



Nutrientes essenciais para o neurodesenvolvimento de 0 a 3 Anos



Dra. Liubiana Arantes de Araújo

Neuropediatra Ph.D. em Neuropediatria, com doutorado pela Harvard Medical School, tendo também atuado como teaching assistant em pesquisa clínica de Harvard-PPCR. É diretora do Instituto Bora Brincar, professora da Pós-graduação em Transtorno do Espectro do Autismo da UFMG, e atual presidente do Departamento Científico de Pediatria do Desenvolvimento da Sociedade Brasileira de Pediatria. Autora da certificação universitária em quociente digital. Esposa e mãe de três filhos.

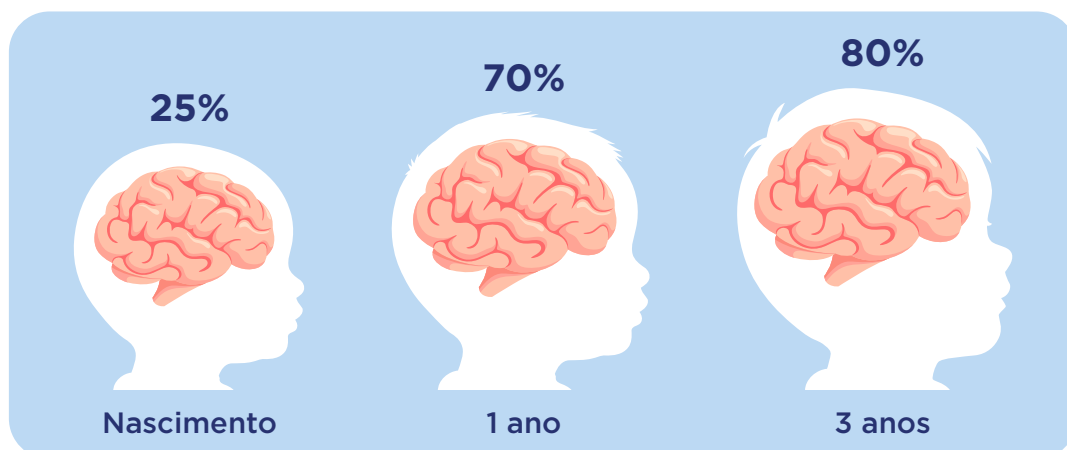


Introdução

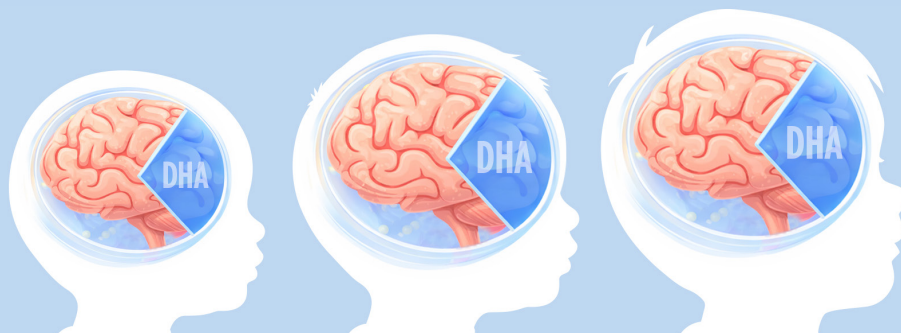
A puericultura contemporânea, especialmente à luz das diretrizes brasileiras pós-Lei 13.438/2017 e das atualizações internacionais de 2024-2026, passa por uma transformação marcada pela incorporação explícita e obrigatória do conhecimento sobre o crescimento e o desenvolvimento na prática clínica diária. **As diretrizes modernas deixam claro que não se trata mais apenas de monitorar peso e estatura, mas de avaliar, acompanhar e promover ativamente os nutrientes e o neurodesenvolvimento, reconhecendo que os primeiros anos constituem a janela de maior plasticidade sináptica de toda a vida humana.**

Nesse período, o cérebro estabelece trilhões de conexões, organiza circuitos corticais, realiza intensa mielinização e consolida habilidades fundamentais para linguagem, atenção, comportamento e aprendizagem. Para que esse processo alcance seu potencial máximo, é indispensável garantir a integridade dos pilares biológicos do desenvolvimento, entre eles a nutrição, que assume um lugar central.

