



GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIA BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM REABILITAÇÃO E
DESEMPENHO FUNCIONAL

LUCIANE GISELE OLIMPIO DE SOUZA

MATURAÇÃO DO CONTROLE SEGMENTAR DE TRONCO E DO
EQUILÍBRIO REATIVO EM LACTENTES SENTADOS: ANÁLISE
ACELEROMÉTRICA

BELÉM/PA

2026

GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIA BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM REABILITAÇÃO E
DESEMPENHO FUNCIONAL

LUCIANE GISELE OLIMPIO DE SOUZA

MATURAÇÃO DO CONTROLE SEGMENTAR DE TRONCO E DO
EQUILÍBRIO REATIVO EM LACTENTES SENTADOS: ANÁLISE
ACELEROMÉTRICA

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional, da Universidade do Estado do Pará.

Linha de pesquisa: Avaliação e intervenção terapêutica nos sistemas neuromuscular.

Orientadora: Profa.Dra. Lucieny da Silva Pontes.

Coorientador: Prof. Dr. Givago da Silva Souza

BELÉM/PA

2026

***Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) de acordo com o ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade do Estado do Pará
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)***

O46m Olimpio de Souza , Luciane Gisele

 Maturação do controle segmentar de tronco e do equilíbrio reativo em lactentes sentados : análise acelerométrica / Luciane Gisele Olimpio de Souza . — Belém, 2026.

 77 f. : il. color.

 Orientadora: Prof^a. Dra. Lucieny da Silva Pontes

 Coorientador: Prof. Dr. Givago da Silva Souza

 Dissertação (Programa de Pós Graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional) - Universidade do Estado do Pará, Campus III - Curso de Educação Física, 2026.

 1. Desenvolvimento motor . 2. Equilíbrio (fisiologia). 3. Postura humana . 4. Lactente . I. Título.

CDD 22.ed. 613.78

SUELLEN ALESSANDRA SOARES DE MORAES

LARISSA SALGADO DE OLIVEIRA ROCHA

ELSON FERREIRA COSTA

**MATURAÇÃO DO CONTROLE SEGMENTAR DE TRONCO E DO
EQUILÍBRIO REATIVO EM LACTENTES SENTADOS: ANÁLISE
ACELEROMÉTRICA**

MEMBROS:

Profª Dra. Lucieny da Silva Pontes, UEPA – Orientadora (Presidente da Banca)

Profª. Dra. Suellen Alessandra Soares de Moraes, UFPA – Membro externo

Profª. Dra. Larissa Salgado de Oliveira Rocha, UEPA – Membro interno

Prof. Dr. Elson Ferreira Costa, UEPA – Membro interno

DATA DA DEFESA: 13 /07 /2026 .

Agradecimentos

A conclusão desta dissertação representa não apenas o encerramento de uma importante etapa acadêmica, mas também a concretização de um caminho marcado por aprendizados, desafios, crescimento pessoal e profissional. Ao longo dessa trajetória, muitas pessoas contribuíram, direta ou indiretamente, para que este momento fosse possível. A todas elas, registro minha sincera gratidão.

Primeiramente, agradeço a Deus, por me conceder força, sabedoria e perseverança para enfrentar os desafios ao longo desta caminhada. Nos momentos de incerteza e cansaço, foi a fé que me permitiu continuar e acreditar que cada etapa teria seu propósito.

À minha família, meu porto seguro, agradeço pelo amor, apoio, incentivo e compreensão durante todos os momentos desta trajetória. Obrigada por acreditarem em mim, por compreenderem minhas ausências e por celebrarem comigo cada conquista. Esta realização também é de vocês.

A minha orientadora e ao meu coorientador, expresso minha profunda gratidão pela orientação, disponibilidade, paciência e pelos ensinamentos compartilhados ao longo do mestrado. Agradeço não apenas pelas contribuições acadêmicas, mas também pela confiança depositada em meu trabalho e por ter contribuído para o meu crescimento enquanto pesquisadora e profissional.

Aos professores do PPGReab-UEPA, agradeço pelos conhecimentos compartilhados, pelas discussões e pelas experiências que contribuíram significativamente para minha formação acadêmica e científica.

