

Aspectos fisiológicos que impactam a educação¹

Autores: Claudio Serfaty, Felipe Beijamini, Fernando Louzada, Sergio Gomes da Silva e Sidarta Ribeiro

Editores: Marília Zaluar Guimarães e Roberto Lent

De acordo com o boletim Innocenti 18 da UNICEF, mais de 69 milhões de crianças vivem na pobreza em países da OCDE e da União Europeia. A pobreza pode ser medida como privação monetária, bem como privação não monetária. A pobreza não monetária representa coisas básicas das quais as crianças são privadas, como nutrição, água, saneamento, vestuário, moradia, educação, saúde, informação e lazer.

Conseqüentemente, as crianças que vivem na pobreza estão sujeitas a uma infinidade de fatores disruptivos que prejudicam sua educação, com resultados negativos substanciais para a vida adulta. Essa infinidade de fatores disruptivos está diretamente associada à fisiologia e ao bem-estar das crianças. Aqui discutiremos como fatores fisiológicos coexistem com fatores psicológicos na cognição e aprendizagem escolar, com ênfase especial em nutrição, atividade física e sono.

Nutrição

O pleno desenvolvimento cognitivo depende, em parte, da maturação do sistema nervoso. Ele se beneficia de vários fatores, incluindo dieta, atividade física e sono. Os mecanismos pelos quais esses fatores estão associados à saúde, particularmente à aprendizagem e à cognição, têm sido detalhados nas últimas décadas. Impactos devastadores no desenvolvimento do sistema nervoso como consequência de déficits nutricionais têm sido relatados, principalmente devido à nutrição materna insuficiente ou inadequada. Deficiências nutricionais também podem prejudicar o desempenho acadêmico ao longo da infância até a adolescência. Além disso, não é apenas a quantidade de alimentos ingeridos nos primeiros anos de vida, mas também sua qualidade que afeta o desempenho cognitivo durante a vida escolar. Aspectos nutricionais também influenciam o desenvolvimento cerebral, apesar do programa genético e de outros fatores ambientais relacionados ao desenvolvimento cerebral. A maturação do cérebro segue uma sequência temporal com mudanças graduais nos circuitos neurais, começando pelos sistemas sensoriais, seguido pelo sistema motor e, finalmente, pelos sistemas cognitivo e emocional.

¹ Este documento é uma versão parcial atualizada da publicação *Educação Baseada em Evidências*, publicada em 2019 pela Rede Nacional de Ciência para Educação.

Assim, a plasticidade cerebral promove o desenvolvimento cerebral, e os primeiros anos de vida (até 5-7 anos) constituem o período crítico para o desenvolvimento dos sistemas sensoriais, enquanto os circuitos motores e cognitivos se estendem até o final da adolescência. Os circuitos neurais desenvolvidos durante este período da vida fornecerão o substrato básico para os processos de aprendizagem. É importante ressaltar que o cérebro é particularmente sensível à estimulação ambiental e vulnerável a condições adversas, como deficiências alimentares e, não menos importante, estresse no início da vida.