Dentro desse escopo, a neurociência demonstra de forma inequívoca que o cérebro em formação depende de substratos específicos — **lipídios estruturais como DHA e ARA, colina para membranas e neurotransmissão, ferro para mielinização e síntese de dopamina, zinco para plasticidade sináptica, além de prebióticos que contribuem para o equilíbrio da microbiota e do eixo intestino-cérebro.** Por isso, o pediatra da atualidade precisa dominar não apenas curvas de crescimento, mas também os componentes nutricionais essenciais para cada faixa etária, compreendendo como esses nutrientes influenciam sinaptogênese, poda sináptica, expressão gênica, maturação cortical e comportamento. Ao garantir o aporte adequado e orientar escolhas alimentares e formulações apropriadas, o pediatra atua diretamente na promoção do DNPM (desenvolvimento neuropsicomotor), favorecendo que cada criança alcance o máximo do seu potencial neurocognitivo e emocional, em consonância com as evidências científicas mais atuais.



Nos primeiros anos de vida, o neurodesenvolvimento é marcado por um ritmo extraordinariamente acelerado de maturação cerebral, no qual processos como neurogênese, sinaptogênese, expansão dendrítica, mielinização e poda sináptica ocorrem de forma intensa e altamente dependente de substratos nutricionais específicos.



Cerca de
60% do peso seco do
cérebro humano
é composto por
lipídios.

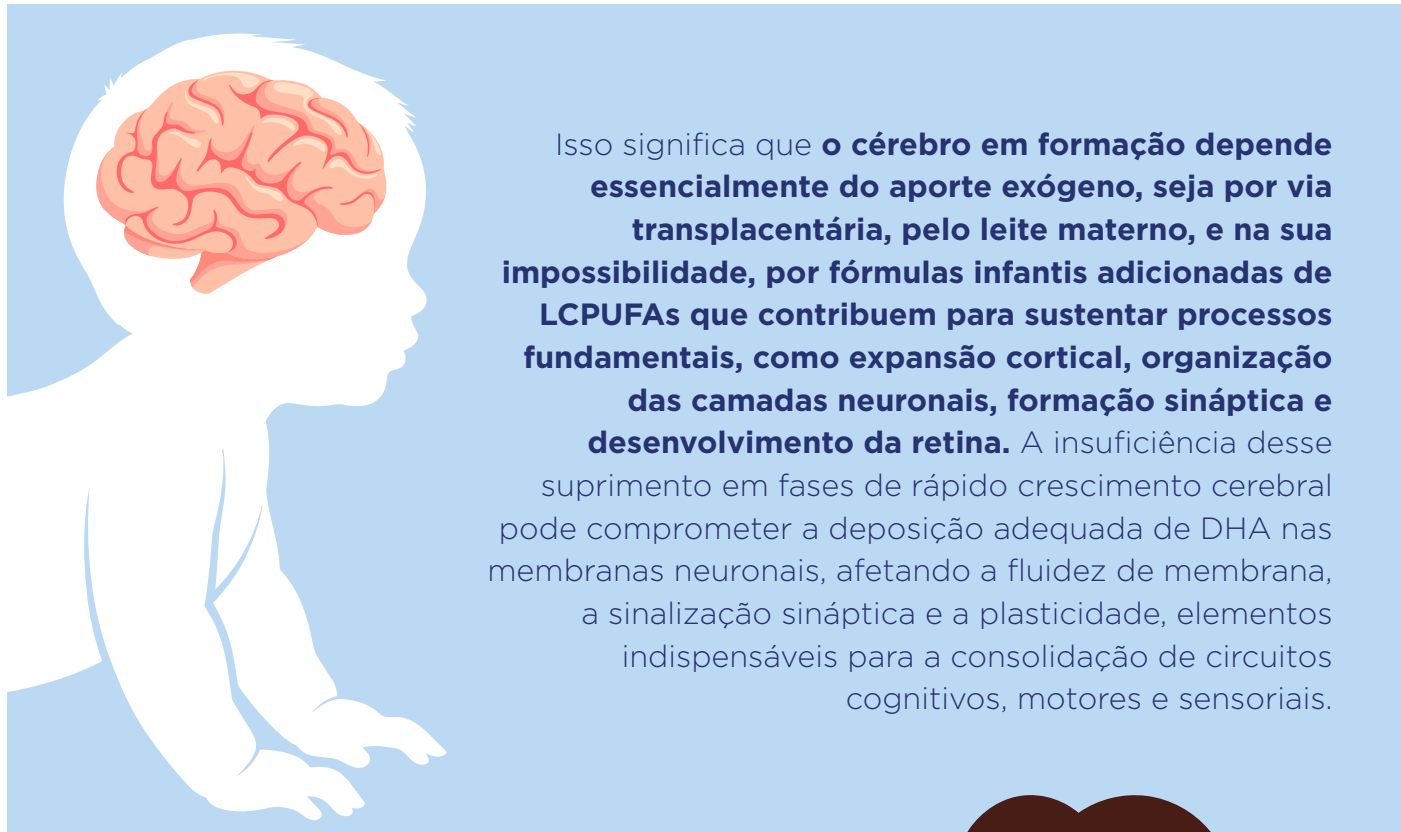
Dentro desse conjunto, destaca-se a elevada concentração de ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa, especialmente o DHA (ácido docosahexaenoico), que corresponde a aproximadamente 10%-15% de todos os ácidos graxos presentes no córtex cerebral.