Aos colegas do mestrado, agradeço pela parceria, pelas trocas de experiências e por tornarem essa caminhada mais leve. Cada conversa, aprendizado e desafio compartilhado ficará marcado em minha trajetória.

Aos participantes desta pesquisa e a todos que contribuíram para sua realização, minha sincera gratidão pela disponibilidade, confiança e colaboração. Sem vocês, este trabalho não seria possível.

Aos meus amigos, agradeço por compreenderem minhas ausências, ouvirem minhas inquietações e permanecerem presentes mesmo nos períodos em que a dissertação ocupou grande parte da minha rotina. A amizade e o carinho de vocês foram fundamentais para tornar essa caminhada mais leve.

Agradeço também a todos os profissionais e instituições que, de alguma forma, contribuíram para minha formação e para a realização desta pesquisa. Cada experiência vivenciada ao longo da minha trajetória foi essencial para chegar até aqui.

A todos que fizeram parte desta caminhada, minha mais profunda e sincera gratidão.

Resumo

Introdução: O controle postural se desenvolve de forma progressiva e não linear, dependente da integração multissistêmica de aferências sensoriais, respostas musculares e ajustes antecipatórios. A aquisição da sedestação independente é um marco motor crítico para a aquisição de habilidades motoras subsequentes, como a coordenação motora fina e a marcha. Apesar de sua ampla utilização na prática clínica e em pesquisas, as escalas de avaliação motora convencionais apresentam restrições para detectar déficits sutis no controle postural de tronco na postura sentada, principalmente em população de risco. O avanço das tecnologias portáteis e a incorporação de sensores inerciais têm democratizado a avaliação de distúrbios do movimento humano, permitindo aferir de forma mais objetiva as variáveis cinemáticas do controle postural, particularmente em lactentes, apresentando-se como alternativa promissora para ampliar a precisão diagnóstica e fundamentar decisões clínicas baseadas em evidências. **Objetivo:** Analisar e comparar o tempo das respostas motoras reativas na postura sentada frente a perturbações externas padronizadas em lactentes típicos e a termo, por meio da acelerometria, em diferentes faixas etárias. **Métodos:** Estudo observacional, transversal analítico com 28 lactentes, divididos em dois grupos etários: G1 - 4–6 meses de idade ($n = 14$) e G2 - 7–9 meses de idade ($n = 14$). Foram analisados o tempo de resposta reativa frente a perturbações externas controladas na postura sentada, segundo o tipo de movimento (passivo e reativo), os segmentos (axilar e pélvico) e direções (esquerda e direita). As análises do tempo de deslocamento foram realizadas, por meio de um sensor inercial acoplado a smartphone. A análise estatística incluiu testes t pareados e independentes, além de análise de variância mista (ANOVA), com nível de significância de 5% e cálculo do tamanho de efeito (η^2p). **Resultados:** No G1, as respostas reativas foram mais rápidas que as passivas e ocorreram apenas no segmento pélvico, enquanto no G2 essas respostas se distribuíram também pelo segmento axilar, sugerindo progressiva maturação do controle postural. A análise multivariada evidenciou influência significativa do tipo de movimento, segmento corporal e lateralidade nos tempos de resposta, com maior efeito para segmento corporal ($\eta^2p = 0,115$). **Conclusão:** O controle postural de lactentes com idade entre 4 e 9 meses é progressivo, segmentar e assimétrico e o tempo de respostas reativas parecem ser diferentes quando analisados os segmentos axilar e pélvico. A combinação de escalas observacionais com acelerometria por smartphone, mostrou-se válida e acessível para quantificar o controle reativo de tronco, contribuindo para o rastreamento precoce de atrasos motores. Como limitações, destacam-se o tamanho amostral reduzido e a ausência de mensuração objetiva da força aplicada nas perturbações.

Palavra-chave: Desenvolvimento Motor; Equilíbrio Postural; Lactente.

