



Processamento Sensorial No TEA: Avaliação Multidimensional E Intervenções Integradas

Bruno Do Nascimento Pereira Paes¹

Giovanna Mendonça Pedrosa ²

Péricles Yokota Guedes³

Bruno Rodrigues Maia de Barros⁴

Graduado em Medicina, Universidade de Gurupi (UNIRG)¹

Graduanda em Medicina, Faculdade Zarns Itumbiara - Zarns²

Graduado em Medicina, UNIFIMES Campus Trindade - UF³

Graduado em Medicina, UniRV - Rio Verde / Goiás ⁴

1. Introdução: Processamento Sensorial no Transtorno do Espectro Autista

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é um transtorno do neurodesenvolvimento complexo, caracterizado por dificuldades persistentes em comunicação social e interação, associadas a padrões restritos e repetitivos de comportamento (Consoli et al., 2025). Nas últimas duas décadas, a compreensão do processamento sensorial anormal no TEA passou de uma característica secundária para um componente central na definição clínica da condição. As diferenças no processamento sensorial, relatadas em até 97% dos indivíduos com TEA, são agora reconhecidas como uma característica definidora que molda a percepção, cognição e comportamento adaptativo (Consoli et al., 2025). Essa mudança de perspectiva transformou fundamentalmente a abordagem diagnóstica e terapêutica, enfatizando a necessidade de avaliações multidimensionais e intervenções integradas que considerem o perfil sensorial único de cada criança.

As anormalidades sensoriais no TEA variam significativamente entre indivíduos, apresentando desde hiperreatividade (sobre-reatividade) até hiporreatividade (sub-reatividade) e busca

sensorial intencional (Imran Maqsood et al., 2025). Essa heterogeneidade clínica reflete diferenças fundamentais nos mecanismos neurobiológicos subjacentes, particularmente em relação à conectividade neural, ao equilíbrio excitação-inibição e à integração multissensorial (Consoli et al., 2025). Compreender os fenótipos sensoriais individuais é essencial para avaliação precisa e intervenção personalizada, considerando como essas características interagem com condições comórbidas, incluindo ansiedade, transtorno de déficit de atenção/hiperatividade e dificuldades de sono e alimentação (Consoli et al., 2025). Este artigo apresenta uma síntese atualizada do processamento sensorial no TEA, integrando evidências neurobiológicas, do desenvolvimento e clínicas para destacar conhecimentos estabelecidos, questões não resolvidas e prioridades para pesquisa futura.

2. Características, Prevalência e Fundamentos Neurobiológicos do Processamento Sensorial no TEA

2.1 Prevalência e Padrões de Processamento Sensorial

A prevalência de dificuldades de processamento sensorial em crianças com TEA é extraordinariamente elevada, com

estudos demonstrando que 40% a 80% das crianças com TEA exibem alterações significativas no processamento sensorial (Silva; Jurdi; Pereira, 2025). Em alguns estudos mais recentes, essa taxa chega a 97% quando consideradas todas as possíveis manifestações sensoriais (Consoli et al., 2025). Em comparação, apenas 21,5% das crianças com desenvolvimento típico apresentam dificuldades similares (Loh; Ee; Marret, 2023), indicando uma diferença dramaticamente significativa entre os grupos. Um estudo caso-controle envolvendo 128 crianças demonstrou que aquelas com TEA exibiram taxas significativamente maiores de sintomas sensoriais anormais em todos os domínios em comparação com crianças sem TEA ($p < 0,001$) (Imran Maqsood et al., 2025).

Os padrões de resposta sensorial no TEA caracterizam-se por três perfis principais: hiperresponsividade (sobre-reatividade a estímulos), hiporesponsividade (sub-reatividade ou falta de resposta) e busca sensória (Consoli et al., 2025). Estudos revelam que aproximadamente 42% das crianças com TEA apresentam padrões hiperresponsivos, 35% apresentam hiporesponsividade e 23% demonstram comportamento de busca sensória (Alsaedi; Carrington; Watters, 2024). No domínio auditivo

especificamente, 43,8% das crianças com TEA apresentam hiperresponsividade auditiva, em comparação com apenas 7,8% das crianças sem TEA (Imran Maqsood et al., 2025). Diferentes domínios sensoriais são afetados com frequências variadas, sendo os sistemas tátil, vestibular e proprioceptivo entre os mais afetados, enquanto o sistema visual é relativamente menos afetado em algumas populações (Alsaedi; Carrington; Watters, 2024).

2.2 Domínios Sensoriais Afetados

O processamento sensorial no TEA envolve múltiplos domínios sensoriais, cada um contribuindo de forma única para o funcionamento geral da criança. Uma análise estruturada identificou sete fatores distintos no processamento sensorial: tátil, proprioceptivo, vestibular, visual, auditivo, olfatório e gustativo (Rakebi et al., 2025). O domínio auditivo é frequentemente particularmente problemático, com dificuldades de filtragem auditiva emergindo como um fator sensorial chave significativamente correlacionado com todas as dimensões de participação em atividades infantis (Loh; Ee; Marret, 2023).