Esses lipídios estruturais são acompanhados por nutrientes funcionais, como colina, ferro e zinco, cujas presenças adequadas no início da vida estabelecem as bases biológicas para funções cognitivas superiores, comportamento, linguagem e saúde emocional ao longo da infância e da vida adulta.



Durante os períodos críticos do desenvolvimento, especialmente no terceiro trimestre gestacional e nos primeiros meses após o nascimento, a demanda metabólica do cérebro por ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa (LCPUFAs), em especial o DHA, atinge seu pico. O feto não é capaz de sintetizar DHA em quantidades suficientes para suprir suas necessidades neurológicas, uma vez que a conversão endógena de precursores como o ácido alfa-linolênico é limitada e metabolicamente ineficiente.





Isso significa que **o cérebro em formação depende essencialmente do aporte exógeno, seja por via transplacentária, pelo leite materno, e na sua impossibilidade, por fórmulas infantis adicionadas de LCPUFAs que contribuem para sustentar processos fundamentais, como expansão cortical, organização das camadas neuronais, formação sináptica e desenvolvimento da retina.** A insuficiência desse suprimento em fases de rápido crescimento cerebral pode comprometer a deposição adequada de DHA nas membranas neuronais, afetando a fluidez de membrana, a sinalização sináptica e a plasticidade, elementos indispensáveis para a consolidação de circuitos cognitivos, motores e sensoriais.

O leite materno é o alimento biologicamente projetado para atender a essa complexa demanda metabólica, fornecendo DHA, ARA, colina, ferro biodisponível, zinco, prebióticos naturais e compostos imunomoduladores que modulam a microbiota intestinal, a inflamação sistêmica e o desenvolvimento do sistema nervoso central. **Quando o aleitamento materno não é possível, as fórmulas infantis modernas buscam aproximar-se de sua composição a fim de contribuir com nutrientes essenciais para a criança, incorporando DHA e ARA (que, quando ligados aos fosfolipídios, têm sua função potencializada), nucleotídeos, colina, vitaminas, minerais — destaque-se também a presença de ácido palmítico na posição beta-2 e prebióticos como GOS/FOS, baseadas em evidências acumuladas nas últimas décadas.**





