até o retorno presencial das aulas para que pudessem ser realizados o reforço e solucionadas as dúvidas quanto ao conteúdo abordado. Nisso, questionamos: isso ocorreu? Será?

Por isso, é problemático implementar medidas na área da educação que se utilizem das TIC sem promover um efetivo apoio às famílias mais necessitadas, isto é, àquelas que não possuem acesso à internet; àquelas que não sabem como acessar à internet; e àquelas que sequer possuem um membro que reconheça os comandos básicos de uma interface digital ou de uma letra cursiva. Não se pode educar, excluindo. Nem excluir para educar (Costa et al., 2020, p. 62).

Por outro lado, avaliando o mesmo período de isolamento social, pode-se dizer que as TIC's foram essenciais para a comunicação, visto que pessoas que viviam em ambientes diferentes não podiam ter contato direto devido à alta taxa de transmissão do vírus. Sendo assim, pode-se afirmar que as TIC's permitiram um contato maior entre as pessoas que estavam à distância, mas prejudicaram a socialização daquelas que estavam próximas, algo que é imprescindível durante a adolescência, pois é a fase em que o cérebro está se desenvolvendo enquanto sujeito, criando suas próprias opiniões, seja sobre política, ética, relacionamentos, sexualidade ou outros assuntos.

Silva (2017) afirma que a internet está cada vez mais presente no cotidiano das pessoas, principalmente na vivência dos jovens. Isso nos leva a pensar que os adolescentes são o grupo de pessoas mais suscetível às transformações das tecnologias digitais. Este foi nosso movimento: buscar, na sala de aula, em um tema de interesse deles — que é celular e emoções — um debate que os ajudasse a entender a si mesmos, seu corpo e sentimentos, de forma divertida e, ao mesmo tempo, possibilitando-os a aprender sobre o cérebro, sistema nervoso e suas funcionalidades.

No entanto, outro fator preocupante é que “as tecnologias digitais vêm alterando a forma como as pessoas interagem, diminuindo a interação física e acarretando um certo comodismo” (Silva et al., 2017). Essa interação pode causar diversos problemas sociais, como afastamento do convívio social, solidão e até mesmo depressão. Além disso, diversas doenças psicofisiológicas estão sendo relacionadas ao uso excessivo das redes sociais ou ao tempo excessivo no uso da internet. Twenge (2017) afirma que o uso exagerado da internet está relacionado ao aumento dos índices de ansiedade e depressão. Por se tratar de um ambiente onde o jovem recebe uma alta quantidade de informações, acaba gerando uma sobrecarga cognitiva, fazendo com que o cérebro não consiga processar as informações necessárias, aumentando o nível de estresse e ansiedade. Diante dessas questões, o zelo do projeto foi de atuar dentro de uma perspectiva lúdica e interativa entre o grupo presente, sem isolamento, incluindo as redes sociais no processo.

Vale nos atentar que, durante a adolescência, é comum o uso de dispositivos móveis e, em algumas ocasiões, chega-se a um uso exacerbado

desses aparelhos, provocando prejuízos ao sono. A luz brilhante da tela suprime a produção de melatonina, modificando o ciclo circadiano, o que eleva os níveis de excitação mental e fisiológica, tema que foi abordado no projeto, inclusive. Silva et al. (2017) sinalizam que o sono é um fator chave para a estabilidade emocional e o desenvolvimento das habilidades relacionadas ao aprendizado, como a memória, a cognição e as funções executivas. Rhie et al. (2018) nos leva a acreditar que, quando os estudantes são expostos ao uso das telas por longos períodos, principalmente à noite, eles diminuem sua capacidade de aprendizado devido à alta concentração de informações em um curto período. Além disso, outro fator que compromete o estudo e o entendimento dos jovens são as informações fornecidas por sites não confiáveis.

Dessa forma, podemos concluir que as TIC's são uma forma auxiliar nas metodologias de ensino, especialmente nas áreas de Ciências e Biologia, como podemos executar e aqui descrever. Elas apresentam diversos recursos que, quando utilizadas corretamente, podem auxiliar os alunos durante o processo de aprendizagem, e também aos professores, pois oferecem um leque de possibilidades para criar novas metodologias, tornando as aulas mais lúdicas e atrativas para os estudantes.

Além de serem instrumentos que fazem parte do cotidiano dos estudantes, as TIC's aumentam as possibilidades de os alunos se sentirem interessados pelo conteúdo exposto. Entretanto, caminhos como esses apresentam diversas barreiras durante sua aplicação, como bem sinalizamos. Além disso, outro fator prejudicial na inserção dessas metodologias, que utilizam tecnologia, é o uso excessivo dessas ferramentas fora do ambiente escolar, por parte dos estudantes, o que resulta em diversos outros problemas comportamentais e de interação social nos adolescentes, causando prejuízos no processo de aprendizagem e na capacidade cognitiva.

## REFERENCIAS

- ALTENFELDER, A. H. Desafios e tendências em formação continuada. **Constr. psicopedag.**, São Paulo, v. 13, n. 10, 2005. Disponível em <https://is.gd/f5tK62>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- BARROS, M. A. M. As Tecnologias de Informação e Comunicação e o Ensino de Ciências. In: PEREIRA, M. G. et al. (Org). **Ensino de Biologia**: fios e desafios na construção de saberes. João pessoa, 2008.

BARROS, M. A. M. A Aprendizagem Móvel no Ensino de Ciências e Biologia. In: GULLICH, R. I. C. et al. (Org). **Didática da Biologia**. Curitiba, 2017.

CNE - Conselho Nacional de Educação (2011). Recomendação sobre Educação para a Literacia Mediática. Recomendação n.º 6/2011. Ministério da Educação e Ciência. Diário da República, 2.ª série — N.º 250 — 30 de Dezembro de 2011.

COSTA, D. C. Daslin: What are new Technologies for? In: Workshop Internacional sobre Educação Virtual – **Realidade e desafio para o próximo milénio**. Fortaleza. Universidade Estadual do Ceará. 1999, p. 167 -175.

GUIMARAES, J. S. et al. As Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino de Ciências: resultados de um levantamento teórico-bibliográfico nos anais do Enpec. **Ciclo Revista**: experiência em formação no IFGoiano, v. 2, p. 60-63, 2017.

JOLY, M. C. R. A. et al. Avaliação das competências docentes para utilização das tecnologias digitais da comunicação e informação. **Currículo sem Fronteiras**, v. 12, n. 3, p. 83-96, Set/Dez 2012. Disponível em: <https://is.gd/Touc96>. Acesso em: 20 nov. 2024.

PNAD - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Documento eletrônico. Disponível em: <https://is.gd/hb4ytu> Acesso em: 20 nov. 2024.

BALTAR, R., Baltar, C.S. Professores serão substituídos pela inteligência artificial? **Authorea**. Fev. 01, 2023. Disponível em: <https://is.gd/aA0Ev1>. Acesso em: 20 nov. 2024.

SANTOS, W. B. et al. **Modelos 3DR nas ciências da natureza**: Um repensar do capital cultural na escola do campo. 1. ed. Goiânia: Kelps, 2019. v. 1. 160p.

SILVA, I. F.; FELICIO, C. M.; TEODORO, P. V. Sala de aula invertida e tecnologias digitais: possibilidade didática para o ensino de Ciências em uma proposta de metodologia ativa. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 17, p. 1387-1401, 2022.

SILVA, B.; OSÓRIO, A. As Tecnologias de Informação e Comunicação da Educação na Universidade do Minho. In: FREITAS, C.V. (org.). **Dez Anos de Desafios à Comunidade Educativa** (pp. 9-25). Braga: Centro de Competência da Universidade do Minho, 2009. Disponível em: <https://is.gd/PakxFO>. Acesso em: 20 nov. 2024.

SILVA, M. A. A. et al. Análise do desempenho docente em tecnologias digitais da informação e comunicação. **Iniciação em Pesquisa**, agosto 2012. Disponível em: <https://is.gd/tv3lsN>. Acesso em: 20 nov. 2024.

TOLOMEI, B. V. A Gamificação como Estratégia de Engajamento e Motivação na Educação. **EAD em Foco**, Niterói, abril 2017, p.145–156. Disponível em: <https://doi.org/10.18264/eadf.v7i2.440>. Acesso em: 20 nov. 2024.

VALENTE, J. A. **A inclusão das Tecnologias na Educação Infantil**. In: Revista Pátio, n.18, p.29-32, nov 2009. Disponível em: <https://is.gd/e4OvTf>. Acesso em: 20 nov. 2024.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

### **CARLA PATRÍCIA BEJO WOLKERS**

Substituir o texto para: É bacharel e licenciada em Biologia pela UNESP, Doutora e Pós-doutorado pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – USP. É Professora no Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal – ICENP, da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Trabalha com as áreas de Anatomia e Fisiologia Humana e comparada.

### **WELSON BARBOSA SANTOS**

É Licenciado em Biologia e Pedagogia, Doutor em educação pela UFSCar e Pós Doutor pela UNESP, Professor no INENP – UFU e no Programa de Pós-graduação em Ensino de ciências e Matemática PPGECM - UFU. Desenvolve modelos 3DR par o ensino de biologia e discute vulnerabilidade e suicídio entre homens.

### **PAULO VITOR TEODORO**

É Licenciado em Química e Pedagogia, Doutor em Educação pela Universidade de Brasília. Professor no ICENP – UFU e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática PPGECM. Coordena projetos de pesquisa de uso de modelos no ensino de Ciências e contextos da Inteligência artificial.

### **MILTON ANTONIO AUTH**

É Licenciado em Física, Doutor em Educação pela Universidade Federal de Santa Catarina, professor Titular da Universidade Federal de Uberlândia e no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática PPGECM, pesquisa Interdisciplinaridade, Organização Curricular e Formação de Professores

# ÍNDICE REMISSIVO

## A

Abstinência 128, 137  
Adeno-hipófise 114–115, 117  
Adrenalina 81  
Amigdala 77, 79, 85  
Ansiedade 77–78, 81–86, 118, 128, 135, 137, 156  
Área septal 124

## B

Bacharelado 14, 16, 20, 23, 26, 29  
Bulbo 80

## C

Cafeína 37, 133  
Cerebelo 50–51, 92, 94–99  
Ciclo circadiano 44, 58, 157  
Círculo de Papez 67  
Cocaína 126, 135–137  
Compulsão 127, 138–139  
Corpo estriado 93  
Corpo mamilar 67  
Côrrix pré-frontal 69–73, 124, 126–127, 141  
Côrrix somatossensorial 101, 105, 109

## D

Dependência química 15, 127, 133  
Digital 143, 145–146, 150, 155  
Docência 13, 18  
Dopamina 69, 107, 116, 124–128, 136, 140–142  
Dor 15, 101–108, 110, 117, 125

## E

Eletroencefalograma 35  
Emoções 65–70, 74–75, 77–78, 81, 83–86, 93–94, 99–100, 102–103, 118, 146, 150, 156  
Encéfalo 14, 16, 44, 65, 67–68, 80, 89–90, 104, 114, 129, 141

Endorfinas 108, 125, 139  
Estriado ventral 69, 124

## F

Formação de professores 13, 15–16, 18, 48, 159

## G

Gaba 34, 38, 116, 125

## H

Hipocampo 67, 78, 90, 92, 124  
Hipófise 52, 81, 113–121  
Hipotálamo 33–34, 44–46, 52, 55, 57, 67, 80–81, 113–121, 124, 133  
Hormônio anti-diurético 117  
Hormônio do crescimento 115  
Hormônio folículo estimulante 115  
Hormônio tireotrófico 115–116

## L

Locus coeruleus 34

## M

Medo 41, 66–68, 70, 77–78, 80–87, 94–95, 141, 149  
Melatonina 43–48, 51–53, 58, 157  
Mesencéfalo 32–33, 107, 124  
Modelos 3DR 39, 49, 51, 61, 72–73, 86, 95–96, 109, 111, 120, 148, 159

## N

Neurofisiologia 2, 31  
Neuro-hipófise 114, 117–118  
Neurotransmissores 33–34, 38, 46, 107, 125, 136  
Nicotina 118, 123  
Nociceptores 104

Núcleo accumbens 69, 124, 133–134, 141

Núcleo Supraquiasmático 44–45, 55, 60

Núcleo Tuberomamilar 34

## O

Ocitocina 117–118, 121  
Olfato 81, 91, 93, 111

## P

Pineal 43–45, 48, 50–52  
Ponte 39, 120  
Potencial de ação 25–26  
Potencial de repouso 25  
Prazer 22, 69–70, 100, 123–124, 126, 133–137, 139, 141–143  
Prolactina 115–116

## R

Relógio Biológico 45, 47, 52, 55–58, 61–62

## S

Serotonina 34, 107, 116, 125  
Sistema ativador reticular ascendente 33–34  
Sistema de recompensa 123–124, 126–127, 134–136, 139, 141  
Sistema límbico 65–71, 74–75, 78  
Sistema nervoso autônomo 34, 81  
Sono REM 35–37

## T

Transtornos de ansiedade 82–83  
Trauma 104  
Tronco encefálico 32–34, 36, 38–40, 46, 50–52, 80, 96, 105, 107, 134



Este livro foi composto pela Editora Bagá.

[www.editorabagai.com.br](http://www.editorabagai.com.br) [/editorabagai](https://www.instagram.com/editorabagai)

[/editorabagai](https://www.facebook.com/editorabagai)

[contato@editorabagai.com.br](mailto:contato@editorabagai.com.br)