Os problemas táteis são extremamente prevalentes, afetando a capacidade das crianças de processar informações de toque e temperatura. As

dificuldades vestibulares afetam o equilíbrio, a percepção de movimento e a orientação espacial. O processamento proprioceptivo prejudicado compromete a consciência corporal e o controle motor fino. Desafios visuais podem manifestar-se como sensibilidade a luz, dificuldades de rastreamento visual ou problemas na integração visual-motora (Imran Maqsood et al., 2025). O processamento olfatório e gustativo prejudicado frequentemente contribui para seletividade alimentar significativa (Salah et al., 2024). Essas dificuldades multissensoriais não são isoladas, mas frequentemente co-ocorrem, criando um padrão complexo de regulação sensorial prejudicada que impacta significativamente o funcionamento diário (Alsaedi; Carrington; Watters, 2024).

2.3 Fundamentos Neurobiológicos

Os mecanismos neurobiológicos subjacentes ao processamento sensorial anormal no TEA envolvem alterações em múltiplos níveis de organização neural. Alterações na conectividade neural, particularmente hiper- e hipoconexão entre regiões cerebrais, são thought to mediar essas diferenças sensoriais. O desequilíbrio excitação-inibição, uma hipótese central em pesquisa de autismo, sugere que as crianças com TEA podem ter um equilíbrio alterado

entre atividade excitatória glutamatérgica e atividade inibitória GABAérgica (Consoli et al., 2025).

Redução na integração multissensorial representa outro mecanismo crítico, onde a capacidade de combinar informações de múltiplos sentidos é prejudicada, resultando em dificuldades de modular e integrar informações sensoriais de diferentes fontes (“Neurobiology of sensory processing in autism spectrum disorder”, 2020). A disfunção do portão sensorial, um processo neurobiológico que filtra informações sensoriais irrelevantes, também está comprometida, resultando em dificuldade para o cérebro filtrar estímulos irrelevantes do ambiente (Patil; Kaple, 2023). Alterações na estrutura e função do córtex insular, um hub de integração multimodal crítico para adaptação autonômica e processamento interoceptivo, podem contribuir para hipervigilância crônica e hiper-reatividade a estressores (Soden et al., 2025). Esses mecanismos neurobiológicos trabalham em conjunto para criar os fenótipos sensoriais distintos observados no TEA.

3. Avaliação Multidimensional do Processamento Sensorial

3.1 Ferramentas de Avaliação Padronizadas

A avaliação multidimensional do processamento sensorial no TEA requer uma abordagem integrada utilizando várias ferramentas e métodos. O Sensory Profile, um questionário para pais/cuidadores amplamente validado, continua sendo uma ferramenta fundamental de triagem, identificando crianças com déficits sensoriais definidos ou prováveis em vários domínios (Loh; Ee; Marret, 2023). A versão abreviada, o Short Sensory Profile (SSP), fornece uma triagem rápida de sete seções, mantendo validade preditiva enquanto reduz o tempo de administração (Rajuan; Liberman; Bart, 2025).

O Sensory Processing Measure (SPM) e suas versões subsequentes, incluindo o SPM-2 (Sensory Processing Measure-2), avaliam o processamento sensorial em múltiplos contextos, incluindo casa, escola e clínica (Narzisi et al., 2022). Uma análise estruturada do SPM-2 dentro da estrutura de Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde para Crianças e Adolescentes (ICF-CY) identificou 218 códigos funcionais cobertos por este instrumento, principalmente relacionados a funções corporais (71%), particularmente funções perceptuais, funções emocionais e funções de temperamento e personalidade (Marcilla-Jorda et al., 2025). Isso sugere que o SPM-

2, embora abrangente, é mais eficaz quando usado como parte de uma abordagem de avaliação multidimensional que complementa outras ferramentas avaliando dimensões de atividades e participação.

Ferramentas inovadoras desenvolvidas recentemente incluem escalas computadorizadas que oferecem validade e confiabilidade melhoradas. Uma escala de perfil sensorial computadorizada especificamente desenvolvida para crianças com TEA iraniana demonstrou sete fatores principais em domínios de busca e esquiva sensorial com índices de confiabilidade superiores a 0,70 (Rakebi et al., 2025). Essa abordagem representa avanço significativo na padronização de avaliação sensorial, permitindo melhor comparabilidade entre populações e culturas, embora mais estudos de validade transcultural sejam necessários.

3.2 Métodos de Avaliação Multidimensionais

Uma avaliação completa deve integrar múltiplas abordagens, incluindo relatos de cuidadores, observação clínica, testes psicofísicos e medidas neurofisiológicas (Passarello et al., 2022). Os relatos de cuidadores permanecem o método mais amplamente utilizado (aproximadamente 45% dos estudos), oferecendo perspectiva valiosa sobre

comportamentos sensoriais em contextos naturais (Passarello et al., 2022). Observação clínica estruturada adiciona informações objetivas sobre respostas sensoriais durante avaliação padronizada, embora sua utilidade seja frequentemente limitada pela variabilidade entre observadores e pelas demandas comportamentais da situação de teste.

Testes psicofísicos, incluindo testes de discriminação somatossensória, fornecem medidas objetivas quantitativas de processamento sensorial. Um estudo utilizando estimulação eletro-tátil com EEG desenvolveu um sistema portátil revelando amplitudes reduzidas de potencial relacionado a evento (ERP) em estágios críticos de processamento em crianças com TEA, com precisão de classificação de 85,2% (Wang et al., 2025). Medidas neurofisiológicas, como EEG, potenciais evocados e espectroscopia funcional de infravermelho próximo (fNIRS), oferecem insight em mecanismos neurais subjacentes, embora sua disponibilidade clínica seja limitada (Deng; Lei; Du, 2023).