A importância do DHA na formação cerebral é particularmente relevante. Ele participa diretamente da fluidez das membranas neuronais, da formação de sinapses e da modulação de proteínas envolvidas na plasticidade neural. O DHA atua na sinaptogênese, influenciando a estabilidade das conexões e o crescimento de dendritos; contribui para a síntese e estruturação de gangliosídeos, essenciais para comunicação celular e formação de circuitos; e desempenha um papel crítico na retina, em que compõe cerca de 50% dos fosfolipídios dos segmentos externos dos fotorreceptores, sendo indispensável para a acuidade visual.



ARA, por sua vez, é igualmente imprescindível, participando da proliferação neuronal, da diferenciação de astrócitos, da modulação de fatores de crescimento e da resposta inflamatória fisiológica necessária à plasticidade sináptica.

Estudos mostram que o equilíbrio entre DHA e ARA é determinante para o desenvolvimento cerebral adequado, e que a oferta isolada de DHA, sem ARA, pode reduzir níveis teciduais de ARA, comprometendo vias de desenvolvimento neural.

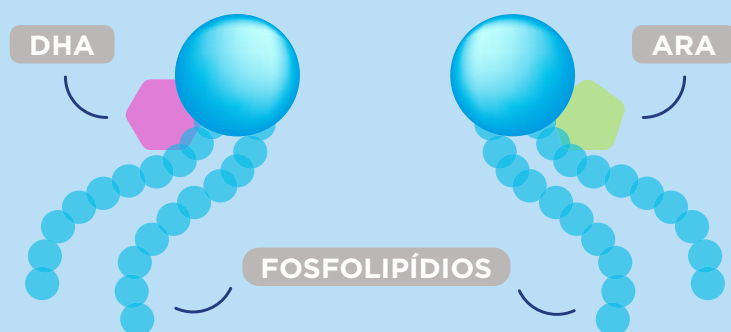


A adição concomitante de DHA e ARA em fórmulas infantis beneficia nutricional-mente lactentes impossibilitados da amamentação, aproximando o perfil de ácidos graxos cerebrais observado em crianças amamentadas. Ensaio clínico demonstram que essa combinação contribui para uma melhor acuidade visual, desempenho cognitivo mais favorável e melhora na atenção sustentada e velocidade de processamento. Embora haja heterogeneidade entre estudos, o consenso científico atual recomenda a presença de ambos os ácidos graxos nas fórmulas, refletindo a composição natural do leite humano.



Quando ligados aos fosfolípidios, o DHA e o ARA apresentam maior biodisponibilidade, favorecendo sua absorção e o transporte para tecidos de alta demanda, como cérebro e retina. Essa forma otimizada de entrega potencializa os efeitos relacionados à cognição, à visão e ao suporte imunológico.

DHA E ARA LIGADOS AOS FOSFOLÍPIDIOS



A colina, por sua vez, ocupa um papel central e multifacetado no desenvolvimento do sistema nervoso. Como precursora da fosfatidilcolina, sustenta a formação das membranas neuronais e a fluidez necessária às sinapses. Também é indispensável para a síntese de acetilcolina, neurotransmissor envolvido em memória, atenção, aprendizagem, modulação motora e equilíbrio autonômico. Além disso, atua como doadora de grupos metila nas vias epigenéticas que regulam a expressão gênica durante janelas críticas da maturação cerebral. Mecanismos epigenéticos mediados por colina modulam a neurogênese, a maturação de interneurônios, a formação do hipocampo e circuitos cognitivos, influenciando a resposta ao estresse e a funcionalidade emocional ao longo da vida. Estudos experimentais demonstram que uma maior disponibilidade de colina no início da vida aumenta a plasticidade hipocampal e melhora o desempenho em tarefas de memória na idade adulta.