Nesse contexto, a restrição nutricional de aminoácidos essenciais - aqueles que só podem ser adquiridos por meio de alimentos, como o triptofano - prejudica o desenvolvimento e a plasticidade dos circuitos do sistema visual em modelos animais. Da mesma forma, a restrição nutricional de ácidos graxos ômega-3, em particular o ácido docosahexaenoico (DHA), altera substancialmente os parâmetros de desenvolvimento dos circuitos e o curso temporal dos períodos críticos de plasticidade. Tem sido relatado que crianças com atraso no desenvolvimento da acuidade visual e déficits de aprendizagem apresentam alterações significativas na biodisponibilidade do DHA. Além disso, dietas ricas em gordura podem dificultar o aprendizado, de acordo com evidências de estudos com animais. Assim, a ingestão excessiva de ácidos graxos saturados (AGSs) ativa genes envolvidos em processos inflamatórios. O cérebro em desenvolvimento é altamente responsivo a mediadores inflamatórios que afetam negativamente a cognição e a aprendizagem. Dietas ricas em gorduras saturadas contribuem para o aumento desses mediadores inflamatórios anormais, ativando células cerebrais como microglia e astrócitos. Além disso, tem sido observado que um excesso de AGSs diminui a expressão e o conteúdo de proteínas do fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF), um fator neurotrófico importante que é necessário para a plasticidade sináptica no cérebro. Além disso, alimentos ultraprocessados, incluindo ácidos graxos trans industriais e, mais recentemente, gorduras interesterificadas, demonstraram amplificar sinais inflamatórios. Esses alimentos amplamente consumidos, que incluem refrigerantes, salgadinhos embalados e bolinhos, chocolates, sorvetes, salsichas, hambúrgueres, têm sido associados a um aumento da inflamação e das chamadas citocinas pró-inflamatórias. Consequentemente, dietas ricas em ácidos graxos saturados e alimentos ultraprocessados podem alterar significativamente os papéis fisiológicos da microglia e dos astrócitos, influenciando mecanismos envolvidos na formação do circuito neural, poda sináptica e plasticidade sináptica. Esses processos representam as bases celulares e moleculares fundamentais da aprendizagem e da cognição não só em crianças e adolescentes, mas também em adultos.

Esses estudos destacam a importância da nutrição durante a primeira infância, significando que a má-nutrição é um aspecto significativo que pode alterar o curso temporal e a conectividade do cérebro em desenvolvimento, com impacto na capacidade de aprendizagem durante o período escolar. No entanto, a nutrição adequada é importante para o aprendizado e educação ao longo da vida, uma vez que dela dependem inúmeros processos relacionados à aprendizagem, como síntese de DNA, proliferação celular e metabolismo de neurotransmissores. Como exemplo, a substância cinzenta do sistema nervoso, formada por células neuronais e gliais, atinge seu desenvolvimento máximo entre 7 e 11 anos de idade. Enquanto isso, a substância branca, composta principalmente por fibras axonais, continua sua maturação e desenvolvimento até o início da idade adulta. Para superar as deficiências nutricionais, estudos têm mostrado efeitos positivos de intervenções com alterações de micronutrientes dietéticos sobre a memória de curto prazo. Além das evidências de estudos de intervenção, crianças que vivem em condições de insegurança alimentar têm duas vezes mais chances de ter hiperatividade e problemas de atenção quando comparadas àquelas que vivem em um ambiente com segurança alimentar. A fome infantil é um forte preditor da saúde mental. Crianças de ambientes domiciliares de insegurança alimentar apresentam taxas 27,9% maiores de sintomas depressivos em comparação a crianças de domicílios com segurança alimentar. Além disso, a fome tem sido associada como preditor de depressão e ideação suicida em adolescentes e jovens adultos. Além disso, essas crianças apresentam pior desempenho em testes de compreensão de linguagem, com atrasos consideráveis no desenvolvimento emocional, motor e cognitivo.

O desenvolvimento de hábitos alimentares mais saudáveis deve fazer parte das atividades escolares. Bons exemplos são as atividades de jardinagem e seus efeitos positivos sobre a preferência e o consumo de hortaliças por crianças do ensino fundamental. É notável que aumentar o acesso a vegetais também reduz a relutância em experimentar novos tipos de alimentos. Crianças e adolescentes apresentam maior taxa de utilização de glicose em comparação com adultos, bem como maior fluxo sanguíneo cerebral e uso de oxigênio pelo cérebro. Além disso, crianças e adolescentes passam mais tempo dormindo durante a noite em comparação a adultos, sendo assim submetidos a períodos mais longos de jejum. Conseqüentemente, eles são particularmente afetados pelos efeitos positivos de tomar café da manhã. Nas últimas décadas, diversos estudos têm avaliado o efeito da ingestão do café da manhã sobre o desempenho cognitivo de crianças e adolescentes. Na maioria deles, efeitos benéficos são relatados.