Abstract

Introduction: Postural control develops progressively and nonlinearly, depending on the multisystem integration of sensory inputs, muscular responses, and anticipatory adjustments. The acquisition of independent sitting is a critical motor milestone for the development of subsequent motor skills, such as fine motor coordination and walking. Despite their widespread use in clinical practice and research, conventional motor assessment scales have limitations in detecting subtle deficits in trunk postural control during sitting, particularly in at-risk populations. Advances in portable technologies and the incorporation of inertial sensors have expanded access to the assessment of human movement disorders, enabling more objective measurement of kinematic variables related to postural control, particularly in infants, and representing a promising alternative for improving diagnostic accuracy and supporting evidence-based clinical decision-making. **Objective:** To analyze and compare the response time of reactive motor responses during sitting in response to standardized external perturbations in typically developing, full-term infants, using accelerometry across different age groups. **Methods:** This was an observational, cross-sectional analytical study involving 28 infants, divided into two age groups: G1, 4–6 months ($n = 14$), and G2, 7–9 months ($n = 14$). Reactive response time to controlled external perturbations during sitting was analyzed according to movement type (passive and reactive), body segment (axillary and pelvic), and direction (left and right). Displacement time was assessed using an inertial sensor coupled to a smartphone. Statistical analyses included paired and independent samples t -tests, as well as mixed-design analysis of variance (ANOVA), with a significance level of 5% and effect size estimation using partial eta squared (η^2p). **Results:** In G1, reactive responses were faster than passive responses and occurred exclusively at the pelvic segment, whereas in G2, reactive responses were also observed at the axillary segment, suggesting progressive maturation of postural control. Multivariate analysis demonstrated a significant influence of movement type, body segment, and laterality on response times, with the greatest effect observed for body segment ($\eta^2p = 0.115$). **Conclusion:** Postural control in infants aged 4–9 months is progressive, segmental, and asymmetric, and reactive response times appear to differ according to the axillary and pelvic segments analyzed. The combination of observational scales and smartphone-based accelerometry proved to be a valid and accessible approach for quantifying reactive trunk control, potentially contributing to the early screening of motor delays. The main limitations were the small sample size and the lack of objective measurement of the force applied during perturbations.

Keywords: Motor Development; Postural Balance; Infant.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVOS	8
OBJETIVO GERAL.....	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
3. REFERENCIAL TEÓRICO	9
3.1. Desenvolvimento Neuropsicomotor Infantil: fundamentos teóricos	9
3.2. Desenvolvimento do Controle Postural.....	10
3.2.1. O Controle de Tronco e Aquisição da Postura Sentada	13
3.2.2. Estabilidade Postural em lactentes	15
3.3. Equilíbrio Reativo.....	16
3.4. Avaliação do controle de tronco em lactentes	17
3.4.1. Escala Infantil Motora de Alberta.....	18
3.4.2. Avaliação Segmentar de Controle de Tronco (SATCo)	19
3.4.3. Tecnologia para Avaliação do Controle Postural	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO.....	24
4.2 PROCEDIMENTOS.....	24
4.3.1 Instrumentos de Avaliação.....	24
4.4 ANÁLISE DE DADOS	29
5. RESULTADOS.....	32
6. DISCUSSÃO	39
CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS.....	48
ANEXO I.....	52
ANEXO II.....	55
ANEXO III	61
APÊNDICE A.....	62
APÊNDICE B.....	65
APÊNDICE C.....	66
APÊNDICE D.....	67

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do controle postural se caracteriza por um processo progressivo que emerge da integração dinâmica e não-linear entre múltiplos sistemas neurobiológicos, biomecânicos e sensoriais, sob a influência contínua de fatores ambientais e da força gravitacional (Thelen;Smith,1994; Hadders, 2005; Saavedra; Donkelaar; Woollacott, 2012; Farinelli, 2025). Este processo envolve a coordenação hierárquica e adaptativa dos sistemas nervoso central e periférico, estruturas musculoesqueléticas, sistemas sensoriais (proprioceptivo, vestibular e visual) e funções cognitivas superiores, configurando-se como um fenômeno de natureza multifatorial e interdependente (Thelen; Smith,1994; Saavedra; Donkelaar; Woollacott, 2012; Shumway-Cook;Woollacott, 2017).

As teorias clássicas descrevem o desenvolvimento do controle postural como um processo segmentar céfalo-caudal, progredindo do controle da cabeça ao tronco (Bernstein, 1967; Thelen;Smith,1994; Zambello, 2019). