ReGeo
ISSN: 2177-3246

A BIOLOGIA DA APRENDIZAGEM: CONHECIMENTOS BIOLÓGICOS E PSICOPEDAGOGIA COMO NORTEADORES DE INTERVENÇÕES

THE BIOLOGY OF LEARNING: BIOLOGICAL KNOWLEDGE AND PSYCHOPEDAGOGY AS GUIDES FOR INTERVENTIONS

LA BIOLOGÍA DEL APRENDIZAJE: EL CONOCIMIENTO BIOLÓGICO Y LA PSICOPEDAGOGÍA COMO GUÍAS PARA LAS INTERVENCIONES

https://doi.org/10.56238/revgeov17n7-143

Data de submissão: 08/06/2026 **Data de publicação:** 23/07/2026

Guilherme Kunde Braunstein
Doutor em Educação em Ciências
Instituição: Universade Estadual do Rio Grande do Sul (Uergs)
E-mail: guilherme-braunstein@uergs.edu.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-1210-104X
Lattes: http://lattes.cnpq.br/3041144074858643

Shirley Lucia Quiñones Ruiz Braunstein
Especialista em Neuropsicopegagogia clínica e institucional
Instituição: Centro de Atendimento à Saúde (CAS) - TeAcolhe
E-mail: ppshirleybrauns@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0009-0001-7665-0662
Lattes: http://lattes.cnpq.br/5575701790976523

RESUMO

Considerando que qualquer aprendizado é o resultado de uma interação entre fatores ambientais e um organismo vivo faz-se relevante a discussão das formas pelas quais os componentes biológicos favorecem ou dificultam a realização dos processos de aprendizagem. Do ponto de vista biológico, destacam-se enquanto fatores que influenciam diretamente a aprendizagem o estado fisiológico do sujeito, sobretudo a regulação do estresse ao qual está submetido, além do correto equilíbrio entre funções hormonais e de liberação de neurotransmissores, fatores esses que se alteram profundamente ao longo do desenvolvimento e levam a mudanças de interesses e de propensões ao aprendizado. Igualmente importante é a questão da maturação do próprio sistema nervoso. Frente a esse contexto o presente artigo busca, por meio de uma revisão bibliográfica, sintetizar as principais contribuições da biologia para a compreensão dos processos de aprendizagem, com vistas a contribuir com a realização de intervenções mais assertivas tanto em favor de sujeitos neurotípicos, quanto de neurodivergentes. Indicam-se também contribuições do campo na psicopedagogia com o potencial de favorecer a identificação e intervenção em casos de defasagens de aprendizado em diferentes áreas.

Palavras-chave: Neurodivergencia. Aprendizado Fisiologia. Neurodesenvolvimento.

ABSTRACT

Given that all learning results from an interaction between environmental factors and a living organism, it is relevant to discuss how biological components facilitate or hinder learning processes. From a biological perspective, key factors directly influencing learning include the subject's physiological state—particularly the regulation of stress—and the proper balance of hormonal functions and neurotransmitter release; these factors undergo profound changes during development, leading to shifts in interests and learning predispositions. The maturation of the nervous system itself is equally

important. Against this backdrop, this article aims to synthesize—through a literature review—the main biological contributions to understanding learning processes, with the goal of fostering more effective interventions for both neurotypical and neurodivergent individuals. The study also highlights contributions relevant to the field of psychopedagogy, offering the potential to improve the identification of and intervention in learning gaps across various areas

Keywords: Neurodivergence. Learning. Physiology. Neurodevelopment.

RESUMEN

Dado que todo aprendizaje surge de la interacción entre factores ambientales y un organismo vivo, resulta pertinente analizar cómo los componentes biológicos facilitan o dificultan los procesos de aprendizaje. Desde una perspectiva biológica, entre los factores clave que influyen directamente en el aprendizaje se encuentran el estado fisiológico del individuo —en particular, la regulación del estrés— y el equilibrio adecuado de las funciones hormonales y la liberación de neurotransmisores; estos factores experimentan cambios profundos durante el desarrollo, lo que conlleva variaciones en los intereses y en las predisposiciones para el aprendizaje. La maduración del propio sistema nervioso es igualmente importante. En este contexto, el presente artículo tiene como objetivo sintetizar —mediante una revisión bibliográfica— las aportaciones fundamentales de la biología a la comprensión de los procesos de aprendizaje, con el fin de promover intervenciones más eficaces tanto para personas neurotípicas como neurodivergentes. Asimismo, el estudio destaca contribuciones relevantes para la psicopedagogía que poseen el potencial de facilitar la identificación y el abordaje de brechas de aprendizaje en diversas áreas.

Palabras clave: Neurodivergencia. Fisiología del Aprendizaje. Neurodesarrollo.

1 INTRODUÇÃO

Ao se compararem os diferentes seres vivos, uma das principais diferenças dos humanos em relação aos demais organismos é a sua grande necessidade e capacidade de aprendizado ao longo da vida. Na prática é essa plasticidade da aprendizagem que possibilita aos humanos a adaptação aos mais diversificados meios de modo satisfatório (Gould, 2004). Apesar disso, existem marcos do desenvolvimento que são esperados para cada etapa de sua vida (Papalia; Martorell, 2022) e saberes específicos que se espera que sejam consolidados, os quais no âmbito escolar são inclusive estabelecidos por lei ao se definir que "os currículos da educação infantil, do ensino fundamental e do ensino médio devem ter base nacional comum, a ser complementada, em cada sistema de ensino e em cada estabelecimento escolar, por uma parte diversificada" (Brasil, 1996, art.26). Dessa forma, ao se pensar sobre os processos de aprendizagem há tanto marcos biológicos, quanto sociais a serem atingidos.

Se por um lado para sujeitos neurotípicos o processo de aprendizado segue uma ordem e progressão suficientemente claras a ponto de ser possível a definição de estádios de desenvolvimento bem definidos e sequenciais (Piaget, 2012), por outro lado os processos de aprendizado dentro de quadros de neurodivergência acabam por ser bem mais complexos à medida em que se trabalha com condições de maturação cerebral que mesmo continuando a ser sequencial, tornam-se muito diversas. Isso leva os educadores a precisarem trabalhar dentro de janelas de desenvolvimento estreitas e que muitas vezes já estão prestes a fechar no momento de conclusão de diagnóstico. Soma-se a isso que mesmo encerrado um diagnóstico é comum que existam uma série de outras comorbidades associadas aos quadros diagnósticos principais (Ihbour *et al.*, 2021; Said *et al.*, 2024).

