Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação — REASE

OPEN ACCESS

doi.org/10.51891/rease.v12i11.32139

O CIRCUITO DE RECOMPENSA E A DEPENDÊNCIA DIGITAL NA ADOLESCÊNCIA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE ALTERAÇÕES NO CÓRTEX PRÉ-FRONTAL E REGULAÇÃO COMPORTAMENTAL

THE REWARD CIRCUIT AND DIGITAL DEPENDENCE IN ADOLESCENCE: A LITERATURE REVIEW ON CHANGES IN THE PREFRONTAL CORTEX AND BEHAVIORAL REGULATION

EL CIRCUITO DE RECOMPENSA Y LA DEPENDENCIA DIGITAL EN LA ADOLESCENCIA: UNA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE ALTERACIONES EN LA CORTEZA PREFRONTAL Y LA REGULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO

Ana Clara Cruz Gonçalves[1]
Matheus Garcia Coelho[2]
Renato Marcelo Resgala Júnior[3]

RESUMO: A maturação assíncrona entre estruturas subcorticais e o córtex pré-frontal pode aumentar a vulnerabilidade do adolescente ao uso problemático de tecnologias digitais, sobretudo diante de plataformas desenhadas para explorar esquemas de recompensa variável. Buscou-se analisar essa relação e suas possíveis repercussões na regulação comportamental a partir da literatura científica. Trata-se de uma revisão bibliográfica de abordagem qualitativa e exploratória realizada nas bases CAPES, SciELO, PubMed e Google Acadêmico, com recorte temporal de 2000 a 2026. Os estudos revisados sugerem que a assincronia entre a maturação precoce de estruturas subcorticais e o desenvolvimento tardio do córtex pré-frontal favorece a busca por gratificação imediata. Essa vulnerabilidade tende a ser explorada pelo design das plataformas digitais. A exposição noturna à luz azul aparece associada à desregulação do sono. Esses fatores têm sido relacionados a prejuízos na atenção, no humor e na vida escolar. Conclui-se que a combinação entre maturação assíncrona e recompensa variável estaria associada ao comprometimento do controle inibitório do adolescente. Parte dos estudos, sobretudo os que associam tempo de tela a alterações cognitivas e emocionais, não estabelece relação causal definitiva e há indícios de causalidade bidirecional.

Palavras-chave: Dependência digital. Córtex pré-frontal. Adolescência.

ABSTRACT: The asynchronous maturation of subcortical structures and the prefrontal cortex may increase adolescents' vulnerability to problematic use of digital technologies, especially when facing platforms designed to exploit variable reward schedules. This study sought to analyze this relationship and its possible repercussions on behavioral regulation based on the scientific literature. This is a literature review with a qualitative and exploratory approach, conducted in the CAPES, SciELO, PubMed and Google Scholar databases, covering the period from 2000 to 2026. The reviewed studies suggest that the asynchrony between the early maturation of subcortical structures and the late development of the prefrontal cortex favors the pursuit of immediate gratification. This vulnerability tends to be exploited by the design of digital platforms. Nighttime exposure to blue light appears to be associated with sleep dysregulation. These factors have been related to impairments in attention, mood and school life. It is concluded that the combination of asynchronous maturation and variable reward would be associated with impaired inhibitory control in adolescents. Part of the studies, especially those

[1] Graduanda em Psicologia. Afya Centro Universitário Itaperuna, RJ, Brasil.
[2] Orientador. Psicólogo. Professor de Psicologia. Afya Centro Universitário Itaperuna, RJ, Brasil.
[3] Coorientador. Doutor em Sociologia Política. Professor Titular. Afya Centro Universitário Itaperuna, RJ, Brasil.

associating screen time with cognitive and emotional changes, does not establish a definitive causal relationship, and there is evidence of bidirectional causality.

Keywords: Digital dependence. Prefrontal cortex. Adolescence.

RESUMEN: La maduración asincrónica entre las estructuras subcorticales y la corteza prefrontal puede aumentar la vulnerabilidad del adolescente al uso problemático de tecnologías digitales, sobre todo ante plataformas diseñadas para explotar esquemas de recompensa variable. Se buscó analizar esta relación y sus posibles repercusiones en la regulación del comportamiento a partir de la literatura científica. Se trata de una revisión bibliográfica de enfoque cualitativo y exploratorio realizada en las bases CAPES, SciELO, PubMed y Google Académico, con un recorte temporal de 2000 a 2026. Los estudios revisados sugieren que la asincronía entre la maduración temprana de las estructuras subcorticales y el desarrollo tardío de la corteza prefrontal favorece la búsqueda de gratificación inmediata. Esta vulnerabilidad tiende a ser explotada por el diseño de las plataformas digitales. La exposición nocturna a la luz azul aparece asociada a la desregulación del sueño. Estos factores se han relacionado con perjuicios en la atención, el estado de ánimo y la vida escolar. Se concluye que la combinación entre maduración asincrónica y recompensa variable estaría asociada al compromiso del control inhibitorio del adolescente. Parte de los estudios, sobre todo los que asocian el tiempo de pantalla con alteraciones cognitivas y emocionales, no establece una relación causal definitiva y existen indicios de causalidad bidireccional.

Palabras clave: Dependencia digital. Corteza prefrontal. Adolescencia.

