

## NEURONUTRIÇÃO E NEUROMODULAÇÃO ALIMENTAR: COMO O CÉREBRO REGULA FOME, COMPULSÃO E COMPORTAMENTO

NEURONUTRITION AND DIETARY NEUROMODULATION: HOW THE BRAIN REGULATES HUNGER, COMPULSION, AND BEHAVIOR

NEURONUTRICIÓN Y NEUROMODULACIÓN ALIMENTARIA: CÓMO EL CEREBRO REGULA EL HAMBRE, LA COMPULSIÓN Y EL COMPORTAMIENTO

Paulina Nunes da Silva<sup>1</sup>

Maria Vilani Oliveira Dantas Leite<sup>2</sup>

Gláucia Almeida Rocha Ciulla<sup>3</sup>

Yago de Souza Alemão<sup>4</sup>

Jailson da Silva<sup>5</sup>

Renata Kellen Cavalgante Alexandrino<sup>6</sup>

Patrícia Cristina da Silva Pereira<sup>7</sup>

Danielly das Graças Belarmino<sup>8</sup>

**RESUMO:** Este artigo de revisão explora como o cérebro integra sinais homeostáticos, hedônicos e cognitivos para regular fome, compulsão alimentar e comportamento alimentar, um campo emergente que chamamos de neuronutrição e neuromodulação alimentar. A partir de bases neurobiológicas, sintetizamos evidências sobre os circuitos hipotalâmicos (particularmente neurônios AgRP/NPY e POMC/CART), o tronco encefálico e a via mesolímbica dopaminérgica que medeia recompensa e motivação, além da modulação top-down de córtex pré-frontal e ínsula. Discutimos o eixo intestino-cérebro (hormônios como leptina, insulina, grelina, GLP-1 e PYY), microbiota, neuroinflamação e o papel do estresse (eixo HPA) na vulnerabilidade à hiperfagia e à compulsão. No âmbito comportamental, analisamos como ultra-processados, pistas ambientais, privação de sono e ritmos circadianos alteram a sensibilidade à recompensa e o controle inibitório. A revisão também contempla estratégias de neuromodulação e intervenções translacionais: estimulação não invasiva (TMS, tDCS) voltada a redes de controle executivo e saliência; farmacoterapia (por exemplo, agonistas de GLP-1) aliada a abordagens dietéticas (qualidade da dieta, distribuição proteica, fibras fermentáveis); e técnicas de autorregulação (neurofeedback, mindfulness e terapia cognitivo-comportamental). Por fim, propomos um modelo integrativo que conecta sinais periféricos, circuitos centrais e contexto psicosocial, destacando implicações clínicas para obesidade e transtornos alimentares, bem como lacunas metodológicas (medidas ecologicamente válidas, estratificação por endofenótipos, e desfechos de longo prazo). Ao articular mecanismos e aplicações, este trabalho oferece um arcabouço prático para profissionais de saúde e pesquisadores interessados em personalizar intervenções que visam restaurar a homeostase energética e reduzir comportamentos compulsivos.

2791

**Palavras-chave:** Neuronutrição. Neuromodulação alimentar. Controle da fome.

<sup>1</sup>Nutricionista, mestre em Educação Física, Universidade de Brasília - UnB.

<sup>2</sup>Doutora em Nutrição e Saúde Pública pela Universidade de Salamanca, Espanha.

<sup>3</sup>Nutricionista, Especialista em Tecnologia e qualidade de alimentos vegetais pela UFLA.

<sup>4</sup>Nutricionista, Especialista em Nutrição Clínica.

<sup>5</sup>Nutricionista, UNINASSAU, campus Recife-PE.

<sup>6</sup>Nutricionista, Especialista em Nutrição Clínica, Nutrição Materno-infantil e Nutrição no paciente crítico, HUWC/Ebserh - Fortaleza-CE.

<sup>7</sup>Nutricionista pelo Centro Universitário das Américas – FAM.

<sup>8</sup> Acadêmica de Nutrição pelo Centro Universitário UNA, Bom Despacho-MG.

**ABSTRACT:** This narrative review examines how the brain integrates homeostatic, hedonic, and cognitive signals to regulate hunger, binge-eating, and food-related behavior, an emerging framework we term neuronutrition and dietary neuromodulation. We synthesize neurobiological evidence on hypothalamic circuits (notably AgRP/NPY and POMC/CART neurons), brainstem pathways, and the mesolimbic dopaminergic system underlying reward and motivation, alongside top-down modulation from prefrontal cortex and insula. We address the gut-brain axis—including leptin, insulin, ghrelin, GLP-1, and PYY—microbiota interactions, neuroinflammation, and stress (HPA axis) as contributors to hyperphagia and compulsion. From a behavioral perspective, we analyze how ultra-processed foods, environmental cues, sleep restriction, and circadian misalignment shift reward sensitivity and impair inhibitory control. The review also covers neuromodulation and translational strategies: noninvasive brain stimulation (TMS, tDCS) targeting executive-control and salience networks; pharmacotherapies (e.g., GLP-1 agonists) combined with dietary approaches (diet quality, protein timing, fermentable fibers); and self-regulation tools (neurofeedback, mindfulness, cognitive-behavioral therapy). Finally, we propose an integrative model linking peripheral signals, central circuits, and psychosocial context, highlighting clinical implications for obesity and eating disorders, and methodological gaps (ecologically valid measures, endophenotype-based stratification, and long-term outcomes). By bridging mechanisms and applications, this work provides a practical scaffold for clinicians and researchers seeking to personalize interventions that restore energy homeostasis and reduce compulsive eating.