Ao buscar explicar as origens dos conhecimentos é comum se recorrer a dicotomia entre conhecimentos inatos e aprendidos (Cabral, 2024), dando a entender que ou a aprendizagem é algo externo, sendo o indivíduo é considerado uma tabula rasa ou folha em branco sobre a qual o meio imprime conhecimentos, ou se adota a visão oposta, segundo a qual o indivíduo já nasce com predisposições e potencialidades inatas, de forma que o ambiente pouco o influenciaria. O que ocorre na prática é que os processos de aprendizado são bem mais complexos do que isso, dependendo tanto do desenvolvimento de estruturas orgânicas, quanto de estímulo ambientais que direcionarão o desenvolvimento. A esse respeito, mesmo ao se recorrer ao campo da genética se tem a clareza que muitas das características que tem uma base biológica, não compartilham uma base genética (Plomin *et al.*, 2011), ou seja, mesmo ao pensarmos nas características que podem ser percebidas desde o nascimento, há a possibilidade de se buscar explicações em outras áreas da biologia como embriologia,

fisiologia, endocrinologia ou neurofisiologia a fim de obter respostas para além do determinismo genético.

Considerando que em humanos os primórdios do sistema nervoso se desenvolvem já a partir da terceira semana após a concepção (Montanari, 2013) e levando em conta a complexidade das interações que ocorrem ainda durante a vida embrionária é possível vislumbrar a sua grande capacidade de adaptação ao meio. Essa capacidade perdura após o nascimento e faz da infância e adolescência períodos críticos para a aquisição de uma série de competências (Papalia; Martorell, 2022) as quais por meio de interações com o meio contribuem de forma positiva ou negativa para o desenvolvimento de competências e habilidades.

Tendo em vista a complexidade dos processos de aprendizagem e a grande influência que elementos biológicos têm sobre ele, o presente artigo visa apresentar a contribuição de diferentes campos da biologia dentro dos processos de aprendizagem em situações neurotípicas, buscando também trazer as contribuições da psicopedagogia para o entendimento de situações de neurodivergência e apresentação de propostas de contribuição para os processos de aprendizagem. Para tal, recorreu-se a uma abordagem de pesquisa bibliográfica dentro dos campos estudados de modo a compilar e articular os resultados desses campos.

2 BASES BIOLÓGICAS DO COMPORTAMENTO E APRENDIZAGEM

Iniciando a discussão sobre as contribuições da biologia em explicações sobre os processos de aprendizagem, pode-se recorrer às colocações do vencedor do prêmio Nobel de medicina Konrad Lorenz (2004), o qual esclarece que ao se tratar de comportamentos animais condições inatas e aprendidas não são mutuamente excludentes, ou seja, a compreensão de comportamentos passa tanto pela existência de bases biológicas, quanto de adaptações desenvolvidas. Pensamento reforçado ao se levar em conta as contribuições do campo da genética do comportamento (Plomin *et al.*, 2011), área que sustenta que tanto comportamentos neurotípicos, quanto neurodivergentes dependem tanto de uma base biológica e genética, quanto de gatilhos ambientais para se expressarem.

Pensando-se em específicos no caso dos comportamentos humanos, compreende-se dentro da biologia que o grande diferencial humano em relação aos demais grupos animais se encontra justamente em seu maior desenvolvimento das capacidades cognitivas, as quais se refletem em uma maior capacidade de aprendizado ao longo da vida em busca de melhores condições de adaptação (Jablonka; Lamb, 2010).

Levando em conta as considerações de diferentes campos biológicos (como fisiologia, genética, embriologia e etologia) pode-se afirmar que as contribuições da disciplina se alinham bem com a

psicologia cognitiva do também biólogo Jean Piaget. Esse, ao tratar dos processos de passagem de um conhecimento mais simples para um mais complexo, indica tanto a necessidade de maturação do sistema nervoso para esse processo, quanto a linearidade do desenvolvimento do conhecimento (Piaget, 1969). Sendo demonstrado que mesmo nas situações de aceleração das aprendizagens esses mesmos requisitos se fazem necessários (Inhelder; Bovet; Sinclair, 1977).

Ainda em Piaget, observa-se o papel da afetividade para a atribuição dos significados aos objetos assimilados (Piaget, 1983), bem como a possibilidade de generalização dos sistemas assimilativos por meio dos processos denominados por Piaget de decalagens horizontais (se referindo a aplicação de estruturas de assimilação e acomodação a novos objetos), e decalagens verticais (se referindo a interiorização dos processos de aprendizagem tornando-os independentes da presença dos objetos para a operacionalização dos mesmos).

O que ocorre no caso da biologia é que cada um dos processos discutidos por Piaget, assim como por outros autores, encontra explicações nas diferentes áreas da biologia. Dessa forma, a compreensão desses processos biológicos pode servir para a compreensão das barreiras e facilitadores da aprendizagem, tanto em situações neurotípicas, quanto em de neurodivergência.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa seguiu uma metodologia de revisão bibliográfica (Cervo; Bervian; Silva, 2007) tomando como objetivo sintetizar informações de diferentes áreas da biologia e psicopedagogia com o potencial de auxiliar na compreensão dos processos de aprendizagem tanto em situações de sujeitos neurotípicos quanto de neurodivergência. Para a realização da pesquisa buscaram-se informações em livros e artigos das áreas biologia do comportamento (etologia), fisiologia e genética; no campo da psicologia da aprendizagem buscaram-se referências em autores como Jean Piaget, Jerome Bruner, Lev Vigotski, Elizabeth Flores; no campo da psicopedagogia recorreu-se a Genoveva Claro, Sara Paín, Alicia Fernández, Jorge Visca; no campo do desenvolvimento emocional aplicado à aprendizagem foram usadas contribuições de Donald Winnicott e Daniel Goleman entre outros; além dessas áreas, recorreu-se também a publicações voltadas à neurofisiologia. Uma vez realizado o levantamento de dados buscou-se a elaboração de uma síntese das informações de modo a buscar a correlação das explicações das diferentes áreas que tivessem o potencial de auxiliar na compreensão dos processos de aprendizado.

Tendo em mente que cada uma das áreas pesquisadas é de alguma forma fechada em si, especialmente ao analisarem-se os livros, buscaram-se ao longo das leituras possíveis pontos de intersecção entre elas, procurando sempre que possível fundamentar tais relações através das buscas de

artigos em bases de dados científicas. Nesse sentido optou-se em um primeiro momento pela realização de buscas junto à base Scielo, porém, em virtude da baixa quantidade de resultados obtido para alguns temas buscou-se uma complementação através de pesquisas nas bases Web of Science e Pubmed.