Ferramentas observacionais inovadoras, como o Occupational Therapy Observation Tool-Adjustment Support Details (OTOT-ASD), foram desenvolvidas para melhorar a precisão da avaliação, reconhecendo que crianças com TEA

frequentemente apresentam resultados inaccurados em testes padronizados devido a demandas comportamentais (Mackay et al., 2025). Um estudo qualitativo com terapeutas ocupacionais revelou que o OTOT-ASD foi percebido como clinicamente útil, fornecendo informações essenciais que levam a recomendações mais precisas de intervenção (Mackay et al., 2025).

3.3 Considerações Transversais e Multidimensionais

A avaliação sensória em TEA deve considerar fatores específicos do desenvolvimento e variáveis demográficas. Estudos longitudinais demonstram estabilidade significativa em problemas de processamento sensorial, com escores no tempo 1 predizendo fortemente escores no tempo 2 aproximadamente 3,3 anos depois (Baranek et al., 2019). No entanto, observa-se declínio significativo em busca sensorial e comportamentos repetitivos em ambos os grupos ASD e DD (deficiências do desenvolvimento), sugerindo melhora parcial ao longo do tempo (Baranek et al., 2019).

Diferenças sexuais emergem claramente na literatura, com mulheres apresentando perfis sensoriais distintos em comparação com homens no espectro

autista. A magnitude das diferenças de processamento sensorial entre homens e mulheres é maior no grupo ASD em relação ao grupo com desenvolvimento típico, com mulheres apresentando sintomas mais graves em audição e equilíbrio/movimento (Osório et al., 2021). Essas diferenças têm implicações significativas para identificação e diagnóstico, particularmente dado que mulheres com autismo frequentemente recebem diagnóstico mais tardio.

Análise dentro do marco conceitual de Classificação Internacional de Funcionalidade (ICF) demonstra que ferramentas de avaliação sensorial como SPM-2 primariamente medem funções corporais, com menor cobertura de atividades e participação. Essa lacuna enfatiza a necessidade de complementar avaliações sensoriais com medidas adicionais de funcionamento adaptativo, participação em atividades e qualidade de vida geral (Marcilla-Jorda et al., 2025).

4. Estratégias Integradas de Intervenção

4.1 Abordagens Baseadas em Integração Sensorial

A Terapia de Integração Sensorial (TIS), inicialmente desenvolvida por A. Jean Ayres, representa uma das abordagens mais amplamente implementadas para

dificuldades de processamento sensorial no TEA. Uma meta-análise de 16 estudos randomizados controlados envolvendo 1.319 participantes demonstrou que intervenções baseadas em integração sensorial (SIBI) tiveram efeito positivo estatisticamente significativo sobre escores totais de escalas de habilidade de integração sensorial comparado ao grupo controle (Lyu et al., 2025). A intervenção também mostrou melhoria positiva nos escores totais da escala ATEC (Autism Treatment Evaluation Checklist) e escala ABC (Aberrant Behavior Checklist) (Lyu et al., 2025).

Um estudo utilizando medidas biomecânicas objetivas (Footscan) e neuroimagem (fNIRS) demonstrou que TIS melhorou significativamente a função de equilíbrio, particularmente em cenários de privação visual, com ativação neural aumentada no giro frontal inferior direito e giro frontal médio direito (Deng; Lei; Du, 2023). Esses achados suportam o mecanismo neurobiológico pelo qual TIS opera, não apenas melhorando habilidades motoras e processamento sensorial, mas também aparentemente compensando déficits sensoriais específicos, particularmente em percepção vestibular e proprioceptiva (Deng; Lei; Du, 2023).

No entanto, uma revisão sistemática recente de seis estudos revelou evidência limitada e conflitante sobre a efetividade de intervenções baseadas em sensório, com inconsistências nas frequências de intervenção, durações, ferramentas de avaliação e características de participantes contribuindo para falta de consenso na literatura (Harun et al., 2025). Um ensaio controlado randomizado (ECR) de 138 participantes não encontrou efeitos principais significativos no comportamento no seguimento de 6 ou 12 meses, embora tenha relatado melhora em objetivos de desempenho específicos relacionados a participação diária e satisfação do cuidador (Randell et al., 2022).

4.2 Intervenções Comportamentais e Desenvolvi mentais

Abordagens baseadas em comportamento, integradas com técnicas de desenvolvimento natural, têm mostrado promessa significativa em abordar tanto processamento sensório quanto dificuldades mais amplas. Um modelo de intervenção mediada por pais chamado VQURA (value-based, quality interaction, unique for the child, responsive and adapted for family needs), que integra ensino responsivo, intervenções comportamentais

do desenvolvimento naturalístico e análise comportamental aplicada, demonstrou melhora marcada no desenvolvimento geral da criança, com aumento em habilidades de interação social, linguagem, empatia, autorregulação e processamento sensório (Suman et al., 2024).

A abordagem DIR/Floortime, que enfatiza relacionamento, nível de funcionamento atual e diferenças individuais, também mostrou potencial significativo. Um estudo de caso de intervenção DIR/Floortime de quatro meses em criança de 28 meses com risco para TEA observou melhorias observáveis em habilidades de processamento sensório quando avaliadas antes e após intervenção (Gökçe; Cemali, 2025). Essa abordagem naturalística contrasta com abordagens mais estruturadas, enfatizando construção de relacionamento e facilitação de progressão natural do desenvolvimento dentro de contextos de brincadeira.