No entanto, devido à heterogeneidade dos estudos – relacionada a fatores como a composição da refeição, o tipo de tarefas avaliadas e o tempo entre a tomada do café da manhã e sua realização – não é possível estabelecer uma relação entre a quantidade de energia ingerida, a composição do café da manhã e o desempenho acadêmico. Por essa razão, a ideia difundida de que o café da manhã deve fornecer pelo menos 20% da energia diária necessária para beneficiar o desempenho cognitivo ainda precisa ser confirmada por estudos mais controlados.

Programas de alimentação escolar são essenciais para o progresso educacional. Esses programas têm múltiplos efeitos positivos, desde a redução do absenteísmo até a melhora significativa da cognição e do desempenho acadêmico, especialmente quando associados a estratégias de suplementação de micronutrientes e vermifugação. Além disso, pesquisas no ambiente escolar testando os efeitos imediatos da nutrição sobre o desempenho acadêmico ainda são incipientes. Há necessidade de avaliação quantitativa do impacto da ingestão calórica, composição das refeições, micronutrientes, hidratação, tamanho das porções, frequência alimentar, janela de alimentação e sensação de recompensa dos alimentos sobre o desempenho acadêmico. Além disso, a complexa interação entre nutrição, sono e exercício deve ser cuidadosamente considerada.

Atividade física

Não só o corpo, mas também o cérebro e suas funções se beneficiam da atividade física. Pesquisas com animais indicam que a atividade física no início da vida melhora o funcionamento das redes neurais envolvidas na memória e cria uma reserva de células precursoras que influencia as habilidades de aprendizagem. O exercício no início da vida aumenta a densidade axonal e neuronal e a expressão de BDNF (uma proteína crucial para o crescimento, sobrevivência e plasticidade neuronal) na formação do hipocampo, uma estrutura cerebral que está relacionada a processos mnemônicos e emocionais. Além disso, o exercício físico durante a gestação aumenta o número de células no hipocampo de ratos cujas mães realizaram exercício físico. Em humanos, evidências indicam que a atividade física na infância e adolescência pode ser benéfica para o desempenho cognitivo e aprendizagem. De fato, uma correlação positiva entre atividade física e níveis de aprendizagem e inteligência tem sido observada em crianças em idade escolar. Por exemplo, uma única sessão de exercício moderado em crianças de 9 e 10 anos pode alterar a atividade eletroencefalográfica (EEG) e melhorar o raciocínio em testes de desempenho acadêmico. Além disso, o exercício aeróbico pode aumentar o estado de atenção nas avaliações, com melhores resultados nas tarefas e compreensão leitora mais clara.

É importante ressaltar que uma única sessão de exercício aeróbico também pode ser benéfica para crianças com Transtornos de Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH) na normalização da excitação e do estado de alerta medidos pelo EEG. Crianças e adolescentes que praticam atividade física regular também apresentam processamento cognitivo mais rápido. Com base nesses resultados, pesquisadores investigaram a relação entre aptidão física (cardiovascular) e desempenho cognitivo durante a adolescência. O estudo acompanhou 1.200.000 adolescentes com 18 anos ou mais que foram alistados nas forças militares na Suécia. Adolescentes que apresentaram melhora cardiovascular entre 15 e 18 anos tiveram melhor desempenho em testes de inteligência do que aqueles com menor condição física no mesmo período. Para testar se os resultados poderiam refletir uma influência genética ou familiar, os pesquisadores analisaram 3.147 pares de gêmeos, dos quais 1.432 eram idênticos. Observou-se que fatores ambientais, e não genéticos, exerceram influência nessa relação.