4 FISIOLOGIA DO ESTRESSE

Dentro da biologia um campo importante a ser discutido para compreender os processos de aprendizagem é o da fisiologia, área que em última análise estuda as funções internas dos animais em seus diferentes sistemas. Diretamente ligada à fisiologia trataremos em específico da fisiologia do estresse, entendendo-se que "a resposta ao estresse é uma adaptação que permite que o animal responda imediatamente e de maneira generalizada a uma situação ameaçadora" (Hill; Wyse; Anderson, 2012, p. 406). Essa resposta generalizada ocorre via ativação do sistema nervoso simpático, o qual leva a inibição do sistema digestório, aumento da atividade cardíaca e respiratória, aumento do estado de alerta e liberação de energia e oxigênio direcionado às áreas de cognição envolvidos com a situação de estresse, bem como ativação das regiões cerebrais ligadas com as emoções e memória (amígdala e hipocampo, respectivamente) (Hill; Wyse; Anderson, 2012). Se do ponto de vista de uma situação pontual de estresse este acaba por se mostrar adaptativo, auxiliando no aprendizado e na resolução de problemas, a medida em que o sistema é sobrecarregado e o agente estressor não é eliminado, o organismo experimenta efeitos contrários em termos de fixação da memória, além de baixas na eficiência do sistema imunológico e perdas de massa muscular e óssea.

Considerando as respostas generalizadas das situações de estresse sobre o metabolismo, é de se esperar que essa impacte também nos processos de aprendizado. O que ocorre é que a promoção de desafios pontuais que levem a situações de estresse controlado pode auxiliar na fixação de memórias e no aprendizado, tanto pela ativação das áreas cerebrais ligadas à memória e emoções, quanto pela liberação de hormônios ligados ao prazer após a resolução do problema (Herculano-Houzel, 2015).

De fato, essa proposta de promoção de desafios e desequilíbrios a fim de promover o aprendizado perpassa as mais diversas perspectivas da psicologia da aprendizagem. Iniciando por Lev Vigotski (2007), a proposta de existências de uma Zona de Desenvolvimento Potencial, se referindo a distância entre o que o sujeito é capaz de aprender sozinho e o que ele é capaz de aprender com auxílio de um mediador, toma por base a possibilidade de o sujeito, mediante a desafios e estímulos, desenvolver o seu aprendizado. Ideia semelhante perpassa a proposta de aprendizado através da assimilação, acomodação e equilibração de Jean Piaget (2012), bem como o achado de suas seguidoras de que mediante a oferta de desafios e instruções pontuais seria possível acelerar a passagem de um estádio de desenvolvimento para outro de modo acelerado (Inhelder; Bovet; Sinclair, 1977). Jerome

Bruner (Bruner, 2008), por sua vez, também traz foco para a importância do confronto com situações inusitadas (e por isso de algum modo estressantes) a fim de se promover a aprendizagem. O autor defende que o aprendizado ocorre primordialmente pela exposição a histórias verossímeis e que "para fazer uma boa história, há que torná-la, parece, um tanto incerta, aberta de algum modo a leituras díspares" (Bruner, 2008, p. 75).

Apesar dos benefícios verificados para a fixação da aprendizagem ao se utilizar propostas como as anteriores, as mesmas vias ligadas a situações de estresse agudo também podem levar a fixação de aprendizagem deletérias. Exemplo disso é apontado por Bachelard (2016), o qual indica o risco de que diante de um desafio que exige abstração se fixem aprendizados equivocados diante da aplicação de metáforas ou analogias explicativas, pois, "o perigo das metáforas imediatas para a formação do espírito científico é que nem sempre são imagens passageiras; levam à um pensamento autônomo; tendem a completar-se, a concluir-se no reino da imagem" (Bachelard, 2016, p. 101). Nesse caso o que se observa é que diante da situação desafiadora e na ausência de uma orientação mais adequada o cérebro buscaria o caminho mais rápido de pôr fim a situação de estresse ou desequilíbrio, indicando a importância de um mediador durante os processos de aprendizagem.

Ainda sobre o estresse e a aprendizagem, o que se observa é que no caso de situações de estresse crônico as regiões do cérebro ligadas com as emoções e formação de memórias acabam por ficar menos ativas, o que traz consequências diretas para os processos de aprendizagem, em especial ao se pensar no aprendizado de sujeitos em idade escolar. Ocorre que a infância e juventude são períodos marcados por importantes mudanças no sistema nervoso (Eliot, 2013), as quais podem deixá-los mais vulneráveis a uma série de condições ligadas com a exposição crônica a situações estressantes para as quais o sujeito não consegue vislumbrar soluções, tais como situações de bullying, ansiedade, depressão e transtornos ligados à autoimagem (Silva, 2015). Cada uma dessas situações, além dos danos diretos que causam por si mesmas, também acabam por afetar diretamente as condições de aprendizagem.

Igualmente impactante são as condições de preconceito às quais os estudantes podem se encontrar submetidos. A esse respeito, Sharkey (2010) ao analisar a aprendizagem de crianças afro-americanas identificou uma defasagem de aprendizado anual equivalente a um mês escolar nelas em virtude da seletividade dos homicídios em seus bairros, apesar da ausência de defasagem em crianças de origem latinas que viviam nos mesmos bairros. O que esse dado mostra é que as próprias características físicas têm o potencial de deixar grupos específicos mais sujeitos a situações de estresse que afetam diretamente o aprendizado. No caso em específico, conforme discutido por Raine (2015), ao poder levar a danos irreversíveis nas áreas cerebrais ligadas à formação de memória.

Outro fator a ser levado em conta ao tratar do aprendizado e estresse é a condição de pessoas neurodivergentes. A esse respeito, Kushki e seus colaboradores (2013) realizaram uma pesquisa com crianças com autismo a respeito da resposta a eventos causadores de ansiedade destacando, juntamente com outros autores (Jansen *et al.*, 2006; Saghir *et al.*, 2017), que autistas se encontram mais vulneráveis a déficits em habilidades sociais, de comunicação e adaptabilidade a situação não familiares. Dessa forma, estariam mais sujeitos a situações de estresse e ansiedade em diferentes ambientes, incluindo a escola. A pesquisa de Kushki indicou que as crianças com autismo, ao estarem submetidas em situações de estresse, tal como a necessidade de exposição social, apresentariam com mais frequência sintomas de ansiedade, como elevação da frequência cardíaca, produção de suor e mudanças na temperatura da pele, sendo todas essas condições relacionadas à ativação do sistema nervoso simpático e resposta ao estresse. O significado disso, em última instância é que para além dos desafios do próprio autismo, o estresse vivenciado traria danos diretos na própria biologia da aprendizagem, em especial ao se verem expostas repetidamente às situações de exposição exacerbada com as quais não estejam familiarizadas e que exijam a realização de comunicações verbais públicas.