4.3 Intervenções Integradas Multimodais

Abordagens verdadeiramente integradas combinam estratégias sensoriais, comportamentais e terapêuticas múltiplas para abordar a natureza complexa e multidimensional do processamento sensório prejudicado. Um programa compreensivo Senspace de integração

sensoria envolvendo 50 crianças com TEA (idades 4-7 anos) incorporando práticas de brincadeira estruturada com elementos de terapia comportamental demonstrou reduções estatisticamente significativas em hipersensibilidade sensoria: sensibilidade tátil diminuiu 16,5%, sensibilidade vestibular diminuiu 19,1%, e processamento proprioceptivo diminuiu 19,7% (Latysheva, 2025). Análise de correlação revelou ligações fortes entre alívio de transtornos sensoriais e avanços em funcionamento adaptativo (r variando de -0,745 a -0,668, $p < ,001$) (Latysheva, 2025).

Treinamento integrado de dupla tarefa combinando gait e equilíbrio com intervenções sensoriais-motoras tem demonstrado melhorar significativamente proficiência motora, controle postural e equilíbrio dinâmico, com ganhos mensuráveis em avaliações padronizadas (Baladaniya et al., 2025). Modalidades aprimoradas por tecnologia, incluindo realidade virtual e sensores vestíveis, aumentam engajamento e permitem progressão personalizada, fomentando neuroplasticidade e transferência funcional para atividades diárias (Baladaniya et al., 2025). Os benefícios se estendem a regulação de atenção e função executiva, apoiados por evidência de neuroimagem

mostrando ativação cortical prefrontal aumentada (Baladaniya et al., 2025).

5. Impactos Clínicos no Funcionamento Diário e Qualidade de Vida

5.1 Processamento Sensorio e Dificuldades de Alimentação

As dificuldades de alimentação são profundamente ligadas ao processamento sensorio anormal no TEA. Uma revisão sistemática de 27 estudos encontrou relação significativa entre processamento sensorio e problemas de alimentação em crianças com TEA, particularmente envolvendo processamento sensorio oral (Elsayed et al., 2022). Aproximadamente 60% das crianças com autismo exibem dificuldades de mastigação, com essas dificuldades associadas com atraso na transição para alimentos texturizados, deficits em habilidades motoras orais e seletividade alimentar aumentada (Shalini; Swapna, 2025).

A seletividade alimentar em crianças com TEA é fortemente associada com hipersensibilidade sensoria, particularmente em domínios oral, olfatório e tátil (Mora et al., 2025). Um estudo chileno encontrou que comportamentos de comer seletivo foram mais frequentes, com textura (78%) e cor (53%) sendo as mais comuns, e foram fortemente associados

com comportamento ritual de comer (OR 29,39; IC 95% 5,47-136,2; $p < 0,0001$) (Mora et al., 2025). Escores no Brief Autism Mealtime Behavior Inventory (BAMBI) correlacionaram significativamente com hipersensibilidade oral ($p = 0,002$), socioemocional ($p = 0,003$) e somática ($p = 0,025$) (Mora et al., 2025).

Achados mais recentes indicam que identificação precoce de subgrupos de alto risco, caracterizados por seletividade alimentar alta, sensibilidades gustativa/tátil/olfatória, sintomas gastrointestinais e práticas parentais de alimentação exageradas, pode fomentar avaliação mais personalizada e intervenção clínica mais eficaz (Mirizzi et al., 2025).

5.2 Processamento Sensorio e Sono

Perturbações de sono são altamente prevalentes em crianças com TEA, com dificuldades de processamento sensorio contribuindo significativamente para essas dificuldades. Um estudo transversal de 74 crianças com TEA encontrou correlação positiva significativa entre todos os quadrantes do Child Sensory Profile-2 (busca, evitação, sensibilidade e registro) e seções sensoriais (auditiva, tátil, movimento, posição corporal e oral) e perturbação de sono (Raj S; Umaiorubagam, 2025). Análise de

regressão múltipla revelou que comportamento de evitação sensoria predisse significativamente escores gerais de perturbação de sono em crianças com TEA ($\beta = 0,414$, $p = 0,003$) (Raj S; Umaiorubagam, 2025).

Esses achados destacam importância crítica de incorporar avaliações de processamento sensorio em avaliações clínicas de crianças com TEA com problemas de sono, sugerindo que intervenções baseadas em sensorio podem melhorar qualidade de sono nessa população. Alterações na arquitetura do sono e mecanismos regulatórios comprometem sono em crianças com TEA, com diferenças de processamento sensorio potencialmente exacerbando essas perturbações afetando regulação de arousal e responsividade ambiental durante sono (Albertini et al., 2025).