Na impossibilidade do aleitamento materno, as fórmulas infantis modernas incorporam colina por reconhecerem sua importância para mielinização, formação de memória e organização de circuitos corticais.

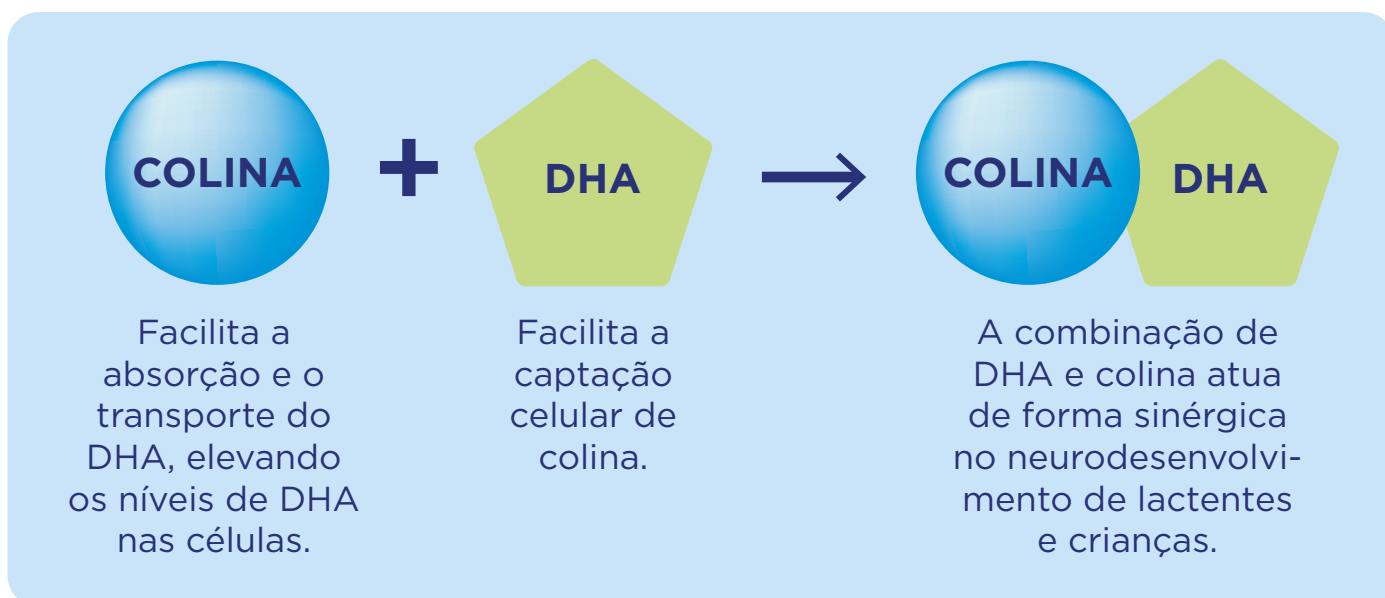


A inadequação de colina durante a gestação ou nos primeiros anos de vida pode comprometer a atenção, a memória, a modulação comportamental e a maturação do hipocampo, ressaltando seu papel central na neurobiologia do desenvolvimento.