1 INTRODUÇÃO

O acesso à internet e às redes sociais tornou-se parte quase inevitável da rotina de crianças e adolescentes ao redor do mundo. Junto com o avanço tecnológico cresceu também a facilidade de obter informação e outras vantagens que não existiam há algumas décadas. Nesse cenário ganhou força um fenômeno mais recente, o dos vídeos curtos impulsionados principalmente por plataformas como TikTok e Instagram e hoje acessíveis a praticamente qualquer adolescente. O vício nesse tipo de conteúdo tem sido apontado como uma questão significativa de saúde pública e vem atraindo crescente atenção, embora seus impactos ainda precisem ser mais bem explicados pela pesquisa (Ye *et al.*, 2025). Para Schoen-Ferreira, Aznar-Farias e Silvares (2010), a adolescência corresponde à segunda década de vida, dos 10 aos 20 anos, e é marcada por transformações biopsicossociais. Esse é o critério adotado pela Organização Mundial da Saúde. No Brasil o Estatuto da Criança e do Adolescente adota um recorte mais restrito e considera adolescente a pessoa entre 12 e 18 anos (Brasil, 1990). Como os estudos revisados trabalham com faixas etárias variadas, este trabalho adota o critério mais amplo da Organização Mundial da Saúde (OMS) e recorre ao Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) como referência legal brasileira. O presente trabalho concentra sua análise nas alterações do córtex pré-frontal e do sistema dopaminérgico de recompensa que a literatura associa ao uso excessivo de tecnologias digitais nessa faixa etária.

A motivação para este tema surgiu do interesse em compreender por que certos comportamentos digitais parecem tão difíceis de controlar na adolescência, especialmente diante da expansão acelerada de plataformas voltadas a conteúdos de curta duração. Esse interesse levou à investigação dos mecanismos neurobiológicos que tornariam o cérebro adolescente mais suscetível a esse tipo de comportamento compulsivo. A defasagem entre a maturação precoce de estruturas subcorticais ligadas à motivação e o desenvolvimento tardio do córtex pré-frontal, responsável pelo controle cognitivo, tem sido apontada como um fator de vulnerabilidade comportamental na adolescência (Casey; Jones; Somerville, 2011). Supõe-se que essa maturação assíncrona combinada à exploração de esquemas de recompensa variável pelas plataformas digitais (Haidt, 2024) produza alterações neurofuncionais capazes de comprometer os mecanismos de controle inibitório do adolescente e de torná-lo mais vulnerável a padrões de uso compulsivo e à dependência digital.

Paes (2026) associa a dependência digital a um processo de adaptação neuroquímica em que o sistema de recompensa exposto cronicamente à hiperestimulação dopaminérgica perderia aos poucos a capacidade de responder a estímulos naturais do cotidiano. O padrão seria comparável ao observado em outros tipos de dependência e apesar dos avanços recentes, os estudos de neuroimagem sobre o tema ainda apresentam limitações metodológicas como o reduzido tamanho amostral, o que restringe a generalização dos achados (Rodrigues; Walderrama, 2025). Por isso são necessários trabalhos que sistematizem as evidências já produzidas. Há ainda indícios de que o mesmo circuito de recompensa implicado no uso de redes sociais participe do consumo de outros conteúdos digitais, o que apontaria para um mecanismo neurobiológico comum (Fernandes; Barbosa; Diniz, 2025). Diante desse cenário justifica-se a realização do presente trabalho, que busca reunir e articular evidências neurobiológicas sobre o circuito de recompensa e o córtex pré-frontal. Pretende-se contribuir para uma compreensão mais integrada dos mecanismos que tornariam o adolescente mais vulnerável à dependência digital.

Este trabalho tem como objetivo geral apresentar a partir da literatura científica a relação entre a maturação assíncrona do sistema dopaminérgico, os efeitos da exposição digital contínua sobre o córtex pré-frontal do adolescente e suas possíveis repercussões na regulação comportamental. De forma mais específica, busca-se descrever os mecanismos de neuroplasticidade e o funcionamento do circuito de recompensa dopaminérgico na adolescência, evidenciando o período de maturação assíncrona entre estruturas subcorticais e o córtex pré-

frontal; discutir os possíveis efeitos da exposição às telas, distinguindo os efeitos da luz azul sobre o sono daqueles atribuídos ao uso das plataformas; e identificar as consequências comportamentais e cognitivas que a literatura associa a essa exposição.

2 MÉTODOS

Trata-se de uma revisão bibliográfica narrativa de abordagem qualitativa e exploratória voltada à síntese e à interpretação crítica da literatura sobre neurodesenvolvimento adolescente e dependência digital. As buscas foram feitas em português e em inglês nas bases SciELO, PubMed, Portal de Periódicos CAPES e Google Acadêmico, com recorte temporal de 2000 a 2026. Foram utilizados os termos "dependência digital", "adolescência", "sistema dopaminérgico", "córtex pré-frontal" e "sistema de recompensa", além das expressões combinadas "dependência na adolescência", "ansiedade na adolescência", "privação de sono na adolescência" e "luz azul e privação de sono", bem como seus equivalentes em inglês. Também foi feita uma busca manual nas listas de referências dos artigos centrais. Esse procedimento permitiu localizar os estudos originais citados por outros autores e reduzir o uso de citações indiretas. Foram incluídos estudos publicados no período definido, em português ou inglês, com texto completo disponível, que abordassem o desenvolvimento cerebral na adolescência, o sistema dopaminérgico e o córtex pré-frontal, ou os efeitos do uso de telas e tecnologias digitais sobre o sono, a atenção, o humor e o desempenho escolar. Também foram incluídas obras de referência em neurociência do desenvolvimento escritas por pesquisadores da área. Foram excluídos os estudos sem acesso ao texto completo, os duplicados entre as bases, os realizados exclusivamente com crianças, os que tratavam de temas sem relação com o objeto da pesquisa e aqueles cujas informações não puderam ser confirmadas na fonte original.

A busca resultou em 48 estudos. Após a leitura de títulos e resumos, 10 foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão, restando 38 textos para leitura integral. Nessa etapa, outros 11 foram excluídos por tratarem de temas sem relação com o objeto da pesquisa, por abordarem exclusivamente a infância ou por conterem informações que não puderam ser confirmadas na fonte original. O corpus final foi composto por 27 obras, sendo 24 artigos científicos e 3 livros. A análise foi qualitativa e se deu por meio de leitura crítica e síntese comparativa, com os achados organizados em categorias temáticas correspondentes aos objetivos específicos. Por se tratar de uma revisão bibliográfica, sem coleta de dados com seres humanos ou animais, o estudo dispensou a apreciação por comitê de ética em pesquisa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 O circuito de recompensa e a maturação cerebral na adolescência

Sob a perspectiva do desenvolvimento humano a adolescência é reconhecida por suas intensas transformações e descrita em diversas culturas como uma etapa de grandes desafios (Siegel, 2016). Os adolescentes já são capazes de elaborar melhor as informações com clareza. Ainda assim, como as áreas cerebrais ligadas à recompensa amadurecem antes, eles tendem a operar com o "acelerador" subcortical em detrimento dos "freios" inibitórios do córtex pré-frontal. Isso se explica porque o sistema límbico, responsável pelas emoções e pela busca por gratificação, amadurece antes das áreas corticais encarregadas do controle de impulsos. Há, então, um descompasso que faz com que o comportamento do adolescente tenda a ser "governado" pela busca por estímulos e recompensas imediatas, sobretudo em situações de forte carga emocional, dada a imaturidade do córtex pré-frontal (Casey; Jones; Somerville, 2011). Uma das explicações para essa transição baseia-se no próprio padrão de desenvolvimento cerebral, que ocorre no sentido posterior para o anterior. Isso significa que o amadurecimento começa pelas regiões sensoriais e motoras básicas e segue em direção às regiões responsáveis pelas decisões complexas. Dessa forma, a estrutura cerebral é refinada de trás para frente, e a área frontal é a última a atingir a maturidade (Casey; Jones; Somerville, 2011; Konrad; Firk; Uhlhaas, 2013).

Na adolescência a substância cinzenta passa por um refinamento chamado poda sináptica, principalmente no córtex pré-frontal. Nesse processo as conexões pouco utilizadas são eliminadas, o que tende a aumentar a eficiência dos circuitos em uso (Casey; Jones; Somerville, 2011; Konrad; Firk; Uhlhaas, 2013). Ao mesmo tempo aumenta o volume da substância branca (Blakemore, 2012; Paquola *et al.*, 2019) em razão da mielinização, processo que reveste os axônios com uma bainha lipídica e acelera a transmissão de informações entre regiões distantes do encéfalo (Haidt, 2024).

O córtex pré-frontal responde pelo monitoramento de riscos, pela modulação de reações impulsivas e pelas funções executivas. Sua maturação é gradativa e só se completa por volta do início da idade adulta, enquanto as áreas subcorticais e o sistema límbico (incluindo a amígdala e o estriado ventral) amadurecem mais cedo e se tornam altamente ativos (Casey; Jones; Somerville, 2011; Konrad; Firk; Uhlhaas, 2013). Lieberman e Long (2023) observam que o cérebro adolescente ainda não atingiu a maturidade completa e que a principal diferença está nos lobos

frontais, essenciais para o discernimento e para a avaliação das consequências dos atos. Os autores complementam salientando que os:

> *[...] lobos frontais, onde atua a dopamina de controle, desenvolvem-se por último e não se conectam totalmente com o restante do cérebro até o final da adolescência e início da idade adulta (Lieberman; Long, 2023, p. 91).*

Descobertas mais recentes acrescentam complexidade a esse modelo. Por muito tempo supôs-se que o desenvolvimento axonal de longa distância estivesse completo antes da adolescência. Rastreamentos neuronais em modelos animais, porém, indicam que os axônios dopaminérgicos continuam a crescer nesse período e conectam diferentes regiões corticais e subcorticais (Reynolds; Flores, 2021). Para Lemos, Coimbra e De Deus (2024) esse crescimento prolongado configura uma "janela de plasticidade" estendida, que deixa o sistema dopaminérgico mesocorticolímbico mais sensível às experiências dessa fase e também mais vulnerável a fatores epigenéticos negativos e a adicções comportamentais. Com a constante reorganização do córtex pré-frontal, funções executivas como a regulação emocional, o controle de impulsos e a avaliação de risco ficariam mais sujeitas a falhas temporárias, sobretudo diante de emoções intensas e da influência dos pares (Casey; Jones; Somerville, 2011; Siegel, 2016). Como as conexões inibitórias ainda estão em consolidação, a reatividade subcortical às vezes assume o controle das ações. O cérebro adolescente estaria assim em um estado singular de transição, dotado de um poderoso motor motivacional e emocional, mas ainda sem a supervisão plena de freios cognitivos maduros. Contudo, esse desequilíbrio transitório não deve ser interpretado como patologia ou déficit. Trata-se de uma etapa adaptativa que permite a consolidação de novas competências para que o indivíduo aprenda a gerenciar riscos e alcance autonomia na vida adulta. Como aponta Siegel (2016, p. 60), esse processo reflete "mudanças de desenvolvimento vitalmente importantes, que permitem o surgimento de novas habilidades".

3.2 A neurobiologia da recompensa e a busca por novidades na adolescência

A dopamina é um neurotransmissor catecolaminérgico sintetizado a partir do aminoácido tirosina e tem papel importante no controle motor, na motivação, na cognição e no sistema de recompensa cerebral (Estevinho; Soares-Fortunato, 2003). Na adolescência esse sistema passa por uma reorganização expressiva e é considerado um "sistema de plasticidade" moldável pelas experiências. Dessa forma, a dopamina funciona como um combustível que auxilia na realização de tarefas e na busca por coisas que proporcionam prazer. Quando o indivíduo chega à adolescência, o cérebro passa a se modificar, ficando mais sensível a fatores

externos, e essas mudanças podem influenciar o seu desenvolvimento até a fase adulta (Lemos; Coimbra; De Deus, 2024).

Siegel (2016) relata que nesse período o nível basal de dopamina seria menor e sua liberação em resposta a novos estímulos e expectativas de recompensa seria maior. Esse contraste ajudaria a explicar a frequente sensação de tédio dos adolescentes diante de rotinas pouco estimulantes e a busca por experiências novas e intensas. A força motivacional desse neurotransmissor parece estar ligada menos ao prazer consumado e mais à antecipação e à busca da recompensa. Quando a realidade supera a expectativa, a liberação elevada de dopamina contribuiria para alterações na estrutura dendrítica das sinapses por meio de mecanismos de plasticidade dependente da experiência (Citri; Malenka, 2008). Conforme destaca Siegel (2016, p. 10):

As alterações cerebrais durante os primeiros anos da adolescência estabelecem quatro qualidades da mente durante esse período: a busca por novidade, o engajamento social, o aumento da intensidade emocional e a exploração criativa.

Essa hiperestimulação dopaminérgica interagiria com um padrão cognitivo característico da idade que Siegel (2016) denomina raciocínio hiper-racional. Ao avaliar uma decisão o adolescente não age necessariamente de forma irracional. Ele faz um cálculo no qual os benefícios de uma ação tendem a ser amplificados e os riscos e consequências futuras, subestimados (Siegel, 2016). Por isso o jovem pode ter consciência do perigo e mesmo assim se inclinar à gratificação imediata.

Esse desequilíbrio entre a superestimação dos benefícios e a subestimação dos riscos deixaria o adolescente particularmente sensível aos esquemas de recompensa variável empregados pelas plataformas digitais. Segundo Burhan e Moradzadeh (2020) esses esquemas atuam por meio do sistema de recompensa dopaminérgico e mantêm o usuário em um ciclo de retroalimentação. O ambiente digital tende a potencializar essa vulnerabilidade. Haidt (2024) compara esse funcionamento ao das máquinas caça-níqueis, em que a recompensa não produz saciedade e sim estimula a busca por mais. A mesma dinâmica estaria presente em redes sociais e jogos on-line, nos quais as pessoas costumam permanecer mais tempo do que pretendiam. Sobre essa interferência tecnológica no neurodesenvolvimento, Haidt (2024, p. 168) pondera:

Quando demos smartphones a crianças e adolescentes no início da década de 2010, também demos às empresas a capacidade de aplicar neles esquemas de reforço de razão variável o dia todo, treinando-os como se fossem ratos de laboratório, nos anos mais sensíveis da

reconfiguração cerebral. Essas empresas desenvolveram aplicativos viciantes que abriram caminhos muito profundos nos cérebros jovens.

Essa configuração neurobiológica também traria desdobramentos para a saúde mental. A maior liberação e responsividade à dopamina tende a ampliar a vulnerabilidade do jovem ao desenvolvimento de comportamentos compulsivos, como alerta Siegel (2016, p. 55):

Uma segunda forma pela qual a liberação aumentada de dopamina nos afeta durante a adolescência é a elevação documentada em nossa suscetibilidade para o vício. Todos os comportamentos e substâncias viciantes envolvem liberação de dopamina. Adolescentes não só estão mais propensos a experimentar novas aventuras como também estão mais inclinados a responder com uma robusta liberação de dopamina que, para alguns, pode se tornar parte de um ciclo viciante.

A defasagem entre o "acelerador límbico" altamente responsivo e o "freio pré-frontal" em consolidação conferiria ao cérebro adolescente maior suscetibilidade à captura da atenção, a comportamentos compulsivos repetitivos e a adicções comportamentais baseadas em recompensas rápidas, fáceis e intermitentes.

Por outro lado, a mesma plasticidade que expõe o adolescente a essa vulnerabilidade também funcionaria como mecanismo de proteção. A reorganização sináptica que sustenta a potenciação de longo prazo, responsável pela consolidação de hábitos, é a mesma que possibilita a depressão de longo prazo, que enfraquece conexões pouco utilizadas e permite substituí-las por padrões mais adaptativos (Citri; Malenka, 2008; Paes, 2026). A assincronia maturacional discutida nesta seção não representaria então um déficit irreversível, e sim uma janela de desenvolvimento passível de modulação.

3.3 Efeitos da exposição digital sobre o cérebro adolescente: a luz azul e a desregulação do ciclo circadiano

As telas podem afetar o adolescente de duas formas diferentes. Uma delas é fisiológica e diz respeito à luz emitida pelos aparelhos, que interfere no sono e no ritmo circadiano. A outra envolve os efeitos comportamentais e neurobiológicos do uso das plataformas em si e será discutida na próxima seção. Em relação à luz, Haidt (2024) explica que o brilho azulado de celulares e computadores chega ao cérebro como se fosse luz do dia. Com isso a produção noturna de melatonina, hormônio que prepara o corpo para dormir, fica reduzida.

Na adolescência essa questão continua relevante. Nas crianças o cristalino deixa passar a maior parte da luz azul até a retina. Com o crescimento ele começa a filtrar parte dessa luz, mas uma quantidade considerável ainda chega ao fundo do olho (Sonoda; Araújo, 2022).

Soma-se a isso um fator próprio da idade. Na puberdade o relógio biológico costuma atrasar, e o sono passa a chegar mais tarde (Carskadon, 2011). Se a luz da tela reduz a melatonina justamente nessa fase, a tendência é que o adolescente demore ainda mais para adormecer e durma menos e pior. O uso prolongado das telas também tem sido associado à astenopia, uma fadiga visual com tensão ocular, olho seco e ardência, ligada ao esforço contínuo de foco (Sonoda; Araújo, 2022).

3.4 Efeitos associados ao uso das plataformas: hiperestimulação dopaminérgica e plasticidade sináptica

Além da luz, a forma de uso das plataformas também pode atrapalhar o descanso. Para Haidt (2024), a espera por notificações e por sinais de aprovação social mantém o adolescente em alerta justamente na hora em que o corpo deveria desacelerar, e o uso se estende pela noite. Nesse caso o problema não está no brilho da tela, mas no envolvimento com o conteúdo.

O uso frequente das plataformas poderia modificar também a arquitetura cerebral por meio da plasticidade sináptica dependente da experiência (Citri; Malenka, 2008). Parte da explicação está no design dos aplicativos. Como a recompensa nem sempre aparece, o usuário fica na expectativa de encontrá-la no próximo conteúdo, e o *feed* infinito não oferece um ponto natural de parada (Haidt, 2024).

Os vídeos curtos parecem intensificar esse efeito. Com cortes rápidos e mudanças constantes de cor e de cena, eles alimentariam uma busca contínua por novidade, justamente o tipo de estímulo ao qual o cérebro adolescente responde com mais dopamina (Siegel, 2016). Por trás disso está um princípio antigo do behaviorismo, o esquema de reforço de razão variável. Quando a recompensa vem de vez em quando e não a cada tentativa, o comportamento se torna mais forte e persistente (Haidt, 2024). Redes sociais e aplicativos de vídeos curtos reproduzem esse modelo e favoreceriam um ciclo de checagem compulsiva, em que a simples incerteza sobre o que vem a seguir já parece bastar para manter o engajamento.

A neurociência ajuda a entender esse mecanismo por meio do chamado erro de previsão de recompensa. Berns *et al.* (2001) observaram que as áreas cerebrais ligadas à recompensa respondem com mais intensidade a estímulos imprevisíveis do que a estímulos previsíveis.

Com o tempo, a repetição desses estímulos levaria o sistema nervoso a se adaptar. Rodrigues e Walderrama (2025) interpretam essa adaptação como uma possível regulação negativa do sistema dopaminérgico. Os autores se baseiam em um estudo que encontrou menor densidade do transportador de dopamina no corpo estriado de pessoas com Transtorno de Adicção à Internet. Em comparação com controles saudáveis, esses participantes apresentaram corpo estriado cerca de 30% menor em volume e peso e captação do transportador de dopamina 32% mais baixa (Hou *et al.*, 2012 *apud* Rodrigues; Walderrama, 2025). Como o grupo com o transtorno tinha apenas cinco pessoas, esses números precisam ser vistos com cautela.

Há também possíveis mudanças estruturais. Retomando a potenciação e a depressão de longo prazo (Citri; Malenka, 2008), a repetição do estímulo digital fortaleceria as vias subcorticais ligadas à busca por recompensa e consolidaria o hábito de checar o celular de forma automática. Enquanto isso, as vias do córtex cingulado anterior e do córtex pré-frontal, responsáveis pelo monitoramento e pelo controle dos impulsos, poderiam enfraquecer por falta de uso (Paes, 2026).

3.5 Uso excessivo, uso problemático e dependência: delimitação conceitual

Na literatura as expressões uso excessivo, uso problemático, uso compulsivo e dependência costumam ser empregadas como sinônimos, o que dificulta a comparação entre os estudos. Keles, McCrae e Grealish (2020) observam que comportamentos problemáticos relacionados à internet costumam ser descritos com termos psiquiátricos como "adicção", embora parte das atividades dos jovens possa ser interpretada erroneamente como anormal.

O uso excessivo diz respeito sobretudo à quantidade de tempo dedicada às telas, dimensão que os mesmos autores tratam como tempo de uso (Keles; McCrae; Grealish, 2020). Sozinha, essa dimensão não seria suficiente para caracterizar um quadro clínico. Já o uso problemático envolve prejuízos associados ao uso. Em adolescentes com esse perfil, Andrade *et al.* (2021 *apud* Lopes; Britto, 2025) observaram interferência nas atividades diárias e níveis mais elevados de estresse. Instrumentos como o Short Problem Internet Use Test avaliam esse padrão com base em situações como permanecer conectado por mais tempo do que o pretendido, negligenciar tarefas escolares, perder horas de sono por usar dispositivos à noite e sentir-se nervoso quando impedido de usá-los (Idrees *et al.*, 2024). O comportamento compulsivo refere-se à dificuldade de interromper o uso, acompanhada da sensação de impotência apesar do desejo consciente de agir de outra forma (Haidt, 2024). A dependência ou adicção corresponde ao

quadro mais grave, com características clínicas clássicas das dependências como fissura, abstinência e tolerância (Hou *et al.*, 2012 *apud* Rodrigues; Walderrama, 2025).

3.6 Fragmentação da atenção

As alterações neuroquímicas se refletiriam em um padrão comportamental observável no cotidiano do adolescente. A redução na densidade do transportador de dopamina tem sido associada a prejuízos na capacidade de sustentar a atenção em tarefas que não oferecem recompensa imediata (Rodrigues; Walderrama, 2025). Ye *et al.* (2025) chamam esse padrão de *TikTok brain*, expressão que designa um padrão psicológico ou cognitivo relacionado ao consumo prolongado de vídeos curtos e marcado pela necessidade de obter continuamente alta excitação emocional para sentir prazer. Os próprios autores ressaltam que se trata de um construto ainda preliminar e não comprovado. Uma hipótese é que um sistema dopaminérgico menos responsivo ofereça menor motivação diante de tarefas de baixa recompensa como estudar ou ler um texto longo. O estímulo digital rápido e imprevisível continuaria a ser processado com facilidade, o que contribuiria para perpetuar o ciclo de busca por gratificação instantânea.

Nem todo prejuízo, porém, estaria ligado diretamente a essas alterações. O comprometimento cognitivo associado ao tempo de tela parece seguir, em alguns casos, um caminho mais indireto do que se costuma supor. Em estudo com adolescentes de 9 a 13 anos, Li *et al.* (2024) associaram o hábito de assistir à televisão e de jogar videogame a um desempenho inferior em habilidades linguísticas e a menor volume em algumas áreas cerebrais, ao contrário do que se observou entre os que mantinham o hábito de leitura. A análise de randomização mendeliana empregada pelos autores, entretanto, não confirmou relação causal direta entre tempo de tela e volume cerebral. O efeito observado parece ser indireto e mediado pela redução do tempo dedicado à leitura.

Assim como ocupa o tempo que seria dedicado à leitura, o uso das telas também avança sobre as horas de sono, e a privação de sono agravaria esse quadro. Quanto mais horas o adolescente permanece conectado, menos tempo resta para o descanso noturno, o que favoreceria quadros de insônia. Otsuka *et al.* (2021 *apud* Lopes; Britto, 2025) observaram que o uso de internet por mais de cinco horas diárias esteve associado a maior dificuldade para dormir, ao hábito de deitar-se mais tarde e a uma duração média de sono de cerca de seis horas por noite.

3.7 Ansiedade e comparação social

Para além da atenção, o uso das redes sociais também tem sido relacionado à regulação do humor. Uma revisão sistemática que sintetizou treze estudos identificou associação entre uso de redes sociais e sintomas de ansiedade, depressão e sofrimento psicológico em adolescentes, distribuída em quatro domínios de uso: tempo gasto, tipo de atividade, nível de investimento pessoal e grau de dependência (Keles; McCrae; Grealish, 2020). Um dos mecanismos discutidos por essa revisão é a comparação social. Segundo Keles, McCrae e Grealish (2020), o impacto das redes sociais sobre a saúde mental pode diferir entre adolescentes que se comparam com pessoas de desempenho inferior e aqueles que tomam como referência pessoas percebidas como de desempenho superior. Os autores observam ainda que comportamentos como a comparação social e o uso ativo ou passivo das redes parecem ter maior influência sobre os sintomas de depressão, ansiedade e sofrimento psicológico do que a frequência de uso ou o número de amigos on-line (Keles; McCrae; Grealish, 2020).

A relação entre uso de redes sociais e sofrimento psicológico, porém, não é linear. Os próprios autores reconhecem que a direção da causalidade permanece incerta, já que adolescentes com problemas de saúde mental preexistentes poderiam se engajar mais intensamente nessas plataformas, e não somente o inverso (Keles; McCrae; Grealish, 2020).

Mesmo com essa ressalva, estudos com adolescentes ajudam a dimensionar essas associações. Em estudo com participantes de 9 a 17 anos, aqueles com uso problemático de internet, isto é, com prejuízos nas atividades diárias associados ao uso, apresentaram tendência discretamente maior a sintomas depressivos e níveis mais elevados de estresse (Andrade *et al.*, 2021 *apud* Lopes; Britto, 2025). Entre as meninas, a insatisfação com a imagem corporal se destaca. Aquelas com tempo de tela acima da mediana aos 15 e aos 17 anos tiveram, aos 17 anos, escore de imagem corporal 14% menor do que as demais (Hrafnkelsdottir *et al.*, 2022). O uso problemático de tecnologia também foi associado a uma chance cerca de duas vezes maior de baixa autoestima entre estudantes do ensino médio (Idrees *et al.*, 2024).

3.8 Vida escolar e aprendizagem

Outro domínio de impacto potencial é a vida escolar. Em levantamento com adolescentes de 38 países, Khan, Lee e Horwood (2022) observaram associação entre tempo de tela recreativo e estresse escolar. Entre os que usavam o computador por menos de uma hora por dia, 29% relataram estresse relacionado à escola, proporção que chegou a 44% entre os que

passavam de quatro horas diárias. O mesmo levantamento identificou menor satisfação escolar à medida que o tempo de uso aumentava.

Uma possível explicação é que o enfraquecimento das vias do córtex pré-frontal comprometa justamente as funções executivas necessárias ao aprendizado, como sustentar o foco por períodos prolongados, planejar tarefas de longo prazo e tolerar o esforço cognitivo sem recompensa imediata (Diamond, 2013 *apud* Paes, 2026). Isso ajudaria a entender por que, em termos de estímulo, uma tarefa escolar dificilmente competiria com um vídeo de poucos segundos otimizado para captar a atenção com cortes rápidos e novidade constante.

O resultado seria um desalinhamento entre a exigência cognitiva da vida escolar e o tipo de recompensa que o cérebro adolescente, frequentemente exposto a estímulos digitais, passa a priorizar. Nessa perspectiva as dificuldades escolares não seriam uma questão de falta de inteligência ou de esforço. Elas poderiam resultar da reorganização sináptica, na qual a via de menor esforço e recompensa mais rápida tenderia a prevalecer sobre a via de esforço sustentado e recompensa tardia.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos revisados indicam que a vulnerabilidade do adolescente ao uso problemático das telas não tem uma causa única. Ela parece surgir do encontro entre o próprio desenvolvimento cerebral e as características do ambiente digital. Na adolescência, o sistema límbico amadurece antes do córtex pré-frontal, e por isso o jovem já seria naturalmente mais atraído pela gratificação imediata, mesmo antes de qualquer contato com as telas. As plataformas digitais, com seus esquemas de recompensa variável, parecem explorar justamente essa característica. A luz das telas à noite, por sua vez, atrapalharia o sono. Somados, esses fatores têm aparecido ligados a dificuldades de atenção, a alterações de humor e a uma relação mais difícil com a escola.

A hipótese que orientou este trabalho encontra apoio na literatura, mas com uma ressalva importante. A maior parte dos estudos mostra que o uso excessivo de telas e esses prejuízos aparecem juntos, sem provar que um seja a causa do outro. Há até indícios de que a relação aconteça nos dois sentidos: adolescentes que já tinham alguma vulnerabilidade talvez sejam justamente os que mais recorrem às telas. Além disso, muitos estudos de neuroimagem trabalham com amostras pequenas, e ainda são poucas as pesquisas sobre alterações cerebrais feitas especificamente com adolescentes. Por isso, os resultados precisam ser lidos com cautela,

e estudos que acompanhem esses jovens ao longo do tempo seriam fundamentais para esclarecer essas relações.

Mesmo com esses limites, as evidências reunidas sugerem que o adolescente de hoje vive uma situação particular. Seu cérebro, mais sensível à recompensa imediata, encontra no ambiente digital estímulos pensados para prender a atenção. Entender esse encontro entre biologia e tecnologia pode ajudar educadores, famílias e profissionais de saúde a buscar formas de mediação baseadas no desenvolvimento cerebral, e não apenas em respostas disciplinares ou morais ao comportamento do adolescente.

REFERÊNCIAS

BERNS, G. S. et al. Predictability modulates human brain response to reward. **The Journal of Neuroscience**, v. 21, n. 8, p. 2793-2798, 2001. Disponível em: https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.21-08-02793.2001. Acesso em: 26 setem. 2026.

BLAKEMORE, S. J. Imaging brain development: the adolescent brain. **NeuroImage**, v. 61, n. 2, p. 397-406, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.11.080. Acesso em: 26 setem. 2026.

BRASIL. **Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990**. Dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1990. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8069.htm. Acesso em: 26 setem. 2026.

BURHAN, R.; MORADZADEH, J. Neurotransmitter dopamine (DA) and its role in the development of social media addiction. **Journal of Neurology & Neurophysiology**, v. 11, n. 7, 507, 2020. Disponível em: Burhan_Moradzadeh_2020 (1).pdf. Acesso em: 26 setem. 2026.

CARSKADON, M. A. Sleep in adolescents: the perfect storm. **Pediatric Clinics of North America**, v. 58, n. 3, p. 637-647, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.pcl.2011.03.003. Acesso em: 26 setem. 2026.

CASEY, B. J.; JONES, R. M.; SOMERVILLE, L. H. Braking and accelerating of the adolescent brain. **Journal of Research on Adolescence**, v. 21, n. 1, p. 21-33, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1532-7795.2010.00712.x. Acesso em: 26 setem. 2026.

CITRI, A.; MALENKA, R. C. Synaptic plasticity: multiple forms, functions, and mechanisms. **Neuropsychopharmacology**, v. 33, n. 1, p. 18-41, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1038/sj.npp.1301559. Acesso em: 26 setem. 2026.

ESTEVINHO, M. F.; SOARES-FORTUNATO, J. M. Dopamina e receptores. **Revista Portuguesa de Psicossomática**, Porto, v. 5, n. 1, p. 21-31, jun. 2003. Disponível em: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28750103. Acesso em: 26 setem. 2026.