Melhor aptidão física está associada a um maior volume de estruturas cerebrais em áreas relacionadas à aprendizagem e memória, bem como à plasticidade cerebral, o que resultaria em melhor desempenho acadêmico. Além disso, os exercícios físicos requerem o engajamento da atenção e de outras funções executivas, coordenação motora, desafio cognitivo e interação social. Como discutido acima, a adolescência é uma etapa importante para a maturação cerebral. Resultados apresentados em uma revisão sistemática indicaram mudanças significativas na estrutura ou função cerebral após uma intervenção física, como integridade da substância branca e ativação de regiões associadas à cognição. Apesar desses resultados promissores, ainda são necessários mais estudos sobre o tema para investigar qual tipo, frequência e duração das atividades são mais apropriadas para cada faixa etária, a fim de obter o melhor efeito possível sobre a cognição e o desempenho acadêmico. De qualquer forma, as políticas públicas e escolares devem priorizar a sistematização de programas de incentivo à prática de atividade física e exercício físico ao longo da educação básica. Nesse sentido, a atividade física pode ser entendida como qualquer movimento corporal produzido pela contração da musculatura esquelética que aumente o gasto energético, o que inclui desde um programa de treinamento estruturado até atividades mais livres como brincar, correr, pular, girar. O exercício, por sua vez, representa uma categoria específica dentro da atividade física. Distingue-se por sua natureza estruturada e proposital, envolvendo movimentos planejados e repetitivos destinados a melhorar a aptidão física, resistência e saúde geral. Consequentemente, as opções de atividade física e exercício físico no ambiente escolar são muito variadas, tais como: dançar, jogar bola, pular corda, pique-pega e muito mais.

A recomendação da Organização Mundial da Saúde (OMS) é que crianças e adolescentes tenham pelo menos 60 minutos de atividade física por dia (ou 2 sessões de 30 min/dia), caso não haja indicação médica em contrário. Esta recomendação aplica-se a jovens de 5 a 17 anos de todas as etnias, gêneros, condições socioeconômicas e regiões. No entanto, o tipo e a intensidade das atividades físicas variam entre os indivíduos. Atividades aeróbicas com intensidades moderadas e vigorosas são as mais recomendadas diariamente. Mesmo assim, atividades de força, como saltos em altura e em distância e lançamentos de dardo e disco, podem ser incorporadas ao treinamento físico dos alunos pelo menos 3 vezes por semana. Para os jovens inativos, recomenda-se um aumento progressivo da prática de atividade física para que, finalmente, atinjam a meta estabelecida de 60 minutos por dia. É aconselhável começar com pouca atividade e aumentar gradualmente a duração, frequência e intensidade ao longo do tempo. Episódios de atividade física superiores a 60 min/dia podem trazer benefícios adicionais à saúde, embora crianças sedentárias definitivamente se beneficiem mesmo de atividade física abaixo do recomendado. A conscientização dos alunos sobre a importância da atividade física regular tornou-se amplamente necessária, podendo ocorrer por meio de aulas de educação física, ou por meio de projetos transdisciplinares. Assim, atividades cotidianas sistemáticas podem ser estimuladas na forma de jogos, esportes, gincanas e afins, de acordo com o interesse e desenvolvimento dos alunos em suas diferentes faixas etárias. Para isso, todos os membros da comunidade escolar devem incentivar os alunos a praticar atividade física por pelo menos 60 minutos por dia, sete dias por semana. Para implementar programas de educação física de qualidade, várias barreiras precisam ser superadas, entre elas: falta de instalações e tempo, currículos densos, infraestrutura insuficiente, escassez de professores de educação física e baixo nível de desenvolvimento profissional. As aulas curriculares em sala de aula devem ser projetadas para integrar a atividade física com outras disciplinas, a fim de facilitar a aprendizagem e melhorar o desempenho escolar.

Sono

Grande parte da população adulta sofre de sono insuficiente. Os problemas de sono estão associados à obesidade e ao aumento do risco cardiovascular. Impactos negativos na saúde decorrentes de desvantagens socioeconômicas podem ser mediados pela diminuição da duração e da qualidade do sono. A baixa escolaridade materna, a superlotação dos ambientes domésticos e a pobreza estão associados a piores rotinas de sono. A invenção e disseminação da luz elétrica e de inúmeros dispositivos eletrônicos levaram a uma diminuição substancial do tempo de sono em todo o mundo.