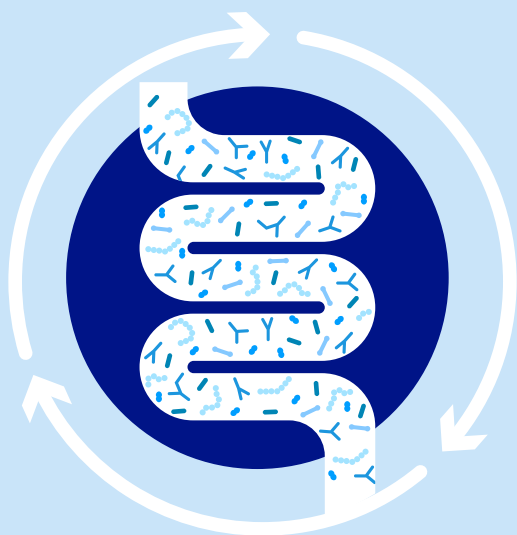
Nutrientes como ferro e zinco também são determinantes. O ferro participa da mielinização, da síntese de dopamina e do metabolismo energético neuronal; sua deficiência está associada ao atraso cognitivo, à menor velocidade de processamento e ao menor desempenho escolar, além de alterações volumétricas cerebrais demonstradas em estudos de neuroimagem. O zinco influencia mais de 300 reações enzimáticas e está envolvido na neurogênese, na plasticidade sináptica e no desenvolvimento motor e linguístico; sua deficiência associa-se a alterações comportamentais, pior performance cognitiva e maior suscetibilidade a infecções.

A sinergia entre DHA, ARA e colina constitui um eixo metabólico determinante no início da vida. DHA e ARA moldam as membranas onde a colina se incorpora via fosfatidilcolina; a colina, por sua vez, modula vias neurotransmissoras que dependem da fluidez membranar garantida pelos LCPUFAs. Esses nutrientes convergem em processos essenciais, como sinaptogênese, mielinização, neuroplasticidade e formação de redes funcionais que sustentarão atenção, memória, controle emocional e habilidades sociais.



A compreensão contemporânea do neurodesenvolvimento infantil exige que o pediatra considere, além dos nutrientes estruturais para o cérebro, a profunda interação entre nutrição, microbiota intestinal e eixo intestino-cérebro. Pesquisas recentes demonstram que a microbiota exerce influência direta sobre a maturação neural, a modulação imunológica, o comportamento, a mielinização e a sinaptogênese. Essa influência decorre da capacidade dos microrganismos intestinais de produzir neurotransmissores como serotonina e GABA, modular citocinas inflamatórias e enviar sinais ao sistema nervoso central por meio do nervo vago, das vias endócrinas e dos mediadores químicos. Assim, o intestino não é apenas um órgão digestivo, mas um centro regulatório que dialoga ativa e continuamente com o cérebro em desenvolvimento.





A composição da microbiota infantil é moldada por diversos fatores, incluindo tipo de parto, uso precoce de antibióticos, condições ambientais e padrão alimentar. Partos cesáreos, por exemplo, reduzem a colonização inicial por *lactobacillus* e *bifidobacterium*, enquanto o uso de antibióticos nos primeiros meses pode comprometer a diversidade microbiana e favorecer a disbiose. Entretanto, entre todos esses determinantes, **a nutrição é o fator mais modificável e contínuo, capaz de restaurar o equilíbrio microbiano e proteger contra alterações deletérias.**

O leite materno é o modelo fisiológico perfeito nesse sentido: é rico em HMOs, prebióticos naturais, imunoglobulinas e compostos bioativos que favorecem uma microbiota de eubiose, além de reduzir inflamação intestinal e regular vias neuroimunes.

A literatura mostra que crianças amamentadas desenvolvem um ecossistema intestinal mais estável, com predomínio de bifidobactérias e maior produção de ácidos graxos de cadeia curta — metabólitos que modulam a expressão gênica neuronal, influenciam a maturação microglial e fortalecem a barreira hematoencefálica. Isso significa que a nutrição adequada nos primeiros meses não apenas evita a instalação de disbiose, mas também cria um ambiente favorável ao desenvolvimento cognitivo, emocional e comportamental.

Quando o aleitamento materno não é possível, as fórmulas infantis modernas incorporam nutrientes e biocomponentes capazes de aproximar, ainda que parcialmente, esse ambiente intestinal protetor. A inclusão de prebióticos como scGOS/lcFOS e HMOs sintéticos tem se mostrado eficaz na promoção de um perfil microbiano semelhante ao observado em lactentes amamentados.