**Keywords:** Neuronutrition. Dietary neuromodulation. Hunger control.

**RESUMEN:** Este artículo de revisión explora cómo el cerebro integra señales homeostáticas, hedónicas y cognitivas para regular el hambre, la compulsión alimentaria y el comportamiento alimentario, en un campo emergente denominado neuronutrición y neuromodulación alimentaria. A partir de fundamentos neurobiológicos, se sintetizan evidencias sobre los circuitos hipotalámicos (particularmente las neuronas AgRP/NPY y POMC/CART), el tronco encefálico y la vía mesolímbica dopamínérgica que media la recompensa y la motivación, junto con la modulación cortical desde la corteza prefrontal y la ínsula. Se aborda el eje intestino-cerebro (hormonas como leptina, insulina, grelina, GLP-1 y PYY), la microbiota intestinal, la neuroinflamación y el papel del estrés (eje HPA) en la vulnerabilidad a la hiperfagia y la compulsión. Desde una perspectiva conductual, se analiza cómo los alimentos ultraprocesados, las señales ambientales, la privación del sueño y los ritmos circadianos alteran la sensibilidad a la recompensa y el control inhibitorio. La revisión también considera estrategias de neuromodulación y enfoques traslacionales: estimulación cerebral no invasiva (TMS, tDCS) dirigida a redes de control ejecutivo y de saliencia; farmacoterapia (por ejemplo, agonistas de GLP-1) combinada con estrategias dietéticas (calidad de la dieta, distribución proteica, fibras fermentables); y técnicas de autorregulación (neurofeedback, mindfulness y terapia cognitivo-conductual). Finalmente, se propone un modelo integrador que conecta señales periféricas, circuitos centrales y contexto psicosocial, destacando implicaciones clínicas para la obesidad y los trastornos alimentarios, así como lagunas metodológicas (medidas ecológicamente válidas, estratificación por endofenotipos y resultados a largo plazo). Al articular mecanismos y aplicaciones, este trabajo ofrece un marco práctico para profesionales de la salud e investigadores interesados en personalizar intervenciones destinadas a restaurar la homeostasis energética y reducir comportamientos compulsivos.

2792

**Palabras clave:** Neuronutrición. Neuromodulación alimentaria. Control del hambre.

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o avanço das neurociências e das ciências da nutrição tem permitido compreender, com maior profundidade, a complexa interação entre cérebro, alimentação e comportamento. Essa interface deu origem a um campo interdisciplinar conhecido como neuronutrição, cujo objetivo é investigar como nutrientes, padrões alimentares e estados metabólicos influenciam a função cerebral, e reciprocamente, como os circuitos neurais modulam o comportamento alimentar, a fome e a saciedade (Gómez-Pinilla, 2008; López et al., 2021). Paralelamente, o conceito de neuromodulação alimentar vem ganhando destaque, englobando mecanismos biológicos, cognitivos e comportamentais que determinam a relação entre o prazer de comer, o controle inibitório e a motivação para a busca de alimentos. Assim, entender como o cérebro regula a fome, a compulsão e o comportamento alimentar tornaram-se essenciais para delinear estratégias terapêuticas mais eficazes na prevenção e tratamento da obesidade, dos transtornos alimentares e de distúrbios metabólicos.

A regulação do comportamento alimentar é resultado da integração de múltiplos sistemas neurais e hormonais. O hipotálamo desempenha papel central nesse processo, funcionando como um “centro de comando” que recebe informações de hormônios periféricos — como a leptina, a insulina, a grelina e o peptídeo YY — e de sinais neurais oriundos do trato gastrointestinal (Morton et al., 2014). Os neurônios AgRP/NPY (orexígenos) e POMC/CART (anorexígenos) do núcleo arqueado do hipotálamo agem em equilíbrio dinâmico para estimular ou inibir a ingestão alimentar conforme o estado energético do organismo. Quando ocorre desequilíbrio nesses circuitos — por exemplo, em estados de resistência à leptina ou de inflamação hipotalâmica —, a sensação de fome pode se manter mesmo diante de reservas energéticas adequadas, contribuindo para o ganho de peso e para o comportamento compulsivo.

Entretanto, o controle da alimentação não é apenas homeostático. O sistema de recompensa, mediado principalmente pela dopamina nas vias mesolímbicas, especialmente entre a área tegmental ventral (VTA) e o núcleo accumbens, tem papel determinante na motivação para buscar e consumir alimentos palatáveis (Volkow et al., 2013). Essa rede neural, responsável por gerar prazer e reforço, é sensível não apenas ao valor energético, mas também à textura, ao sabor e à expectativa emocional associada ao alimento. O consumo frequente de alimentos ultraprocessados, ricos em açúcares e gorduras, pode alterar a sensibilidade dopaminérgica e reduzir o controle inibitório exercido pelo córtex pré-frontal, um mecanismo semelhante ao observado em comportamentos aditivos (Gearhardt et al., 2011).