Trazendo o viés da Psicopedagogia, a aprendizagem é compreendida como um processo construído pela integração de elementos indissociáveis que envolvem o sujeito em sua totalidade. Nesse sentido, Barbosa (2007) afirma que o ser humano deve ser entendido a partir de três grandes dimensões: a racional, a relacional e a desiderativa. A dimensão racional refere-se aos processos cognitivos implicados na construção do conhecimento; a relacional compreende as interações estabelecidas com o outro e com o meio; e a desiderativa diz respeito ao desejo de aprender, às motivações e aos aspectos afetivo-emocionais que mobilizam o sujeito para a aprendizagem. Assim, a compreensão do indivíduo aprendente exige um olhar que contemple suas especificidades, potencialidades, modos singulares de aprender e os fatores biológicos, cognitivos, afetivos e sociais que influenciam seu desenvolvimento. Sob essa perspectiva, a atuação psicopedagógica busca compreender como essas dimensões interagem, favorecendo intervenções que respeitem a singularidade do sujeito e potencializem seu processo de aprendizagem.

A Psicopedagogia amplia o olhar sobre as potencialidades do estudante ao investigar de que maneira os aspectos cognitivos, emocionais, afetivos e relacionais influenciam seu processo de aprendizagem (Goleman, 1995). Quando são identificadas barreiras que dificultam a construção do conhecimento, cabe ao psicopedagogo investigar os fatores que as originam, compreendendo a singularidade do sujeito e o contexto em que está inserido. A partir dessa avaliação, realizada por meio de instrumentos específicos, elabora-se um plano de intervenção individualizado, direcionado às necessidades evidenciadas. Embora os objetivos terapêuticos variem conforme as demandas de cada

indivíduo, as intervenções fundamentam-se em metodologias diversificadas, significativas e intencionalmente planejadas, capazes de favorecer a neuroplasticidade. Nesse processo, experiências de aprendizagem repetidas, mediadas e emocionalmente significativas estimulam o fortalecimento e a reorganização das conexões sinápticas, promovendo modificações na comunicação entre os neurônios por meio da ação dos neurotransmissores e da formação ou do fortalecimento de circuitos neurais, contribuindo para o desenvolvimento das funções cognitivas e da aprendizagem (Flores, 2022).

Em companhia com o aprender, a ação de neurotransmissores estimulantes a felicidade como dopamina, ocitocina, serotonina e endorfina durante situações de estresse evidencia que aprender não depende apenas da integridade biológica do cérebro, mas também das condições afetivas que esse componente vital do ser humano está inserido. Conforme Winnicott (2019) o vínculo do sujeito aprendente com o ensinante é um componente essencial para que mudanças sejam possíveis pois, atua como ponte para que o sujeito se sinta compreendido, acolhido e, gradualmente, disponível para interagir, explorar e aprender (Visca, 2010).

5 FISIOLOGIA E APRENDIZAGEM

Outros dois campos de grande relevância para a compreensão dos processos de aprendizagem dentro da biologia são os da neurofisiologia e da endocrinologia. A neurofisiologia é o campo responsável pelo estudo de neurotransmissores essenciais aos processos de aprendizagem, tal como a dopamina, noradrenalina e a endorfina. Já o sistema endócrino é o sistema biológico responsável pela liberação de hormônios que terão efeitos generalizados no corpo, levando à ocorrência de ações mais duradouras do que as respostas ligadas diretamente ao sistema nervoso (Hill; Wyse; Anderson, 2012). Ocorre que enquanto os estímulos nervosos são passados de modo quase imediato de uma célula nervosa para a outra, tendo os neurotransmissores recapturados logo após cumprirem sua ação em um lugar pontual do corpo, os hormônios produzidos pelo sistema endócrino são transportados via corrente sanguínea podendo ativar diferentes receptores celulares até atingirem suas células alvo. Como consequência eles acabam por gerar efeitos mais globais e demorados, sendo possível que desde a liberação até a manifestação de seus efeitos passem algumas horas ou mesmo dias (Hill; Wyse; Anderson, 2012).

Dentre os hormônios que terão influência na aprendizagem podem-se citar aqueles ligados diretamente com a já discutida resposta de estresse, especificamente adrenalina, noradrenalina, cortisol e cortisona, bem como a serotonina e melatonina. Já os neurotransmissores dopaminas e endorfinas exercem um papel importante na promoção de sensação de bem-estar (Hill; Wyse; Anderson, 2012),

estando sua desregulação ligada a situações como a ansiedade, depressão e problemas com o uso da memória de trabalho (Godoy *et al.*, 2023).

Iniciando pelo neurotransmissor dopamina, a sua liberação está ligada com o circuito de recompensa, sendo ele responsável pela sensação de prazer ao resolver um problema ou mesmo ao brincar. Sobre ele, Herculano-Houzel (2015) destaca que ao se sair da infância algumas regiões do cérebro perdem um terço de seus receptores para dopamina, de modo que

> a perda de receptores para dopamina no sistema de recompensa no final da infância tem consequências fundamentais para o comportamento adolescente, Como a dopamina liberada sobre o estriado ventral durante, digamos uma brincadeira de boneca encontra agora número reduzido de receptores, a ativação resultante do estriado ventral é menor, e a brincadeira causa portanto uma satisfação proporcionalmente menor (Herculano-Houzel, 2015, p. 74).

A diminuição de receptores deste neurotransmissor do prazer acaba por ter implicações importantes também nas formas com que se dará o aprendizado, pois significa que a efetividade de atividades voltadas à estimulação do lúdico (Winnicott, 2019) tende a ser maior ao ser aplicada com crianças do que com adolescentes ou adultos. Apesar disso, na vida adulta mesmo os receptores para dopamina estando em menor número acaba por ocorrer uma compensação à medida em que se passa a produzir mais dopamina mediante aos estímulos (Herculano-Houzel, 2015).