FERNANDES, L. R. L.; BARBOSA, M. C. M.; DINIZ, G. L. Os efeitos da pornografia no sistema dopaminérgico. **Revista Educacional da Sucesso (REDES)**, v. 5, n. 1, p. 274-283, 2025. Disponível em: R-

+OS+EFEITOS+DA+PORNOGRAFIA+NO+SISTEMA+DOPAMINÉRGICO (1).pdf. Acesso em: 26 setem. 2026.

HAIDT, J. **A geração ansiosa**: como a infância hiperconectada está causando uma epidemia de transtornos mentais. Tradução: Lígia Azevedo. São Paulo: Companhia das Letras, 2024.

HRAFNKELSDOTTIR, S. M. et al. Screen time and body image in Icelandic adolescents: sex-specific cross-sectional and longitudinal associations. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 3, 1308, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ijerph19031308. Acesso em: 26 setem. 2026.

IDREES, B. et al. Associations between problem technology use, life stress, and self-esteem among high school students. **BMC Public Health**, v. 24, 492, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s12889-024-17963-7. Acesso em: 26 setem. 2026.

KELES, B.; McCRAE, N.; GREALISH, A. A systematic review: the influence of social media on depression, anxiety and psychological distress in adolescents. **International Journal of Adolescence and Youth**, v. 25, n. 1, p. 79-93, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1080/02673843.2019.1590851. Acesso em: 26 setem. 2026.

KHAN, A.; LEE, E.-Y.; HORWOOD, S. Adolescent screen time: associations with school stress and school satisfaction across 38 countries. **European Journal of Pediatrics**, v. 181, n. 6, p. 2273-2281, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00431-022-04420-z. Acesso em: 26 setem. 2026.

KONRAD, K.; FIRK, C.; UHLHAAS, P. J. Brain development during adolescence. **Deutsches Ärzteblatt International**, v. 110, n. 25, p. 425-431, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.3238/arztebl.2013.0425. Acesso em: 26 setem. 2026.

LEMOS, A. K.; COIMBRA, C. C. G. R.; DE DEUS, D. M. V. Atualizações sobre o sistema dopaminérgico: neuroplasticidade, adolescência, envolvimentos com esquizofrenia, transtorno obsessivo compulsivo e TDAH. **HumanÆ: Questões Controversas do Mundo Contemporâneo**, v. 18, n. 1, p. 1-27, 2024. Disponível em: https://revistas.esuda.edu.br/index.php/humanae/article/download/968/422/2448. Acesso em: 26 setem. 2026.

LI, M. et al. Causal relationships between screen use, reading, and brain development in early adolescents. **Advanced Science**, v. 11, n. 11, e2307540, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1002/advs.202307540. Acesso em: 26 setem. 2026.

LIEBERMAN, D. Z.; LONG, M. E. **Dopamina**: a molécula do desejo. Tradução: Paulo Afonso. 1. ed. Rio de Janeiro: Sextante, 2023.

LOPES, L. J.; BRITTO, L. C. A. As consequências da exposição excessiva às telas na saúde do adolescente. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 25, e18582, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.25248/REAS.e18582.2025. Acesso em: 26 setem. 2026.

PAES, L. S. Uma análise neuropsicológica do impacto das telas da infância à adultidade: modulação do circuito cingulado dopaminérgico no desenvolvimento humano. **Revista Ibero-**

Americana de Humanidades, Ciências e Educação, São Paulo, v. 12, n. 1, jan. 2026. Disponível em: https://doi.org/10.51891/rease.v12i1.23926. Acesso em: 26 setem. 2026.

PAQUOLA, C. et al. Shifts in myeloarchitecture characterise adolescent development of cortical gradients. **eLife**, v. 8, e50482, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.7554/eLife.50482. Acesso em: 26 setem. 2026.

REYNOLDS, L. M.; FLORES, C. Mesocorticolimbic dopamine pathways across adolescence: diversity in development. **Frontiers in Neural Circuits**, v. 15, 735625, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fncir.2021.735625. Acesso em: 26 setem. 2026.

RODRIGUES, P. S. S.; WALDERRAMA, G. T. P. A neurobiologia da dependência digital: uma revisão sobre o sistema dopaminérgico, recompensa variável e o controle da atenção. **RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber**, São Paulo, ano 5, v. 2, 2025. Disponível em: Rodrigues_Walderrama_2025 (2).pdf. Acesso em: 26 setem. 2026.

SCHOEN-FERREIRA, T. H.; AZNAR-FARIAS, M.; SILVARES, E. F. M. Adolescência através dos séculos. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 227-234, abr./jun. 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ptp/a/MxhVZGYbrsWtCsN55nSXszh/. Acesso em: 26 setem. 2026.

SIEGEL, D. J. **Cérebro adolescente**: a coragem e a criatividade da mente dos 12 aos 24 anos. Tradução: Ana Claudia Hamati. São Paulo: nVersos, 2016.

SONODA, R. T.; ARAÚJO, A. Distúrbios neurovisuais causados por luz azul. **RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar**, v. 3, n. 3, e331247, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.47820/recima21.v3i3.1247. Acesso em: 26 setem. 2026.

YE, J.-H. et al. Potential effect of short video usage intensity on short video addiction, perceived mood enhancement ('TikTok brain'), and attention control among Chinese adolescents. **International Journal of Mental Health Promotion**, v. 27, n. 3, p. 271-283, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.32604/ijmhp.2025.059929. Acesso em: 26 setem. 2026.