Além dos aspectos neurais, cresce a compreensão sobre o eixo intestino-cérebro, uma via bidirecional que conecta o sistema nervoso central ao sistema entérico, mediada por sinais hormonais, imunológicos e neurais (Cryan et al., 2019). A microbiota intestinal desempenha papel modulador relevante nesse eixo, influenciando a produção de neurotransmissores, como serotonina e GABA, e participando da regulação do humor, do apetite e da inflamação sistêmica. Dietas ricas em fibras, polifenóis e alimentos fermentados tendem a favorecer perfis microbianos associados à homeostase energética e à regulação emocional, enquanto dietas desequilibradas podem induzir disbiose e favorecer quadros de compulsão alimentar.

Os fatores psicossociais também são determinantes na dinâmica da alimentação. O estresse crônico, por exemplo, ativa o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA), elevando níveis de cortisol e modificando a sensibilidade à insulina e à leptina. Esse processo, além de promover acúmulo de gordura visceral, estimula a busca por alimentos altamente energéticos e palatáveis como forma de alívio emocional (Dallman et al., 2003). Em contrapartida, práticas de regulação emocional, como o mindfulness, têm demonstrado potencial para reduzir o comer impulsivo e restaurar o equilíbrio entre os sistemas de recompensa e de controle cognitivo (Tapper, 2017).

Nesse contexto, surge o interesse pelas intervenções de neuromodulação — tanto farmacológicas quanto não farmacológicas —, voltadas à modificação da atividade neural e comportamental associada à alimentação. Estudos com estimulação magnética transcraniana (TMS) e estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS) sobre regiões como o córtex dorsolateral pré-frontal e a ínsula têm mostrado resultados promissores na redução de desejos alimentares e episódios compulsivos (Hall et al., 2018). Em paralelo, terapias baseadas em neurofeedback, treinamento cognitivo e estratégias nutricionais personalizadas buscam reforçar a autorregulação neural e a plasticidade adaptativa do sistema alimentar.

Por se tratar de um fenômeno multifatorial, a compreensão do comportamento alimentar exige uma abordagem multinível e interdisciplinar, que une neurociência, endocrinologia, psicologia e nutrição. Dessa forma, o presente artigo propõe uma revisão da literatura sobre neuronutrição e neuromodulação alimentar, sintetizando evidências científicas que elucidam os mecanismos neurobiológicos e psicossociais envolvidos na regulação da fome, da compulsão e do comportamento alimentar. Busca-se, assim, construir uma visão integrativa que destaque os avanços recentes, as lacunas ainda existentes e as possibilidades terapêuticas emergentes para a promoção da saúde metabólica e mental.

Ao reunir achados contemporâneos sobre os circuitos cerebrais, os mediadores hormonais e as interações entre alimentação e mente, esta revisão pretende contribuir para o desenvolvimento de estratégias clínicas e preventivas mais eficazes. Entender como o cérebro “fala” com o corpo e como a alimentação influencia essa comunicação não é apenas uma questão biológica, mas também uma ponte entre saúde física, equilíbrio emocional e qualidade de vida — pilares essenciais da neuronutrição moderna.

## MÉTODOS

O presente trabalho caracteriza-se como uma revisão narrativa da literatura, com abordagem qualitativa e descritiva, voltada à análise crítica e integrativa de publicações científicas sobre neuronutrição e neuromodulação alimentar, com ênfase nos mecanismos cerebrais envolvidos na regulação da fome, da compulsão e do comportamento alimentar. Esse tipo de delineamento é adequado quando o objetivo é sintetizar evidências disponíveis, discutir abordagens teóricas e identificar lacunas de pesquisa em um campo emergente (Rother, 2007).

### Estratégia de busca e seleção dos estudos

O processo de levantamento bibliográfico foi realizado entre janeiro e abril de 2025 em bases científicas reconhecidas, incluindo PubMed, Scopus, ScienceDirect e Web of Science. Utilizaram-se os seguintes descritores, combinados por operadores booleanos: “neuronutrition”, “neural modulation”, “eating behavior”, “food addiction”, “hypothalamic regulation”, “gut-brain axis”, e seus equivalentes em português e espanhol. Foram considerados artigos publicados em periódicos revisados por pares, disponíveis em texto completo, com recorte temporal entre 2010 e 2025, que abordassem aspectos neurobiológicos, nutricionais e comportamentais da regulação alimentar.

### Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos estudos que:

1. Abordassem mecanismos neurais e hormonais relacionados à fome, saciedade, compulsão alimentar ou controle inibitório;
2. Explorassem intervenções nutricionais ou estratégias de neuromodulação associadas à regulação do comportamento alimentar;
3. Apresentassem metodologia clara, fundamentação teórica consistente e relevância científica para o tema.

Foram excluídos trabalhos duplicados, estudos não revisados por pares, artigos de opinião sem base empírica e pesquisas que tratassem exclusivamente de modelos animais sem relação translacional com o comportamento humano.

### Processo de triagem e análise

A etapa de seleção e análise dos artigos foi conduzida por um grupo de pesquisadores composto por oito nutricionistas, integrantes de um grupo de estudos em Nutrição e Neurociências. Cada pesquisador ficou responsável por identificar e apresentar cinco artigos científicos relevantes dentro do escopo temático definido, totalizando 45 artigos inicialmente selecionados. Em reuniões presenciais e virtuais do grupo, procedeu-se à leitura crítica dos materiais, com discussão dos principais resultados, metodologias empregadas, limitações e aplicabilidade clínica de cada estudo.

Durante as sessões de análise, foram considerados aspectos como:

consistência teórico-metodológica;

qualidade das evidências apresentadas;

atualização do conteúdo;

contribuição para a compreensão dos mecanismos de neuronutrição e neuromodulação.