Deve-se compreender que do ponto de vista biológico essa mudança na intensidade de resposta a dopamina a medida em que ocorre o amadurecimento pode ser considerada adaptativa, pois acaba por recompensar a criança ao se dedicar a atividades novas (que aumentarão sua gama de conhecimentos), enquanto que no caso do adulto a produção de mais dopamina acaba por recompensar a realização de atividades específicas. As vantagens práticas disso são que no caso das crianças há uma pré-disposição a satisfação mediante a exploração de coisas novas (Eliot, 2013), no caso dos adolescentes um estímulo pela busca por aprofundamento de relações sociais e disposição para submissão a maiores riscos (Herculano-Houzel, 2015), enquanto que nos adultos se observa que “nessa fase da vida diminui a taxa de aprendizagem de novas informações, mas aumenta a capacidade de usar e elaborar o que já foi aprendido” (Cosenza; Guerra, 2011, p. 36). Os impactos pedagógicos disso são que há maior possibilidade de explorar diversidades de abordagens de ensino entre crianças, uma maior capacidade de cooperação e gratificação em trabalhos em grupos entre adolescentes e uma facilitação de aprendizagens contextualizadas no caso do ensino dos adultos.

A dopamina também exerce um importante papel na aprendizagem de sujeitos neurodivergentes, sendo destacado que “nas crianças com TDAH ocorre uma falha na liberação de dopamina, fazendo com que a sinalização da gratificação não ocorre e que haja uma sensibilidade

maior para a demora do reforço comportamental" (Cosenza; Guerra, 2011, p. 137), o que dificulta a aprendizagem fundamentada em promessas distantes de ganho, indicando-se assim o trabalho com recompensas mais imediatas. Sendo o processo de recaptura de dopamina justamente o foco de ação de alguns tratamentos medicamentosos que visam aumentar a capacidade atencional (Lourenço *et al.*, 2026).

Já a endorfina, atua tanto como neurotransmissor, quanto como hormônio, desempenhando assim importantes funções ligadas aos sistemas de analgesia da dor e de recompensa, sendo sua liberação estimulada por práticas de exercício físico (Cosentino; Marino, 2022). No que tange às questões de aprendizagem, as endorfinas têm um papel central na modulação das memórias (Netto, 2022). Destacando-se os benefícios potenciais da prática de exercícios na produção dessa substância e a consequente influência negativa das restrições de práticas de exercícios físicos no aprendizado.

Quanto ao papel da serotonina e da melatonina, esses dois hormônios são intercambiáveis. Dessa forma, por meio do sono em local com ausência de luz ocorre a transformação da serotonina em melatonina (Santoro; Pinato, 2014). Sobre a ação desta última, "os níveis do hormônio melatonina além de influenciarem diretamente na qualidade de sono e assim indiretamente em funções cognitivas, também influenciam diretamente a memória através de sua ação neuroprotetora no hipocampo" (Santoro; Pinato, 2014, p. 1982). Pode-se inferir nesse ponto os impactos da privação de sono sobre os processos de aprendizagem e formação de memória através do efeito direto na área cerebral da memória (hipocampo). Além disso, Cosenza e Guerra (2011), ao tratarem do sono também discutem que é durante esse período que ocorre a fixação das memórias. Dessa maneira, pensando no caso de pessoas neurodivergentes, como no caso do autismo, para as quais se observa alterações no padrão de sono (Johnson; Zarrinnegar, 2024) podem-se observar comprometimentos secundários também na área cognitiva, tanto em virtude de falhas na produção de melatonina, quanto na dificuldade de fixação das aprendizagens.

Relacionando as situações do aprender com as dificuldades desta habilidade cognitiva, sendo atípico ou não, a psicopedagogia utiliza seus recursos para intervir, criando situações de aquisição de conhecimento intencionalmente planejadas, significativas e desafiadoras, capazes de favorecer a atenção, a motivação, a memória e as funções executivas, potencializando os mecanismos fisiológicos envolvidos na consolidação das aprendizagens, pois no cérebro da pessoa neurodivergente o nível de funcionamento relacionado às conexões e organizações cerebrais ficam desalinhadas, fazendo com que haja um desequilíbrio nos sistemas inibitórios e excitatórios (Kerches, 2022). Além disso, estudos mostraram que neurotransmissores como a noradrenalina, dopamina e serotonina, apresentaram comprometimento em seu funcionamento, resultando em um déficit na propagação de informações e

aprendizados. Os déficits nessas funções, podem estar relacionados ao lobo frontal, resultando em uma dificuldade do indivíduo para o planejamento de tarefas, controle de ações, além de dificuldade para resolução de seus próprios problemas (Silva; Aguiar; Assumpção Jr., 2024), assim, a intervenção psicopedagógica atua como uma mediadora entre os processos biológicos e as experiências educativas, reconhecendo que a aprendizagem emerge da interação dinâmica entre o funcionamento cerebral e as dimensões cognitivas, afetivas, sociais e relacionais que constituem o sujeito (Claro, 2018).

6 MATURAÇÃO CEREBRAL

Um ponto relevante a ser levado em conta ao descrever os processos de aprendizagem é a influência da maturação cerebral nesses processos. Para além da questão proposta por Piaget e Garcia (2011) de que a capacidade de realização de operações mentais abstratas depende de uma continuada operacionalização concreta sobre o objeto, observa-se que ao longo do desenvolvimento humano existem períodos críticos para a aquisição de capacidades físicas, psicossociais e cognitivas (Papalia; Martorell, 2022). Em decorrência disso, se determinadas competências não forem desenvolvidas ao longo de faixas de tempo estreitas pode haver maior dificuldade de desenvolvê-las em outros períodos.

Uma importante referência para a discussão dos processos de aprendizagem na infância é o trabalho da neurocientista Lise Eliot (2013), o qual busca apresentar as diferenças nas potencialidades de aprendizagem entre os sexos durante a infância. Dentre os apontamentos da autora, chama atenção a consideração de que a maioria das diferenças observadas entre homens e mulheres não encontra justificativa em diferenças cerebrais entre os sexos, mas sim na variedade de situações a que a criança é exposta. Segundo a autora o que se observa de diferenças entre os sexos é principalmente uma ligeira vantagem feminina na área de linguagem e uma ligeira vantagem masculina em raciocínio espacial. Dessa forma, o que tais apontamentos indicam é a grande importância da oferta de estímulos diversificados e compensatórios para ambos os sexos.

Sobre as capacidades de aprendizado, observa-se que a infância é o período no qual o cérebro é mais plástico e maleável (Eliot, 2013). Dessa forma, seja a criança neurotípica ou neurodivergente, essa é a etapa em que as intervenções e correções de defasagens tendem a ser mais eficazes. Observa-se também que durante a puberdade o cérebro passa por importantes mudanças a medida em que várias de suas áreas terminam o amadurecimento e outras, como o córtex pré-frontal (relacionado com as abstrações e capacidades sociais) continua seu amadurecimento e observa-se uma maior mielinização dos neurônios, o que aumenta a velocidade de processamento das informações e gera maior capacidade de interrelação entre informações (Herculano-Houzel, 2015).