Esses componentes favorecem a colonização por bifidobactérias, aumentam a produção de SCFAs e contribuem para a modulação da inflamação — mecanismos que influenciam diretamente a comunicação intestino-cérebro. Metanálises e revisões técnicas recentes do ESPGHAN apontam que tais modificações não apenas melhoram sintomas gastrointestinais e imunológicos, mas também oferecem vias biológicas plausíveis para um impacto positivo no neurodesenvolvimento, ainda que estudos longitudinais com desfechos cognitivos robustos continuem em andamento.



Conclusão

Assim, proteger a nutrição nos primeiros mil dias — estendendo este cuidado até os três anos de idade — significa proteger a arquitetura cerebral, garantindo que o desenvolvimento cognitivo, motor e emocional ocorra em sua trajetória ideal. DHA, ARA, colina, ferro, zinco e componentes moduladores da microbiota constituem pilares fundamentais dessa construção, justificando sua presença em fórmulas infantis quando o aleitamento materno não é possível, e reforçando seu papel como ferramentas clínicas essenciais para pediatras e profissionais da infância.

Referências:

1. Cusick SE, Georgieff MK. The role of nutrition in brain development: the golden opportunity of the first 1000 days. *J Pediatr.* 2016;175:16–21.
2. Brenna JT, Carlson SE. Docosahexaenoic acid and human brain development: evidence from functional studies. *J Hum Evol.* 2014;77:99-106.
3. Hoffman DR, Boettcher JA, Diersen-Schade DA. Toward optimizing vision and cognition in term infants by dietary docosahexaenoic and arachidonic acid supplementation: a review of randomized controlled trials. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids.* 2009 Aug-Sep;81(2-3):151-8. doi: 10.1016/j.plefa.2009.05.003. Epub 2009 Jun 7. PMID: 19505812.
4. Koletzko B, Brands B, Chourdakis M, Cramer S, Grote V, Hellmuth C, Kirchberg F, Prell C, Rzehak P, Uhl O, Weber M. The Power of Programming and the EarlyNutrition project: opportunities for health promotion by nutrition during the first thousand days of life and beyond. *Ann Nutr Metab.* 2014;64(3-4):187-96. doi: 10.1159/000365017. Epub 2014 Oct 2. PMID: 25300259.
5. Birch EE, Garfield S, Castañeda Y, Hughbanks-Wheaton D, Uauy R, Hoffman D. Visual acuity and cognitive outcomes at 4 years of age in a double-blind, randomized trial of long-chain polyunsaturated fatty acid-supplemented infant formula. *Early Hum Dev.* 2007 May;83(5):279-84. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2006.11.003. Epub 2007 Jan 18. PMID: 17240089.
6. Colombo J, Carlson SE, Cheatham CL, Shaddy DJ, Kerling EH, Thodosoff JM, Gustafson KM, Brez C. Long-term effects of LCPUFA supplementation on childhood cognitive outcomes. *Am J Clin Nutr.* 2013 Aug;98(2):403-12. doi: 10.3945/ajcn.112.040766. Epub 2013 Jun 26. PMID: 23803884; PMCID: PMC3712550.
7. Napolini NF, Schüroff PA, Vanzele PAR, Pereira-Santos D, Valim TA, Bonham KS, Fujita A, Passos-Bueno MR, Beltrão-Braga PCB, Carvalho ACPLF, Klepac-Ceraj V, Polanczyk GV, Campos AC, Taddei CR. Exclusive breastfeeding is associated with the gut microbiome matu-



ration in infants according to delivery mode. Gut Microbes. 2025 Dec;17(1):2493900. doi: 10.1080/19490976.2025.2493900. Epub 2025 Apr 16. PMID: 40237336; PMCID: PMC12005435.