2796

Ao final do processo de debate e avaliação coletiva, o grupo decidiu selecionar os 10 artigos mais relevantes entre os 45 inicialmente revisados. A escolha baseou-se em consenso, levando em conta a pertinência dos temas, o impacto científico das publicações e a representatividade das abordagens sobre a regulação cerebral da alimentação.

### Síntese e elaboração da revisão

Os 10 artigos selecionados foram submetidos a uma leitura aprofundada, buscando-se identificar convergências e divergências entre os achados, bem como integrar evidências sobre os principais mecanismos neuroendócrinos e comportamentais discutidos na literatura. O conteúdo foi então sistematizado em eixos temáticos, correspondentes às categorias de análise que estruturaram este artigo: (1) mecanismos neurais da fome e saciedade; (2) sistema de recompensa e compulsão alimentar; (3) eixo intestino-cérebro e microbiota; e (4) estratégias de neuromodulação e intervenções nutricionais.

A redação final foi construída de forma colaborativa, consolidando as contribuições dos oito pesquisadores envolvidos no grupo de estudos. O objetivo foi garantir uma interpretação

crítica, integradora e atualizada das evidências disponíveis, de modo a oferecer uma visão ampla sobre o papel da neuronutrição e da neuromodulação alimentar na regulação do comportamento humano.

## RESULTADOS

Após a triagem e discussão dos 45 artigos inicialmente levantados, o grupo selecionou os 10 estudos mais relevantes sobre neuronutrição e neuromodulação alimentar, organizados em quatro grandes eixos temáticos: (1) regulação hormonal central e periférica, (2) modulação do sistema de recompensa, (3) eixo intestino-cérebro e microbiota, e (4) estratégias de neuromodulação alimentar e implicações clínicas.

### 1. Regulação hormonal central e periférica

Os estudos analisados evidenciaram o papel fundamental dos hormônios periféricos, como leptina e grelina, na comunicação entre os sistemas metabólico e neural. A revisão de Yeo et al. (2011) destacou como esses hormônios modulam não apenas o hipotálamo, mas também estruturas do tronco encefálico e do sistema mesolímbico, exercendo influência direta sobre a motivação alimentar e o controle da saciedade. A leptina, secretada pelo tecido adiposo, atua como um sinal inibitório da ingestão, enquanto a grelina, produzida no estômago, estimula o apetite e aumenta a resposta dopaminérgica frente a estímulos alimentares.

De modo complementar, a revisão de Andermann e Lowell (2017) demonstrou que os neurônios hipotalâmicos AgRP e POMC integram sinais de leptina, insulina e grelina, coordenando o comportamento alimentar de acordo com o estado energético corporal. Já Holst et al. (2018) revisaram os efeitos do GLP-1 e do PYY, hormônios intestinais que participam do feedback de saciedade e influenciam regiões corticais envolvidas na decisão alimentar. Esses achados sustentam a noção de que a regulação hormonal é um componente essencial da neuromodulação alimentar, atuando como ponte entre o metabolismo periférico e os circuitos cerebrais.

### 2. Modulação do sistema de recompensa

Vários dos estudos selecionados abordaram o envolvimento do sistema de recompensa no controle do comportamento alimentar. A revisão de Volkow, Wang e Baler (2013) demonstrou sobreposição entre os mecanismos neurais da obesidade e dos comportamentos

aditivos, especialmente no que se refere à hipoatividade dopaminérgica e à perda do controle inibitório. Nessa mesma linha, Stice et al. (2011) mostraram que indivíduos com sobrepeso apresentam resposta exacerbada do núcleo accumbens frente a alimentos altamente palatáveis, fenômeno que contribui para a manutenção de padrões compulsivos.

O estudo de Skibicka e Dickson (2011) reforçou o papel da grelina como um modulador positivo da recompensa alimentar. Os autores descreveram que a administração de grelina aumenta a motivação por alimentos ricos em gordura e açúcar, enquanto sua inibição reduz o comportamento de busca por comida. De maneira complementar, Abizaid et al. (2006) identificaram receptores de grelina na área tegmental ventral, confirmando que esse hormônio atua diretamente sobre circuitos dopaminérgicos mesolímbicos, fortalecendo o elo entre sinalização periférica e resposta motivacional central.

Essas evidências reforçam o modelo de que a alimentação hedônica — guiada pelo prazer e não pela necessidade energética — resulta da interação entre sistemas hormonais e redes neurais de recompensa.

### 3. Eixo intestino-cérebro e microbiota

O eixo intestino-cérebro foi amplamente discutido entre os artigos selecionados, 2798 destacando a relevância da microbiota intestinal na regulação do comportamento alimentar. A revisão de Cryan e Dinan (2019) consolidou evidências de que os microrganismos intestinais influenciam diretamente a produção de neurotransmissores (como serotonina e GABA) e modulam vias vagais e endócrinas capazes de afetar o humor, o apetite e a cognição.

O trabalho de Bruce-Keller et al. (2015) mostrou que a disbiose intestinal induzida por dietas ricas em gordura altera a permeabilidade intestinal, aumenta a inflamação sistêmica e impacta a sinalização cerebral relacionada à recompensa. Paralelamente, Mayer et al. (2022) revisaram como os metabólitos microbianos — especialmente os ácidos graxos de cadeia curta (SCFAs) — influenciam o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal e podem modular a liberação de grelina e leptina.

Por sua vez, Li et al. (2023) sistematizaram mecanismos fisiológicos do eixo intestino-cérebro, ressaltando a ação conjunta de hormônios intestinais, vias imunológicas e nervo vago na modulação do comportamento alimentar. Esses autores reforçam que a microbiota atua como uma forma endógena de neuromodulação, capaz de alterar o padrão de ativação cerebral diante de estímulos alimentares e de influenciar o estado emocional associado à ingestão.

#### 4. Estratégias de neuromodulação alimentar e implicações clínicas

Os artigos que abordaram estratégias terapêuticas apontam avanços promissores em neuromodulação não invasiva e farmacológica. A meta-análise de Hall et al. (2018) demonstrou que a estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS) aplicada ao córtex pré-frontal dorsolateral pode reduzir significativamente os desejos alimentares e a frequência de episódios compulsivos, reforçando o papel dessa área cerebral no controle inibitório e na tomada de decisão alimentar.

De forma complementar, Alonso-Alonso et al. (2013) discutiram que a estimulação magnética transcraniana (TMS) também apresenta efeitos positivos na regulação da impulsividade alimentar, sugerindo que a modulação de circuitos pré-frontais pode alterar a resposta emocional e hedônica aos alimentos.

No campo farmacológico, Ten Kulve et al. (2016) mostraram que o uso de agonistas de GLP-1, como a liraglutida, reduz a atividade de regiões corticais relacionadas à recompensa (ínsula, putâmen e córtex orbitofrontal), o que contribui para o controle do apetite. Esses resultados foram corroborados por van Bloemendaal et al. (2014), que observaram respostas cerebrais atenuadas a estímulos alimentares em pacientes tratados com GLP-1, indicando um possível mecanismo de neuromodulação bioquímica.

2799

Por fim, Tapper (2017) revisou intervenções baseadas em mindfulness e autorregulação cognitiva, demonstrando que práticas de atenção plena podem fortalecer a conectividade entre o córtex pré-frontal e estruturas límbicas, reduzindo o comer impulsivo e o comportamento aditivo.

#### Integração dos achados

A síntese dos 10 estudos selecionados indica que o comportamento alimentar é resultado de uma rede integrada de sinais hormonais, microbiológicos e neurais, modulados por fatores ambientais e cognitivos. A grelina, a leptina, os hormônios intestinais e os metabólitos microbianos emergem como moduladores da atividade de sistemas de recompensa e de controle cognitivo.

Em conjunto, as evidências revisadas sugerem que:

Os sinais periféricos não atuam apenas de forma homeostática, mas também modulam o valor hedônico dos alimentos.

A microbiota intestinal participa ativamente do controle alimentar, influenciando tanto o metabolismo quanto o comportamento.

Estratégias de neuromodulação, sejam elas fisiológicas, farmacológicas ou comportamentais, têm potencial terapêutico relevante na prevenção e tratamento da obesidade e da compulsão alimentar.

Assim, os resultados desta revisão reforçam a importância de compreender a neuronutrição e a neuromodulação alimentar como campos integradores, nos quais corpo e cérebro se comunicam de maneira dinâmica, influenciando não apenas a ingestão calórica, mas também os aspectos emocionais e cognitivos da alimentação.

## DISCUSSÃO

A análise dos resultados obtidos a partir dos dez estudos selecionados permitiu ao grupo de pesquisadores estabelecer uma compreensão aprofundada e crítica sobre os mecanismos que interligam a neuronutrição e a neuromodulação alimentar, considerando a regulação da fome, da compulsão e do comportamento alimentar. As reflexões aqui apresentadas foram conduzidas por um grupo de oito nutricionistas pesquisadores, sob a orientação da Doutora Paulina Nunes da Silva, especialista em Nutrição e Neurociência, que coordenou as discussões teóricas e metodológicas do estudo. 2800

Durante as reuniões do grupo, foi possível observar uma forte convergência entre os achados dos artigos e as experiências práticas dos profissionais. De modo geral, os pesquisadores reconheceram que a alimentação é um fenômeno multifatorial, influenciado por componentes biológicos, neuroendócrinos, cognitivos e ambientais, o que reforça a necessidade de uma abordagem interdisciplinar para compreender o comportamento alimentar humano.

A partir das leituras e debates, identificou-se que os mecanismos hipotalâmicos continuam sendo o eixo central da regulação da fome e da saciedade, conforme demonstrado nos estudos de Yeo et al. (2011) e Andermann e Lowell (2017). Contudo, o grupo destacou que tais mecanismos não atuam isoladamente: eles estão intrinsecamente conectados aos sistemas de recompensa cerebral, conforme evidenciado por Volkow, Wang e Baler (2013). A Dra. Paulina Nunes salientou que essa integração entre os sistemas homeostático e hedônico constitui a base da neuromodulação alimentar, na medida em que o cérebro interpreta os sinais metabólicos e transforma-os em motivação e comportamento.

Os pesquisadores observaram que a grelina desempenha um papel particularmente interessante, funcionando como um elo entre o metabolismo periférico e o sistema de recompensa, conforme descrito por Skibicka e Dickson (2011). Durante as discussões, o pesquisador Jailson da Silva observou que, do ponto de vista prático, compreender o efeito da grelina pode ajudar a explicar por que indivíduos sob estresse ou restrição calórica tendem a buscar alimentos de alto valor energético. Essa visão foi reforçada pela doutora Maria Vilani Oliveira Dantas Leite, que destacou a importância de considerar o estado emocional e o contexto social na análise do comportamento alimentar, uma vez que fatores psicológicos modulam a liberação hormonal e o padrão de resposta neural.

Outro ponto de consenso entre os pesquisadores foi o papel do eixo intestino-cérebro e da microbiota intestinal. As evidências apresentadas por Cryan e Dinan (2019) e Mayer et al. (2022) foram amplamente discutidas no grupo, especialmente quanto à influência dos microrganismos intestinais na produção de neurotransmissores e na sinalização neural. As pesquisadoras Gláucia Almeida Rocha Ciulla, Renata Kellen Cavalcante Alexandrino e Patrícia Cristina da Silva Pereira ressaltaram que a microbiota pode ser vista como uma “nova fronteira terapêutica” na nutrição, pois sua modulação, por meio da dieta, de prebióticos e probióticos, pode contribuir para equilibrar o comportamento alimentar e reduzir episódios de compulsão.

2801

A discussão do grupo também abordou as implicações clínicas das estratégias de neuromodulação alimentar. O artigo de Hall et al. (2018) sobre a estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS) foi considerado um avanço importante, pois fornece evidências de que a modulação da atividade cortical pode influenciar o controle inibitório e o desejo alimentar. A pesquisadora e estudante de nutrição Danielly das Graças Belarmino destacou que, embora promissora, essa técnica ainda requer padronização metodológica e acompanhamento de longo prazo. De forma complementar, o estudo de Ten Kulle et al. (2016), que demonstrou os efeitos da liraglutida sobre a atividade cerebral, foi citado como exemplo de neuromodulação farmacológica, indicando que compostos bioativos e hormônios intestinais também podem modular circuitos neurais relacionados à alimentação.

A Doutora Paulina Nunes enfatizou, durante as reuniões, a importância de não dissociar o corpo do cérebro no entendimento da alimentação. Segundo sua orientação, a neuronutrição deve ser vista como um campo integrador, no qual nutrientes, hormônios e neurotransmissores participam de um sistema de retroalimentação que determina não apenas a ingestão calórica, mas também aspectos como prazer, memória alimentar e tomada de decisão. Ela observou que

esse modelo integrativo tem potencial para orientar protocolos clínicos personalizados, capazes de considerar variações individuais em termos genéticos, metabólicos e psicológicos.

Os pesquisadores também discutiram os desafios metodológicos das revisões sobre o tema. Observou-se que a maioria dos estudos utiliza modelos animais ou amostras reduzidas, o que limita a generalização dos achados. O grupo sugeriu que futuras pesquisas devem priorizar estudos longitudinais e ensaios clínicos controlados, integrando biomarcadores neuroendócrinos, perfis de microbiota e medidas comportamentais. Além disso, reforçou-se a necessidade de padronizar terminologias e critérios diagnósticos, especialmente no que diz respeito à “compulsão alimentar” e ao “comer emocional”.

Um dos aspectos mais debatidos foi a influência do ambiente alimentar moderno, caracterizado pela alta disponibilidade de alimentos ultraprocessados, que estimulam intensamente o sistema de recompensa. O pesquisador Yago de Souza Alemão pontuou que esse ambiente cria uma “hiperestimulação dopaminérgica crônica”, levando à dessensibilização dos circuitos de recompensa e à perda de controle sobre o comer, fenômeno comparável ao observado em dependências químicas, como descrito por Gearhardt, Corbin e Brownell (2011).

Ao final das discussões, o grupo sintetizou que a neuronutrição e a neuromodulação alimentar oferecem um novo paradigma para compreender o comportamento alimentar humano, superando a visão reducionista que separava o biológico do psicológico. Essa integração permite pensar em intervenções multidimensionais, que combinem estratégias nutricionais, psicoterapêuticas e, quando necessário, neuromoduladoras. A Dra. Paulina Nunes reforçou que essa perspectiva amplia o papel do nutricionista, transformando-o em um profissional capaz de interpretar o comportamento alimentar à luz da neurociência e de propor terapias personalizadas baseadas em evidências.

Em síntese, a discussão conduzida pelo grupo destacou que a alimentação é um fenômeno neurobiológico, emocional e cultural, cuja compreensão requer a integração entre ciência, prática clínica e sensibilidade humana. A neuronutrição, nesse sentido, não apenas explica como o cérebro regula o comer, mas também oferece caminhos para restaurar o equilíbrio entre prazer, necessidade e consciência alimentar.

## CONCLUSÃO

A presente revisão da literatura sobre *neuronutrição* e *neuromodulação alimentar*: como o cérebro regula fome, compulsão e comportamento permitiu uma análise abrangente e crítica sobre as

múltiplas interações entre o sistema nervoso central, os mecanismos hormonais periféricos e os fatores comportamentais que moldam a ingestão alimentar humana. O estudo, conduzido pelo grupo de oito nutricionistas sob a orientação da Doutora Paulina Nunes da Silva, evidenciou que a regulação da fome e da saciedade vai muito além de um simples processo metabólico. Trata-se de um fenômeno neurobiológico complexo, em que o cérebro atua como um integrador dinâmico das informações homeostáticas, hedônicas, cognitivas e emocionais, mediando o equilíbrio entre necessidade energética e prazer alimentar.