Do ponto de vista das atividades motoras, Herculano-Houzel (2015) também destaca que a região cerebral responsável pelo armazenamento da informação de movimentos complexos (núcleos da base) se aproxima do amadurecimento já aos 13 anos. Dessa forma, todo o período anterior a esse se torna crítico para a aquisição da coordenação motora ligada com respostas automáticas. Devendo receber maior atenção em especial no caso de aquisição de capacidades básicas em crianças neurodivergentes.

Outras questões ligadas com a maturação cerebral e que trará reflexos na aprendizagem são aquelas relacionadas com o surgimento de distúrbios durante a adolescência, uma vez que "depressão, síndrome do pânico, esquizofrenia e distúrbios de ansiedade são alguns dos problemas neurológicos que costumam dar seus primeiros sinais na adolescência" (Herculano-Houzel, 2015, p. 156), trazendo impactos tanto no convívio social, quanto nas possibilidades de aprendizagem escolar (Silva, 2015). Podendo se somar, no caso de adolescentes neurodivergentes, às suas demais comorbidades.

Um último apontamento a ser feito sobre a maturação cerebral diz respeito a situações de sujeitos neurodivergentes a tais mudanças. Ocorre que durante a adolescência o córtex pré-frontal experimenta um grande amadurecimento, o que significa um ganho das capacidades ligadas às funções executivas, da capacidade de planejamento e da consciência social (Cosenza; Guerra, 2011). Tal situação coloca sujeitos neurodivergentes, como autistas, diante da consciência social e demanda por estímulos específicos sem estarem munidos com as ferramentas para lidar com esses tipos de desafios (Salles; Haase; Malloy-Diniz, 2016) a medida em que, por mais que já tenham o potencial para o desenvolvimento de determinadas capacidades cognitivas, ainda não dispõem das estruturas operatórias que as sustentariam (Piaget, 2003).

Sob a perspectiva da Psicopedagogia, compreender esse processo é essencial para o profissional interpretar as manifestações do discente, uma vez que o desenvolvimento dessas funções sendo cognitivas, executivas, linguísticas, emocionais e sociais dependem, simultaneamente, da maturação biológica e da qualidade das experiências vivenciadas pelo indivíduo. Em crianças e adolescentes com desenvolvimento típico, a intervenção psicopedagógica busca prevenir e/ou potencializar competências compatíveis com cada etapa do desenvolvimento, respeitando o ritmo individual e promovendo experiências desafiadoras que favoreçam a consolidação das habilidades cognitivas. Nos sujeitos com desenvolvimento neuroatípico, como pessoas autistas, com tdah, transtornos específicos da aprendizagem ou outras condições do neurodesenvolvimento, a maturação cerebral pode ocorrer de maneira distinta, exigindo estratégias de intervenção individualizadas que considerem tanto as particularidades neurobiológicas quanto os aspectos afetivos, sociais e pedagógicos. Nesse contexto, a Psicopedagogia afasta-se de uma concepção centrada apenas nas limitações do sujeito e fundamenta

sua atuação na identificação de potencialidades, utilizando intervenções que estimulem a plasticidade cerebral, favoreçam a reorganização funcional das redes neurais e ampliem as possibilidades de construção do conhecimento. Dessa forma, a interface entre maturação cerebral e Psicopedagogia evidencia que o desenvolvimento não é determinado exclusivamente pela biologia, mas resulta da interação permanente entre fatores genéticos, ambientais, emocionais, relacionais e educacionais, reafirmando a aprendizagem como um fenômeno complexo e multifatorial (Morin, 2003).

7 INTEGRAÇÃO DE ESTÍMULOS

Apesar de a fisiologia do estresse, sistema endócrino, neurotransmissores e maturação cerebral terem sido abordados separadamente até esse ponto, é importante se ter claro que todos esses processos ocorrem de modo concomitante, dessa forma, o processo de aprendizado ocorrerá sob a influência de todos esses moduladores. Ou seja, para além da tenuidade da fisiologia do estresse ao transitar entre os papeis de estimuladora e bloqueadora da aprendizagem, deve-se levar em conta que a maturidade cerebral do sujeito, a presença de outros estímulos fisiológicos que se sobreponham ao agente estressor e mesmo a presença de uma rede de apoio podem fazer a diferença em termos de se o resultado será a geração de aprendizado ou de bloqueios.

Igualmente relevante ao se pensar no estresse e na aprendizagem é a consideração de se a tarefa designada está dentro das possibilidades disponibilizadas pela maturidade cerebral. Dessa forma, considerando que o crescimento da capacidade de abstração, ligada com as chamadas funções executivas, é uma consequência do amadurecimento das porção pré-frontal do cérebro (Cosenza; Guerra, 2011) a realização de exigências de aprendizagem que demandem alta capacidade de abstração podem acabar por promover situações crônicas de estresse especialmente em áreas que exijam maior abstração, como no caso da matemática, disciplina onde os danos acadêmicos causados pelo estresse são bem documentados (Campos; Betancourt; Madriles, 2022) e para a qual estratégias que visam a redução do nervosismo são utilizadas como forma de facilitação da aprendizagem (Díaz, 2021). Dentro desse contexto, há a possibilidade de que mesmo possuindo a maturidade cerebral necessário para realizar a aprendizagem o sujeito não consiga concluí-la em virtude de questões emocionais, fazendo-o entrar em um ciclo vicioso, no qual, não desenvolve novas aprendizagens em função do estresse e tem como fonte do estresse a dificuldade de aprendizado.

Identificam-se interações que irão refletir nos processos de aprendizagem também ao se observarem em conjuntos os processos de maturação cerebral e endócrina. Sendo destacado que o responsável pelas mudanças hormonais durante a adolescência é o próprio sistema nervoso (Herculano-Houzel, 2015). Desse modo, junto com a maturação que coloca o adolescente em uma

posição de maior consciência social passa-se a produzir uma série de hormônios, como testosterona e progesterona, que irão impulsioná-lo a buscar interações sociais e novos interesses (Eliot, 2013). Essa interação entre desenvolvimento cerebral e hormônios, por sua vez, forçará o sujeito a buscar adquirir novas aprendizagens e enfrentar novos desafios de ordem psicológica e social (Silva, 2015). Sendo relevante destacar que se do ponto de vista dos sujeitos neurotípicos todos esses processos já são desafiadores, do ponto de vista dos neurodivergentes soma-se o enfrentamento de questões como ansiedade, dificuldade de leitura social, demanda de enfrentamento de situações de exposição social e mesmo o bullying (Camargo; Bosa, 2012; Ekinci *et al.*, 2021; Kushki *et al.*, 2013; Pondé *et al.*, 2023; Ramirez *et al.*, 2020).