5.3 Participação em Atividades Infantis

As dificuldades de processamento sensorio estão significativamente associadas com reduzida participação em atividades infantis. Um estudo comparando 40 crianças com TEA com 40 crianças com desenvolvimento típico encontrou que sensorio-reatividade estava

significativamente relacionada com desenvolvimento prejudicado em áreas ocupacionais de atividades de vida diária (ADL) e brincadeira (Yela-González; Santamaría-Vázquez; Ortiz-Huerta, 2021). As crianças com TEA apresentavam pior desempenho em habilidades funcionais e brincadeira comparadas às crianças típicas, com problemas de reatividade sensorial associados com pior desenvolvimento em áreas ocupacionais ($p=0,00$ para ambas correlações Spearman) (Yela-González; Santamaría-Vázquez; Ortiz-Huerta, 2021).

Um estudo adicional de 93 crianças com TEA comparadas com 95 crianças com desenvolvimento típico encontrou dificuldades de processamento sensorial em 68,8% das crianças com TEA comparadas com 21,5% no grupo típico ($p<0,001$), com diferenças significativas em todos domínios exceto sensibilidade de movimento (Loh; Ee; Marret, 2023). Dificuldades de filtragem auditiva emergiu como único problema de processamento sensorial com correlações significativas com todas as três dimensões de participação, highlighting seu papel particularmente crítico em funcionamento social (Loh; Ee; Marret, 2023).

6. Populações Especiais e Considerações Tecnológicas

6.1 Diferenças Sexuais no Processamento Sensorial

As diferenças sexuais no processamento sensorial emergem como uma área crítica de pesquisa recente, particularmente relevante para compreender apresentação diversa de autismo em meninas. Um estudo examinando diferenças sexuais em sintomas de processamento sensorial em coortes grandes de crianças com TEA ($N=168$; 26 meninas, 142 meninos) encontrou que magnitude de diferenças em processamento sensorial entre homens e mulheres é maior em crianças ASD relativamente a crianças TD, com mulheres exibindo sintomas mais severos em audição e equilíbrio/movimento (Osório et al., 2021). Análise de função discriminante mostrou que SPM/SPMP discriminaram crianças TD de ASD com taxas de acurácia maiores para meninas do que para meninos (Osório et al., 2021).

Esses achados sugerem perfis específicos de sexo em dificuldades de processamento sensorial em TEA, com implicações significativas para identificação e diagnóstico melhorados, particularmente dados dados que meninas com autismo frequentemente recebem diagnóstico mais tardio ou são inicialmente mal diagnosticadas (Osório et al., 2021).

6.2 Comorbidades e Integração com Outras Condições

Processamento sensorial anormal frequentemente co-ocorre com outras dificuldades do neurodesenvolvimento, incluindo transtorno de déficit de atenção/hiperatividade (TDAH), transtorno obsessivo-compulsivo (TOC) e transtornos de ansiedade. Uma análise de rede dimensionalizada revelou que em crianças com TDAH, itens de processamento sensorial estavam conectados com traços autísticos e sintomas TDAH principais, com itens de processamento sensorial posicionados relativamente alto na rede direcionada, sugerindo papel fundamental (Li et al., 2025). Análise de gráfico acíclico direcionado mostrou que processamento sensorial pode ser fundamental para manifestações complexas em TDAH, especialmente dada sua relação próxima com perfis de traços autísticos (Li et al., 2025).

A integração de informações sobre processamento sensorial em avaliação diagnóstica multidisciplinar melhorou discriminação entre ASD e outras condições. Um estudo retrospectivo examinando resultados SHORT Sensory Profile 2 (SSP-2) de 92 crianças submetidas a avaliação diagnóstica multidisciplinar

encontrou que modificação de escalas SHORT Sensory Profile 2 teve capacidade discriminatória que variou de pobre (quadrantes originais para distinguir TDAH vs sem diagnóstico: AUC=0,59) a bom (ASD vs TDAH; AUC=0,82) (Marozza; Hay; Frakking, 2025).

6.3 Intervenções Emergentes com Tecnologia

Realidade virtual (RV) e outras abordagens aprimoradas por tecnologia representam fronteira emergente em avaliação e intervenção de processamento sensorial. Um sistema preliminar de avaliação sensorial em RV (SAVR) foi desenvolvido para avaliar objetivamente diferenças de processamento sensorial visual e tátil entre adolescentes com TEA e pares com desenvolvimento típico através de jogo. Análises estatísticas dos dados experimentais apoiaram hipóteses de que SAVR poderia encontrar diferenças mais significativas entre grupos comparado ao Adult/Adolescent Sensory Profile (AASP) questionnaire-based (Koirala et al., 2021).

Abordagens aprimoradas por EEG e AI representam outra inovação significativa. Um estudo experimental utilizando equipamento EEG de 5 canais demonstrou potencial de integrar neurociência, inteligência artificial e

ambientes de aprendizagem imersiva de RV para diagnosticar padrões comportamentais e avaliar cognição em indivíduos com TEA (Sanjai Gupta et al., 2025). Os sistemas de aprendizagem neuroadaptativa emergem como solução promissora, adaptando estratégias pedagógicas baseadas nas necessidades do aprendiz, fornecendo soluções personalizadas eficazes para crianças com TEA (Sanjai Gupta et al., 2025).

Terapia musical integrada com intervenção de integração sensorial demonstrou efetividade em melhorar processamento sensorial e atividades recíprocas. Um estudo randomizado descobriu que terapia de integração sensorial com terapia musical foi eficaz para melhorar processamento sensorial e atividades recíprocas em crianças com TEA, com teste t pareado mostrando resultado significativo ($p < 0,001$) (Raipure; Hardikar, 2023). Música funciona como facilitador terapêutico através de múltiplos mecanismos, incluindo engajamento multissensorial, previsibilidade rítmica e sincronização cross-modal que promove integração neural (Liu; Tan, 2025).

7. Considerações Neurobiológicas sobre Mecanismos de Ação

A compreensão dos mecanismos pelos quais intervenções beneficiam crianças com TEA é crítica para otimizar tratamentos. Um modelo integrativo psiconeuroimunoendócrino (PNIE) proposto recentemente sugere que transtornos de regulação de processamento sensorial no TEA devem ser entendidos como síndrome de desregulação psiconeuroimunoendócrina do neurodesenvolvimento (Vergara Serpa; Villadiego Verbel, 2026). Neurinflamação crônica de baixo grau e disautonomia emergem como eixos organizadores centrais do fenótipo sensorial, com desequilíbrio simpático, disfunção do eixo hipotalâmico-pituitário-adrenal e sensibilização periférica e central contribuindo (Vergara Serpa; Villadiego Verbel, 2026).

Pesquisa em mecanismos de neuroplasticidade de Intervenções Comportamentais do Desenvolvimento Naturalísticas (NDBI), particularmente o Early Start Denver Model (ESDM), sintetiza investigações de neuroimagem revelando como essas intervenções promovem neuroplasticidade através de remodelagem de conectividade cerebral dentro de redes cognitivas sociais (Yan et al., 2026). Reorganização de redes cerebrais e aprimoramento funcional representam

mecanismos críticos pelos quais intervenções criam mudanças comportamentais sustentadas (Yan et al., 2026).

Integração de perspectivas comportamentais, emocionais e significado-fazendo em um marco de "Estrutura Cognitiva de Três Camadas" de soma-emoção-significado revela que comorbidade de TEA e depressão (50% de taxa de comorbidade) pode surgir de prejuízos em três-camadas de via cognitiva (Zhang; Wang; Zhang, 2026). Terapia de arte opera através de mecanismos duais: integração sensorial ativa neuroplasticidade bottom-up, enquanto reconstrução narrativa alcança reaprisal cognitivo top-down (Zhang; Wang; Zhang, 2026). Esse marco teórico fornece orientação clara para desenvolvimento de ferramentas de avaliação inteligentes, algoritmos de intervenção adaptativa e estratégias personalizadas dirigidas por dados em aplicações de saúde móvel (Liu et al., 2024; Zhang; Wang; Zhang, 2026).

8. Conclusões e Direções Futuras

O processamento sensorial no TEA emergiu de uma característica clínica secundária para um elemento central na compreensão e tratamento de autismo. Evidência recente confirma que sensorio-

processamento anormal, presente em até 97% de indivíduos com TEA, representa não simplesmente um sintoma associado, mas uma dimensão fundamental do transtorno que impacta profundamente funcionamento adaptativo, qualidade de vida e trajetória do desenvolvimento (Consoli et al., 2025). Avanços em avaliação multidimensional forneceram ferramentas sofisticadas para caracterizar perfis sensoriais individuais, reconhecendo heterogeneidade inerente ao espectro.

A crescente literatura sobre intervenções integradas multidisciplinares, combinando estratégias sensoriais, comportamentais, desenvolvimentais e tecnológicas, oferece promessa considerável em otimizar resultados. No entanto, inconsistências metodológicas, amostras pequenas e falta de estudos de longo prazo permanecem como limitações críticas. Pesquisa futura deve priorizar: (1) ensaios controlados randomizados de grande escala com medidas de resultado padronizadas; (2) investigação de mecanismos neurobiológicos subjacentes através de múltiplas modalidades de neuroimagem; (3) exploração de períodos críticos de desenvolvimento e janelas ótimas de intervenção; (4) desarrollo de biomarcadores objetivos que permitam estratificación biológica y personalización;

(5) investigação de diferenças sexuais y características de população especial; e (6) investigação de sustentabilidade e transferência de habilidades de contextos clínicos para ambientes naturais.

A abordagem definitiva deve permanecer centralizada no indivíduo, reconhecendo que cada criança com TEA apresenta perfil único de força e desafios sensoriais. Essa perspectiva neurodiversidade-afirmativa, combinada com investimento em investigação rigorosa e desenvolvimento de intervenções personalizadas baseadas em mecanismos, promete otimizar trajetórias do desenvolvimento e melhorar qualidade de vida para crianças com TEA e suas famílias.

REFERÊNCIAS

ALBERTINI, Maria Ludovica *et al.* Sleep Disorders in Children with Autism Spectrum Disorder: Developmental Impact and Intervention Strategies. **Brain Sciences**, v. 15, n. 9, p. 983, 13 set. 2025.

ALSAEDI, Rehab H.; CARRINGTON, Suzanne; WATTERS, James J. Caregivers' Assessment of the Sensory Processing Patterns Exhibited by Children with Autism in the Gulf Region. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, v. 54, n. 7, p. 2693–2709, 12 jul. 2024.

BALADANIYA, Maheshkumar *et al.* Dual-Task Gait and Balance Training Integrated With Sensory-Motor Interventions for Children With Autism Spectrum Disorder: A Comprehensive Narrative Review. **Cureus**, 26 set. 2025.

BARANEK, Grace T. *et al.* Longitudinal assessment of stability of sensory features in children with autism spectrum disorder or other developmental disabilities. **Autism Research**, v. 12, n. 1, p. 100–111, 8 jan. 2019.