A partir da análise dos dez estudos mais relevantes sobre o tema, observou-se que o hipotálamo mantém papel central na regulação do apetite, integrando sinais de hormônios como leptina, insulina, grelina, GLP-1 e PYY, conforme evidenciado por Yeo et al. (2011), Andermann e Lowell (2017) e Holst et al. (2018). Esses hormônios funcionam como mensageiros periféricos que informam ao cérebro o estado energético do corpo, permitindo ajustes adaptativos na ingestão e no gasto calórico. Todavia, os achados revisados confirmam que tais mecanismos não operam isoladamente. Eles interagem de forma contínua com o sistema de recompensa, modulando o comportamento alimentar por meio de circuitos dopaminérgicos e opioides que atribuem valor emocional e motivacional aos alimentos (Volkow, Wang e Baler, 2013).

Esse diálogo entre o hipotálamo e as estruturas mesolímbicas — especialmente a área tegmental ventral e o núcleo accumbens — demonstra que o ato de comer está profundamente enraizado em processos neurais de prazer e reforço. Tal perspectiva ajuda a compreender por que indivíduos podem consumir alimentos altamente palatáveis mesmo na ausência de fome fisiológica. O estudo de Skibicka e Dickson (2011) reforça esse entendimento ao demonstrar que a grelina, além de estimular o apetite, potencializa a sensibilidade do sistema de recompensa, tornando alimentos ricos em gordura e açúcar ainda mais atraentes. Essa constatação tem implicações diretas na explicação dos comportamentos compulsivos e na dificuldade de adesão a padrões alimentares equilibrados.

A neuronutrição, nesse contexto, surge como uma disciplina que busca compreender como os nutrientes e compostos bioativos afetam diretamente o funcionamento cerebral. Os resultados discutidos pelo grupo indicam que alimentos ricos em ácidos graxos poliinsaturados, aminoácidos precursores de neurotransmissores e compostos antioxidantes podem modular positivamente a plasticidade sináptica, o humor e o controle do apetite. Essa vertente reforça o conceito de que a alimentação adequada não apenas supre necessidades energéticas, mas também favorece a saúde mental e cognitiva, contribuindo para o equilíbrio entre corpo e mente.

Outro ponto amplamente debatido foi o eixo intestino-cérebro, tema de crescente relevância científica. As revisões de Cryan e Dinan (2019) e Mayer et al. (2022) apontam que a microbiota intestinal exerce papel ativo na regulação do comportamento alimentar por meio da produção de neurotransmissores, peptídeos intestinais e metabólitos como os ácidos graxos de cadeia curta (SCFAs). Esses compostos afetam o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, influenciam a liberação de grelina e leptina e modulam respostas inflamatórias sistêmicas. Dessa forma, a microbiota pode ser compreendida como uma verdadeira “ponte metabólica” entre o intestino e o cérebro, com potencial terapêutico na prevenção e tratamento de distúrbios alimentares e metabólicos.

No que se refere à neuromodulação alimentar, os estudos analisados evidenciam que intervenções não invasivas, como a estimulação transcraniana por corrente contínua (tDCS) e a estimulação magnética transcraniana (TMS), representam alternativas promissoras para o controle de impulsos alimentares e o fortalecimento do controle executivo. Hall et al. (2018) demonstraram que a aplicação de tDCS sobre o córtex pré-frontal dorsolateral reduz significativamente o desejo por alimentos altamente calóricos, enquanto Alonso-Alonso et al. (2013) relataram que a TMS pode melhorar a capacidade de inibição de respostas impulsivas. Esses resultados indicam que a modulação de circuitos corticais específicos pode contribuir para restaurar o equilíbrio entre a motivação hedônica e o controle cognitivo, fatores cruciais no manejo da obesidade e da compulsão alimentar.

Além das técnicas neuroestimulatórias, a neuromodulação farmacológica também tem mostrado resultados relevantes. O uso de agonistas de GLP-1, como a liraglutida, demonstrou reduzir a ativação de áreas cerebrais associadas à recompensa, como a ínsula e o córtex orbitofrontal, conforme relatado por Ten Kulle et al. (2016) e van Bloemendaal et al. (2014). Essa ação dupla — metabólica e neural — sugere que substâncias endógenas e fármacos baseados em análogos hormonais podem ser ferramentas eficazes na regulação do comportamento alimentar, atuando tanto no corpo quanto na mente.

De forma integrativa, o grupo de pesquisa concluiu que a neuronutrição e a neuromodulação alimentar constituem campos complementares e interdependentes. Juntas, essas áreas propõem um modelo inovador de compreensão da alimentação humana, em que o cérebro é visto não apenas como receptor passivo de sinais periféricos, mas como um órgão ativo que interpreta, modula e antecipa as necessidades energéticas e emocionais do indivíduo. Essa perspectiva rompe com o paradigma reducionista da nutrição tradicional, ao considerar que os

comportamentos alimentares são moldados tanto por processos fisiológicos quanto por experiências cognitivas e afetivas.

No entanto, apesar dos avanços observados, o grupo reconhece que há limitações significativas nas evidências atuais. A maioria dos estudos revisados apresenta amostras pequenas, períodos de observação curtos e heterogeneidade metodológica. Faltam pesquisas longitudinais que acompanhem os efeitos da modulação neural e nutricional a longo prazo, especialmente em populações clínicas com obesidade, transtorno de compulsão alimentar e depressão associada à alimentação. Além disso, há carência de padronização dos protocolos de neuromodulação e da definição dos biomarcadores neuroendócrinos mais relevantes para mensurar tais efeitos.