A integração desta harmonia de diferentes sistemas biológicos será única e diferente para cada ser humano, pois os mecanismos à elas ligados, atuam de maneira interdependente e evoluem durante toda a vida. Bruce McEwen (1998), ao evidenciar que o estresse, quando crônico, mantém níveis elevados de cortisol acaba impactando como este sujeito se relaciona e aprende pois compromete estruturas cerebrais fundamentais para a memória, a atenção e as funções executivas, já Eric Kandel (2021), demonstra que experiências repetidas e emocionalmente significativas promovem alterações sinápticas duradouras, base da neuroplasticidade. Sob essa perspectiva, aprender não significa apenas adquirir novas informações, mas reorganizar continuamente circuitos neurais que dependem tanto da integridade biológica quanto da qualidade das experiências vivenciadas. É possível observar esse processo no cotidiano escolar: uma criança que se sente segura, acolhida e motivada tende a manter maior atenção, persistir diante dos desafios e consolidar melhor novos conhecimentos. Em contrapartida, quando vivencia situações frequentes de medo, ansiedade ou insegurança, seu organismo prioriza mecanismos de sobrevivência em detrimento dos processos cognitivos, tornando a aprendizagem menos eficiente.

Com esta compreensão, torna-se ainda mais relevante a avaliação, identificação e intervenção do profissional da psicopedagogia, pois o cérebro do indivíduo mantém a capacidade de reorganizar-se ao longo da vida quando exposto a experiências mediadas, significativas e sistematicamente planejadas. Para os sujeitos com desenvolvimento neurodivergente, algumas redes neurais podem apresentar padrões distintos de conectividade, processamento e/ou velocidade de maturação cerebral e, para isso, a elaboração de intervenções psicopedagógicas compatíveis com o perfil de funcionamento do sujeito, pode promover experiências de aprendizagem adequadas e significativas (Paín, 1985).

8 CONCLUSÃO

Frente ao exposto é possível concluir que os processos de aprendizagem envolvem uma quantidade muito grande de fatores, não se tratando apenas do encontro entre alguém disposto a ensinar e alguém disposto a aprender. Em realidade uma série de fatores biológicos, sobre os quais o sujeito pode ter pouco ou nenhum controle direto, afetam diretamente a capacidade de criação de memórias e posterior articulação dos saberes adquiridos.

Mesmo que os docentes, ou outros profissionais que estejam voltados para a promoção dos processos de aprendizado, não tenham controle total do ambiente a fim de assegurar condições ótimas de aprendizagem, a compreensão dos diferentes fatores biológicos relacionados com o aprendizado se apresenta como um fator importante para a definição dos caminhos a serem seguidos e dos obstáculos a serem enfrentados durante os processos de ensino e aprendizagem. Nesse sentido, alguns dos ganhos de se conhecer a biologia da aprendizagem estão na possibilidade de realização de ações concretas que visem a promoção de desafios que estejam tanto dentro do nível de maturação orgânica, quanto emocional dos estudantes. Além disso, a compreensão sobre estresse, fisiologia e maturação deve despertar o respeito aos limites de aprendizado do estudante, mesmo que isso leve a algum tipo de frustração por parte de seus responsáveis e educadores.

Por fim, do ponto de vista da psicopedagogia, compreende-se que por mais que as limitações biológicas sejam essenciais no direcionamento das aprendizagens, há a possibilidade de se realizarem intervenções tanto para maximizar as aprendizagens de pessoas neurotípicas, quanto para auxiliar no atendimento de defasagens observadas em pessoas neurodivergentes. Destacando-se também que em função da existência de janelas de tempo em que os sujeitos estão mais propícios ao desenvolvimento de aprendizagens específicas é de grande importância que se busquem intervenções psicopedagógicas sempre o mais cedo possível, favorecendo assim a superação das defasagens

REFERÊNCIAS

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuições para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2016.

BARBOSA, L. M. S. A Epistemologia Da Psicopedagogia: Reconhecendo Seu Fundamento, Seu Valor Social e Seu Campo de Ação. Comemorando os 15 anos de ABPp - Paraná Sul, 2006. **Revista Psicopedagogia**, vol. 24, no. 73, pp. 90–100, 2007.

BRASIL. **Lei No 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Brasil, 1996.

BRUNER, J. S. **Actos de Significação**. Lisboa: Edições 70, 2008.

CABRAL, F. G. de S. O estudo do comportamento, a dicotomia inato vs. aprendido e sua (possível) superação. **Psicologia USP**, vol. 35, 2024.

CAMARGO, S. P. H.; BOSA, C. A. Competência social, inclusão escolar e autismo: um estudo de caso comparativo. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, vol. 28, no. 3, pp. 315–324, 2012.

CAMPOS, A. S.; BETANCOURT, A. L.; MADRILES, C. del S. M. Estrés y ansiedad semiótica por las matemáticas: medición en estudiantes. **RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo**, vol. 13, no. 25, 2022.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. da. **Metodologia científica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CLARO, G. R. **Fundamentos de psicopedagogia**. Curitiba: Intersaberes, 2018.

COSENTINO, M.; MARINO, F. Endorphin. *In*: LA ROSA, S.; UCCELLA, S. (eds.). **Endocrine Pathology**. Nova Iorque: Springer, 2022. pp. 215–216.

COSENZA, R. M.; GUERRA, L. B. **Neurociência e educação: como o cérebro aprende**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

DEHAENE, S. **Como aprendemos: por que o cérebro aprende melhor do que qualquer máquina... por enquanto**. São Paulo: Contexto, 2020.

DÍAZ, I. Á. E. Aprendizaje en las matemáticas. La gamificación como nueva herramienta pedagógica. Horizontes. **Revista de Investigación en Ciencias de la Educación**, vol. 5, no. 17, pp. 311–326, 2021.

EKINCI, O. *et al.* Sluggish cognitive tempo is associated with autistic traits and anxiety disorder symptoms in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. **Brazilian Journal of Psychiatry**, vol. 43, no. 2, pp. 153–159, 2021.

ELIOT, L. **Cérebro azul ou rosa: o impacto das diferenças de gênero na educação**. Porto Alegre: Penso, 2013.

FLORES, E. Reabilitação. *In*: **NEUROCIÊNCIA: APLICAÇÕES INTERDISCIPLINARES DA ATUALIDADE.** São Paulo: Pimenta Cultural, 2022. pp. 179–207.