- CONSOLI, Carla *et al.* Sensory Phenotypes in Autism Spectrum Disorder Associated with Distinct Patterns of Social Communication, Repetitive and Restrictive Behaviors or Interests, and Comorbidities: A State-of-the-Art Review. **Brain Sciences**, v. 16, n. 1, p. 53, 30 dez. 2025.
- DENG, Junchen; LEI, Ting; DU, Xiru. Effects of sensory integration training on balance function and executive function in children with autism spectrum disorder: evidence from Footscan and fNIRS. **Frontiers in Psychology**, v. 14, 25 out. 2023.
- ELSAYED, Heba E. *et al.* Systematic Review of the Relation Between Feeding Problems and Sensory Processing in Children With Autism Spectrum Disorder. **American Journal of Speech-Language Pathology**, v. 31, n. 6, p. 2875–2899, 16 nov. 2022.
- GÖKÇE, Dilan; CEMALI, Mustafa. The Effect of Early DIR/Floortime™ Intervention on Sensory Reactivity in a Child at Risk for Autism Spectrum Disorder: A Case Report. **Balkan Sağlık Bilimleri Dergisi**, v. 4, n. 1, p. 1–5, 11 jul. 2025.
- HARUN, Dzalani *et al.* Sensory-based intervention in improving sensory processing, social, and play skills among children on the autism spectrum: a systematic review. **Retos**, v. 67, p. 1282–1300, 16 maio 2025.
- IMRAN MAQSOOD *et al.* Comparison of abnormal sensory symptoms in children with and without autism spectrum disorder. **Pakistan Journal of Medical Sciences**, v. 41, n. 4, p. 1181–1186, 29 mar. 2025.
- KOIRALA, Ankit *et al.* A Preliminary Exploration of Virtual Reality-Based Visual and Touch Sensory Processing Assessment for Adolescents With Autism Spectrum Disorder. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 29, p. 619–628, 2021.
- LATYSHEVA, Kateryna. Comprehensive Sensory Integration in Corrective Work with Children with Autism Spectrum Disorders Using the Senspace Method. **Journal of Educational Technology and Learning Creativity**, v. 3, n. 2, p. 583–595, 29 dez. 2025.
- LI, Jing *et al.* The relationship of sensory processing with ADHD and its co-occurring behavioural symptoms based on both undirected and directed network analysis. **BMC Psychiatry**, v. 25, n. 1, p. 1187, 19 nov. 2025.
- LIU, Panting *et al.* A longitudinal study on the development trajectory of auditory processing and its relationship with language development in Chinese preschool children with autism spectrum disorder: study protocol. **BMC Psychiatry**, v. 24, n. 1, p. 723, 23 out. 2024.
- LIU, Yuqing; TAN, Jie. Music and Sensory Integration. **Lecture Notes in Education Psychology and Public Media**, v. 89, n. 1, p. 106–111, 15 maio 2025.
- LOH, Siew Yim; EE, Su Im; MARRET, Mary J. Sensory processing and its relationship to participation among childhood occupations in children with autism spectrum disorder: exploring the profile of differences. **International Journal of Developmental Disabilities**, v. 69, n. 2, p. 226–237, 4 mar. 2023.

LYU, Bingchen *et al.* Effectiveness of sensory integration-based intervention in autistic children, focusing on Chinese children: a systematic review and meta-analysis. **Frontiers in Psychiatry**, v. 16, 19 nov. 2025.

MACKAY, Tricia Margaret *et al.* Examining the clinical utility of the Occupational Therapy Observation Tool–Adjustment Support Details (OTOT-ASD): Experiences of paediatric occupational therapists. **Australian Occupational Therapy Journal**, v. 72, n. 5, 28 out. 2025.

MARCILLA-JORDA, Marta *et al.* Sensory Profile-2 in Autism Spectrum Disorder: An Analysis within the International Classification of Functioning, Disability and Health Framework. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, v. 55, n. 5, p. 1824–1839, 13 maio 2025.

MAROZZA, Annabelle; HAY, Karen; FRAKKING, Thuy. Use of sensory processing information in the diagnosis of autism spectrum disorder and attention deficit hyperactivity disorder in children at an Australian community hospital. **Australian Occupational Therapy Journal**, v. 72, n. 2, 13 abr. 2025.

MIRIZZI, Paolo *et al.* Food Selectivity in Children with Autism Spectrum Disorder and in Typically Developing Peers: Sensory Processing, Parental Practices, and Gastrointestinal Symptoms. **Nutrients**, v. 17, n. 17, p. 2798, 28 ago. 2025.

MORA, Fernanda *et al.* Food Pattern, Food Selectivity and Sensory Profile in Autism Spectrum Disorder: An Exploratory Analysis in Chilean Children. **Children**, v. 12, n. 11, p. 1560, 17 nov. 2025.

NARZISI, Antonio *et al.* Sensory Profiles in School-Aged Children with Autism Spectrum Disorder: A Descriptive Study Using the Sensory Processing Measure-2 (SPM-2). **Journal of Clinical Medicine**, v. 11, n. 6, p. 1668, 17 mar. 2022.

Neurobiology of sensory processing in autism spectrum disorder. *In: [S.l.: S.n.]*. p. 161–181.