Diante disso, esta revisão conclui que a integração entre neurociência, nutrição e psicologia é essencial para compreender e intervir sobre o comportamento alimentar humano. A neuronutrição e a neuromodulação alimentar oferecem bases teóricas e experimentais sólidas para o desenvolvimento de estratégias terapêuticas personalizadas, voltadas não apenas à perda de peso, mas à restauração do equilíbrio funcional entre corpo e mente. Entretanto, para consolidar esse campo de estudo e fortalecer sua aplicabilidade clínica, novas pesquisas precisam ser conduzidas, com metodologias robustas, amostras amplas e abordagens multidimensionais que integrem marcadores biológicos, padrões dietéticos e aspectos comportamentais.

Assim, reafirma-se que compreender *como o cérebro regula a fome, a compulsão e o comportamento alimentar* não é apenas uma questão de biologia, mas de integração entre ciência, clínica e consciência alimentar. A evolução desse campo depende do avanço de estudos que aprofundem a interface entre neuronutrição, neuromodulação e saúde mental, para que se possam desenvolver intervenções cada vez mais eficazes, seguras e humanizadas.

2805

## REFERÊNCIAS

- ABIZAID, A. et al. Ghrelin signaling and the regulation of food intake and reward. *Physiology & Behavior*, v. 89, n. 1, p. 21–26, 2006.
- ALONSO-ALONSO, M. et al. Food reward system: current perspectives and future research needs. *Nutrition Reviews*, v. 71, n. 5, p. 561–570, 2013.
- ANDERMANN, M. L.; LOWELL, B. B. Toward a wiring diagram understanding of appetite control. *Neuron*, v. 95, n. 4, p. 757–778, 2017.
- BRUCE-KELLER, A. J. et al. Obese-type gut microbiota induce neurobehavioral changes in the absence of obesity. *Biological Psychiatry*, v. 77, n. 7, p. 607–615, 2015.

CORDERO, A. M. et al. Revisão sistemática: conceitos, aplicações e diretrizes. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 16, n. 4, p. 275–284, 2007.

CRYAN, J. F.; DINAN, T. G. Mind-altering microorganisms: the impact of the gut microbiota on brain and behaviour. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 13, n. 10, p. 701–712, 2019.

DALLMAN, M. F.; PECORARO, N. C.; LA FLEUR, S. E. Chronic stress and comfort foods: self-medication and abdominal obesity. *Brain, Behavior, and Immunity*, v. 17, supl. 1, p. S132–S134, 2003.

GEARHARDT, A. N.; CORBIN, W. R.; BROWNELL, K. D. Food addiction: an examination of the diagnostic criteria for dependence. *Journal of Addiction Medicine*, v. 5, n. 4, p. 265–272, 2011.

GÓMEZ-PINILLA, F. Brain foods: the effects of nutrients on brain function. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 9, n. 7, p. 568–578, 2008.

HALL, P. A. et al. Transcranial direct current stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex for reducing food cravings: a systematic review and meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, v. 92, p. 306–324, 2018.

HOLST, J. J.; MADSBAD, S. Mechanisms of surgical control of type 2 diabetes: GLP-1 is key factor. *Diabetologia*, v. 61, n. 5, p. 964–971, 2018.

LI, Y. et al. The mechanism of the gut-brain axis in regulating food intake. *Nutrients*, v. 15, n. 17, art. 3728, 2023.

2806

LÓPEZ, M.; TENA-SEMPERE, M. Hypothalamic control of energy balance: focus on the central melanocortin system and the integration of peripheral signals. *Frontiers in Neuroendocrinology*, v. 61, p. 100899, 2021.

MAYER, E. A. et al. Towards a systems view of gut-brain axis function. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, v. 19, n. 7, p. 439–457, 2022.

MORTON, G. J.; MEEK, T. H.; SCHWARTZ, M. W. Neurobiology of food intake and regulation of body weight. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 15, n. 6, p. 367–378, 2014.

ROTHER, E. T. Revisão sistemática X revisão narrativa. *Acta Paulista de Enfermagem*, v. 20, n. 2, p. v–vi, 2007.

SKIBICKA, K. P.; DICKSON, S. L. Ghrelin and food reward: the story of potential underlying substrates. *Peptides*, v. 32, n. 11, p. 2265–2273, 2011.

STICE, E. et al. Relation between obesity and blunted striatal response to food is moderated by TaqIA A1 allele. *Science*, v. 332, n. 6034, p. 1088–1091, 2011.

TAPPER, K. Mindfulness and craving: effects and mechanisms. *Clinical Psychology Review*, v. 59, p. 101–117, 2017.

TEN KULVE, J. S. et al. Liraglutide reduces CNS activation in response to food cues and during food consumption in obese men with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, v. 39, n. 10, p. 1580–1586, 2016.

VAN BLOEMENDAAL, L. et al. Brain reward-system activation in response to anticipation and consumption of palatable food is altered by GLP-1 receptor activation in humans. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, v. 16, n. 9, p. 878–886, 2014.

VOLKOW, N. D.; WANG, G. J.; BALER, R. D. Reward, dopamine and the control of food intake: implications for obesity. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 17, n. 1, p. 37–46, 2013.

YEO, G. S. H.; HEISLER, L. K. Unraveling the brain regulation of appetite: lessons from genetics. *Nature Neuroscience*, v. 15, n. 10, p. 1343–1349, 2012.