GODOY, R. *et al.* Effects of ortho-eugenol on anxiety, working memory and oxidative stress in mice. **Brazilian Journal of Biology**,, vol. 83, 2023.

GOLEMAN, D. **Inteligência Emocional**. Rio de Janeiro: Objetiva, 1995.

GOULD, S. J. No meio da vida ... *In*: **O POLEGAR DO PANDA: REFLEXÕES SOBRE HISTÓRIA NATURAL**. 1. ed. São Paulo: Livraria Martins Fontes, 2004.

HERCULANO-HOUZEL, S. **O Cérebro adolescente: a neurociência da transformação da criança em adulto.** São Paulo: Amazon Serviços de Varejo do Brasil Ltda, 2015.

HILL, R. W.; WYSE, G. A.; ANDERSON, M. **Fisiologia Animal**. Porto Alegre: Artmed, 2012.

IHBOUR, S. *et al.* Mental health among students with neurodevelopment disorders: case of dyslexic children and adolescents. **Dementia & Neuropsychologia**, vol. 15, no. 4, pp. 533–540, 2021.

INHELDER, B.; BOVET, M.; SINCLAIR, H. **Aprendizagem e Estruturas do Conhecimento**. São Paulo: Saraiva, 1977.

JABLONKA, E.; LAMB, M. J. **Evolução em quatro dimenções: DNA, comportamento e a história da vida**. São Paulo: Companhia das letras, 2010.

JANSEN, L. M. C. *et al.* Autonomic and neuroendocrine responses to a psychosocial stressor in adults with autistic spectrum disorder. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, vol. 36, no. 7, pp. 891–899, 2006.

JOHNSON, K. P.; ZARRINNEGAR, P. Autism Spectrum Disorder and Sleep. **Psychiatric Clinics of North America**, vol. 47, no. 1, pp. 199–212, 2024.

KANDEL, E. **Em busca da memória: o nascimento de uma nova ciência da mente**. São Paulo: Companhia das Letras, 2021.

KERCHES, D. **Autismo: ao longo da vida.** São Paulo: Literare Books International, 2022.

KUSHKI, A. *et al.* Investigating the Autonomic Nervous System Response to Anxiety in Children with Autism Spectrum Disorders. **PLoS ONE**, vol. 8, no. 4, 2013.

LORENZ, K. **Os fundamentos da etologia**. 1aed. São Paulo: Editora Unesp, 2004.

LOURENÇO, V. *et al.* The Acute Effect of Methylphenidate Ingestion in a Visuomotor Task at Absolute Power Alpha in Healthy Subjects. **Arquivos de neuro-psiquiatria**, vol. 84, no. 2, pp. 1–8, 2026.

LURIA, A. R. **Fundamentos de Neuropsicologia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1981.

MCEWEN, B. S. Protective and Damaging Effects of Stress Mediators. **New England Journal of Medicine**, vol. 338, no. 3, pp. 171–179, 1998.

MONTANARI, T. **Embriologia: Textos, atlas e roteiro de aulas práticas**. Porto Alegre: edição do autor, 2013.

MORIN, E. Da necessidade de um pensamento complexo. *In*: MENDES, C. (ed.). **Representação e complexidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 2003.

NETTO, C. A. Role of Brain B-endorphin in Memory Modulation Revisited. **Neuroscience**, vol. 497, pp. 30–38, 2022.

PAPALIA, D. E.; MARTORELL, G. **Desenvolvimento Humano**. 14aed. Porto Alegre: AMGH Editora, 2022.

PAÍN, S**. Diagnóstico e tratamento dos problemas de aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 1985.

PIAGET, J. **Epistemologia Genética**. 4a ediçãoed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2012.

PIAGET, J. **O estruturalismo**. Algés: Difel, 2003.

PIAGET, J. **Problemas de Psicologia Genética**. São Paulo: Abril Cultural, 1983.

PIAGET, J.; GARCÍA, R**. Psicogênese e história das ciências**. Petrópolis: editora vozes, 2011.

PIAGET, J. **Biologia y conocimiento: ensayo sobre las relaciones entre las regulaciones orgánicas y los procesos cognoscitivos**. Madrid: Siglo XXI de España, 1969.

PLOMIN, R. *et al.* **Genética do comportamento**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

PONDÉ, M. P. *et al.* Prevalence of anxiety and depression in parents of children with autism spectrum disorder during the first wave of the COVID-19 pandemic on Northeast Brazil. **Jornal Brasileiro de Psiquiatria**, vol. 72, no. 3, pp. 159–165, 2023.

RAINE, A. **A anatomia da violência: as raízes biológicas da criminalidade.** Porto Alegre: Artmed, 2015.

RAMIREZ, A. C. *et al.* Parent-led, stepped-care cognitive-behavioral therapy for youth with autism and co-occurring anxiety: study rationale and method. **Brazilian Journal of Psychiatry**, vol. 42, no. 6, pp. 638–645, 2020. Disponível em:

SAGHIR, H. *et al.* Atypical autonomic nervous system complexity accompanies social cognition task performance in ASD. **Research in Autism Spectrum Disorders**, vol. 39, pp. 54–62, 2017.

SAID, G. *et al.* Removal of metaldehyde pesticide from aquatic media using modified cellulose obtained from Populus nigra plant, as potential adsorbent**. Pure and Applied Chemistry**, vol. 96, no. 12, pp. 1789–1805, 2024.

SALLES, J. F. de; HAASE, V. G.; MALLOY-DINIZ, L. f. **Neuropsicologia do desenvolvimento: infância e adolescência**. Porto Alegre: Artmed, 2016.

SANTORO, S. D.; PINATO, L. Sono-vigília, aspectos de memória e melatonina em síndrome de williams-beuren: uma revisão de literatura. **Rev. CEFAC**, vol. 16, no. 6, pp. 1980–1989, 2014.

SHARKEY, P. The acute effect of local homicides on children's cognitive performance. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, vol. 107, no. 26, pp. 11733–11738, 2010.

SILVA, A. B. B. **Bullying: Mentes perigosas nas escolas**. São Paulo: Principium, 2015.

SILVA, A. G. da; AGUIAR, C.; ASSUMPÇÃO JR., F. B. **Autismo: Conceito, Diagnóstico, Intervenção e Legislação**. Porto Alegre: Artmed, 2024.

VIGOTSKI, L. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 1. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VISCA, J. **Clinica Psicopedagógico: Epistemologia Convergente**. São José dos Campos: Pulso, 2010.

WINNICOTT, D. W. **O brincar e a realidade**. São Paulo: Editora Ubu, 2019.