OSÓRIO, Joana Maria Almeida *et al.* Sex differences in sensory processing in children with autism spectrum disorder. **Autism Research**, v. 14, n. 11, p. 2412–2423, 20 nov. 2021.

PASSARELLO, Noemi *et al.* Sensory Processing Disorders in Children and Adolescents: Taking Stock of Assessment and Novel Therapeutic Tools. **Brain Sciences**, v. 12, n. 11, p. 1478, 31 out. 2022.

PATIL, Om; KAPLE, Meghali. Sensory Processing Differences in Individuals With Autism Spectrum Disorder: A Narrative Review of Underlying Mechanisms and Sensory-Based Interventions. **Cureus**, 31 out. 2023.

RAIPURE, Pratik Arun; HARDIKAR, Siddhima. Effectiveness of Sensory Integration Therapy with Music Therapy on Sensory Processing and Reciprocal Activities in Children with Autism Spectrum Disorder. **International Journal of Health Sciences and Research**, v. 13, n. 11, p. 22–28, 2 nov. 2023.

RAJ S, Deepak Vignesh; UMAIORUBAGAM, Ganapathy Sankar. Relationship Between Sensory Processing and Sleep in Children With Autism Spectrum Disorder. **Chronobiology in Medicine**, v. 7, n. 1, p. 28–34, 31 mar. 2025.

RAJUAN, Gili; LIBERMAN, Lihi; BART, Orit. Sensory Processing in Children With Autistic Spectrum Disorder: Clinicians', Parents', Teachers' and Children's Perspectives. **Focus on Autism and Other Developmental Disabilities**, v. 40, n. 1, p. 48–55, 4 mar. 2025.

RAKEBI, Nazanin *et al.* Development and validation of a computerized scale for sensory profile assessment of children with autism spectrum disorder: The parent version. **Shenakht Journal of Psychology and Psychiatry**, v. 12, n. 2, p. 99–121, 1 maio 2025.

RANDELL, Elizabeth *et al.* Sensory integration therapy for children with autism and sensory processing difficulties: the SenITA RCT. **Health Technology Assessment**, v. 26, n. 29, p. 1–140, jun. 2022.

SALAH, Alaa *et al.* Sensory processing patterns among children with autism spectrum disorder (ASD) and attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) using short sensory profile and evoked potentials: a case–control study. **Middle East Current Psychiatry**, v. 31, n. 1, p. 52, 12 jul. 2024.

SANJAI GUPTA *et al.* EEG and AI Fusion for Personalized VR-Based Learning, An Experimental Study for Children With Autism Spectrum Disorder Using Emotiv Insight. **International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering**, v. 11, n. 4, 30 dez. 2025.

SHALINI, M.; SWAPNA, N. The Chewing Challenge: Linking Oral Motor and Oral Sensory Skills to Feeding Difficulties in Autism. **Journal of Indian Speech Language & Hearing Association**, v. 39, n. 1, p. 63–67, jan. 2025.

SILVA, Luísa de Mattos Graziani; JURDI, Andrea Perosa Saigh; PEREIRA, Ana Paula da Silva. Perception of sensory processing in children with autism spectrum disorder: influences of age, family education, and professional education. **Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional**, v. 33, 2025.

SODEN, Paul A. *et al.* The meltdown pathway: A multidisciplinary account of autistic meltdowns. **Psychological Review**, v. 132, n. 5, p. 1209–1240, out. 2025.

SUMAN, Praveen *et al.* Effect of Parent-based Autism Intervention in Autism Spectrum Disorder Children. **Current Medicine Research and Practice**, v. 14, n. 6, p. 265–269, nov. 2024.

VERGARA SERPA, Juan José; VILLADIEGO VERBEL, Candelaria Rosa. Modelo Psiconeuroinmunoendocrino Integrador de la Neuroinflamación y la Disautonomía en los Trastornos de Regulación del Procesamiento Sensorial en el Trastorno del Espectro Autista. **Ibero Ciencias - Revista Científica y Académica - ISSN 3072-7197**, v. 5, n. 1, p. 719–774, 3 fev. 2026.

WANG, Wenjie *et al.* Altered tactile abnormalities in children with ASD during tactile processing and recognition revealed by dynamic EEG features. **Frontiers in Psychiatry**, v. 16, 16 set. 2025.

YAN, Pan *et al.* Neuroplasticity mechanisms of NDBIs in autism: a review from brain connectivity to behavioral improvement. **European Journal of Medical Research**, v. 31, n. 1, p. 301, 21 jan. 2026.

YELA-GONZÁLEZ, Nuria; SANTAMARÍA-VÁZQUEZ, Montserrat; ORTIZ-HUERTA, Juan Hilario. Activities of Daily Living, Playfulness and Sensory Processing in Children with Autism Spectrum Disorder: A Spanish Study. **Children**, v. 8, n. 2, p. 61, 20 jan. 2021.

ZHANG, Tianran; WANG, Zixun; ZHANG, Xusheng. A Three-Layer Cognitive Structure Theory of “Soma-Emotion-Meaning” Based on Embodied Cognition: Integrating Somatic Marker Hypothesis and Progressive Weakening-Compensation Principle — An Integrative Framework for Understanding Autism Spectrum Disorder and Depression Comorbidity **EAI Endorsed Transactions on Pervasive Health and Technology**, v. 11, 27 jan. 2026.