Estima-se que a duração média diária do sono em indivíduos adultos tenha caído de 9 horas em 1910 para cerca de 7,5 horas hoje. A luz artificial tem efeitos que se sobrepõem aos produzidos pelo ciclo claro-escuro natural, possivelmente causando um desalinhamento dos ritmos circadianos. As condições adversas que levam a problemas de sono incluem ambiente inseguro, dormitórios superlotados, condições de moradia desconfortáveis (temperatura, som, etc.), bem como estresse e ansiedade. Compartilhar uma cama com outros indivíduos pode expor as crianças a distúrbios do sono e ansiedade devido a ruído, movimento, sujeira e outros fatores que, juntos, têm um impacto negativo na cognição. Muitos estudos mostram que essas condições aumentam o número de despertares noturnos, reduzem o tempo total de sono e produzem déficit crônico de sono. Problemas de sono na adolescência são deletérios ao equilíbrio emocional e à autorregulação, aumentando a chance de comportamentos de risco. O nível socioeconômico pode ter impacto direto no déficit de sono, pois crianças de baixo nível socioeconômico muitas vezes precisam trabalhar para complementar a renda familiar. O déficit de sono é um dos principais gargalos fisiológicos para o aprendizado. Múltiplas linhas de evidência indicam que o sono desempenha um papel crucial na desintoxicação metabólica, reposição de neurotransmissores e ativação de cascatas moleculares envolvidas no remodelamento sináptico. O sono favorece o aprendizado antes e depois da aquisição de novas memórias. Em experimentos de laboratório, foi bem demonstrado que uma pessoa que não dormiu bem à noite diminuirá sua capacidade de aprender, a menos que possa dormir antes do treinamento. Por outro lado, uma pessoa que acabou de aprender coisas novas geralmente se beneficia de um cochilo pós-aula, capaz de promover a seleção, consolidação e reestruturação de memórias, bem como sua integração com memórias pré-existentes. O sono atua, portanto, na preparação, consolidação e transformação das memórias.

O conhecimento atual já nos fornece subsídios para propor mudanças na organização escolar a fim de atender às necessidades de sono dos alunos. A oportunidade de uma sesta, o cochilo pós-almoço, deve ser oferecida durante toda a educação infantil. Além disso, há uma clara inadequação nos horários de início das aulas. O horário das sete horas da manhã, bastante difundido na maioria dos países, é inadequado, principalmente para os adolescentes, que têm maior dificuldade em antecipar o início da noite de sono. Quando submetidos a um horário de início escolar mais tardio (atraso de 7h30 para 8h30), os adolescentes apresentaram múltiplos desfechos positivos, desde o aumento da duração do sono até melhores perfis de saúde mental. Por todas essas razões, a investigação do sono como ferramenta cognitiva na aprendizagem escolar é de grande interesse.

Pesquisas futuras devem elucidar a melhor forma de utilização desse recurso pedagógico, ainda pouco explorado. Em particular, é crucial avaliar os efeitos cognitivos relacionados ao tempo de sono, duração, composição de diferentes estados fisiológicos e interações com exercício físico e nutrição.

O que ainda precisamos investigar (Sugestões de pesquisa)

1. Quantificar o impacto cognitivo da composição da refeição, ingestão calórica, micronutrientes e hidratação, bem como os efeitos do tamanho da porção, da frequência dos alimentos e da sensação de recompensa dos alimentos.
2. Aprofundar o conhecimento sobre o tipo, frequência e duração, e horário das atividades físicas mais adequadas para cada faixa etária.
3. Determinar a influência de diferentes fases e tipos de sono na memória, cognição e emoção das pessoas.

O que precisa ser feito (sugestões de políticas públicas)

1. Proporcionar ao sistema escolar condições adequadas para oferecer refeições com uma composição condizente com dados científicos, especialmente no café da manhã, mas também no almoço.
2. Fornecer às escolas primárias programas de educação nutricional apropriados, incluindo atividades de cultivo de hortaliças e jardinagem.
3. Dotar as escolas de professores especializados nesta área, bem como de equipamentos de atividade física.
4. Incluir pelo menos 60 minutos de atividade física diária no cronograma orientado pelos professores de educação física.
5. Possibilitar alterações no horário que permitam, em regime de tempo integral, iniciar as atividades matinais às 8h30 em todas as séries, bem como proporcionar condições para um cochilo após o almoço, para crianças da educação infantil e do ensino fundamental.

LEITURA ADICIONAL

Aboud, F. E., & Yousafzai, A. K. (2015). Global health and development in early childhood. *Annual Review of Psychology*, 66, 433-457.

Adolescent Sleep Working Group, COMMITTEE ON ADOLESCENCE, COUNCIL ON SCHOOL HEALTH, Au, R., Carskadon, M., Millman, R., ... & Young, T. (2014). School start times for adolescents. *Pediatrics*, 134(3), 642-649.

de Araújo, L. B. G., Bianchin, S., Pedrazzoli, M., Louzada, F. M., & Bejjani, F. (2022). Multiple positive outcomes of a later school starting time for adolescents. *Sleep Health*, 8(5), 451-457.

Berardi, N., Pizzorusso, T., & Maffei, L. (2000). Critical periods during sensory development. *Current Opinion in Neurobiology*, 10(1), 138-145.

Born, J., Rasch, B., & Gais, S. (2006). Sleep to remember. *The Neuroscientist*, 12(5), 410-424.

Bundy, D. A., Drake, L. J., & Burbano, C. (2013). School food, politics and child health. *Public Health Nutrition*, 16(6), 1012-1019.

Cassilhas, R. C., Tufik, S., & de Mello, M. T. (2016). Physical exercise, neuroplasticity, spatial learning and memory. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 73, 975-983.

Dudley, D. A., Cotton, W. G., & Peralta, L. R. (2015). Teaching approaches and strategies that promote healthy eating in primary school children: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 12, 1-26.

Global status report on physical activity (2022). Geneva: World Health Organization; 2022. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Gomes da Silva, S., & Arida, R. M. (2015). Physical activity and brain development. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 15(9), 1041-1051.

Harms, M. B., & Garrett-Ruffin, S. D. (2023). Disrupting links between poverty, chronic stress, and educational inequality. *npj Science of Learning*, 8(1), 50.

Innis, S. M. (2011). The developing brain and dietary omega-3 fatty acids. In *Handbook of behavior, food and nutrition* (pp. 2069-2087). New York, NY: Springer New York.

Ke, J., & Ford-Jones, E. L. (2015). Food insecurity and hunger: A review of the effects on children's health and behaviour. *Paediatrics & Child Health*, 20(2), 89-91.

Lemos, N., Weissheimer, J., & Ribeiro, S. (2014). Naps in school can enhance the duration of declarative memories learned by adolescents. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 8, 103.

Lupien, S. J., McEwen, B. S., Gunnar, M. R., & Heim, C. (2009). Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(6), 434-445.

McCoy, J. G., & Strecker, R. E. (2011). The cognitive cost of sleep lost. *Neurobiology of Learning and Memory*, 96(4), 564-582.

Mileva-Seitz, V. R., Bakermans-Kranenburg, M. J., Battaini, C., & Luijk, M. P. (2017). Parent-child bedsharing: The good, the bad, and the burden of evidence. *Sleep Medicine Reviews*, 32, 4-27.

Minges, K. E., & Redeker, N. S. (2016). Delayed school start times and adolescent sleep: A systematic review of the experimental evidence. *Sleep Medicine Reviews*, 28, 86-95.

Serfaty, C. A. (2011). Tryptophan intake and the influence of serotonin on development and plasticity of sensory circuits. *Handbook of Behavior, Food and Nutrition*, 2135-2151.

Sibley, B. A., & Etnier, J. L. (2003). The relationship between physical activity and cognition in children: a meta-analysis. *Pediatric exercise science*, 15(3), 243-256.

Sigman, M., Peña, M., Goldin, A. P., & Ribeiro, S. (2014). Neuroscience and education: prime time to build the bridge. *Nature Neuroscience*, 17(4), 497-502.

Tau, G. Z., & Peterson, B. S. (2010). Normal development of brain circuits. *Neuropsychopharmacology*, 35(1), 147-168.

Thomas, M., Miller, D. P., & Morrissey, T. W. (2019). Food insecurity and child health. *Pediatrics*, 144(4).

UNICEF Innocenti – Global Office of Research and Foresight, Innocenti Report Card 18: Child poverty in the midst of wealth, UNICEF Innocenti, Florence, December 2023