8. Holst AQ, Myers P, Rodríguez-García P, Hermes GDA, Melsaether C, Baker A, Jensen SR, Parschat K. Infant Formula Supplemented with Five Human Milk Oligosaccharides Shifts the Fecal Microbiome of Formula-Fed Infants Closer to That of Breastfed Infants. Nutrients. 2023 Jul 10;15(14):3087. doi: 10.3390/nu15143087. PMID: 37513505; PMCID: PMC10383262.

9. Kadim M, Darma A, Kartjito MS, Dilantika C, Basrowi RW, Sungono V, Jo J. Gastrointestinal Health and Immunity of Milk Formula Supplemented with a Prebiotic Mixture of Short-Chain Galacto-oligosaccharides and Long-Chain Fructo-Oligosaccharides (9:1) in Healthy Infants and Toddlers: A Systematic Review with Meta-Analysis. Pediatr Gastroenterol Hepatol Nutr. 2025 Jan;28(1):1-18. <https://doi.org/10.5223/pghn.2025.28.1.1>

10. Schwarzenberg SJ, Georgieff MK; COMMITTEE ON NUTRITION. Advocacy for Improving Nutrition in the First 1000 Days to Support Childhood Development and Adult Health. Pediatrics. 2018 Feb;141(2):e20173716. doi: 10.1542/peds.2017-3716. Epub 2018 Jan 22. PMID: 29358479.

11. Hsieh AT, Brenna JT. Dietary docosahexaenoic acid and central nervous system fatty acid status. Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids. 2009 May-Jun;81(2-3):85-91. doi: 10.1016/j.plefa.2009.05.004. PMID: 19502020.

12. Victora CG, Bahl R, Barros AJ, França GV, Horton S, Krasevec J, et al; Lancet Breastfeeding Series Group. Breastfeeding in the 21st century: epidemiology, mechanisms, and lifelong effect. Lancet. 2016;387(10017):475-90. doi:10.1016/S0140-6736(15)01024-7.

13. Araújo L. Optimization of the first thousand days: LCPUFAs in maternal and pediatric nutrition. Nutr J. 2017 Jun 13;16(1):55. doi: 10.1186/s12937-017-0262-1. PMID: 28610676; PMCID: PMC5470284.

14. ESPGHAN Special Interest Group on Gut Microbiota and Modifications. Biotics in infant or follow-on formulae: public consultation document. [place unknown]: ESPGHAN; 2025. Disponível em: file:///Users/liubianaaraujo/Downloads/Biotics%20in%20Infant%20or%20Follow-On%20Formulae_public_consultation.pdf. Acesso em: 20 nov. 2025.

O aleitamento materno é o melhor alimento para os lactentes e, até o 6º mês, deve ser oferecido como fonte exclusiva de alimentação, podendo ser mantido até os dois anos de idade ou mais. As gestantes e nutrizas também precisam ser orientadas sobre a importância de manter uma dieta equilibrada, com todos os nutrientes, e sobre a importância do aleitamento materno até os dois anos de idade ou mais. As mães devem ser alertadas de que o uso de mamadeiras, de bicos e de chupetas pode dificultar o aleitamento materno, particularmente quando se deseja manter ou retornar à amamentação. Seu uso inadequado pode trazer prejuízos à saúde do lactente, além de custos desnecessários. As mães devem estar cientes da importância dos cuidados de higiene e do modo correto do preparo dos substitutos do leite materno para a saúde do bebê. Cabe ao especialista esclarecer previamente às mães quanto aos custos, riscos e impactos sociais dessa substituição para o bebê. É importante que a família tenha uma alimentação equilibrada e que sejam respeitados os hábitos culturais na introdução de alimentos complementares na dieta do lactente, bem como sejam sempre incentivadas as escolhas alimentares saudáveis.

Material técnico-científico destinado exclusivamente aos profissionais de saúde, obedecendo rigorosamente à Portaria nº 2051/01, à Resolução RDC nº222/02, Lei 11265/06 e Decretos que a regulamentam. Proibida a distribuição a outros públicos e reprodução total ou parcial. É proibida a utilização deste material para realização de promoção comercial.

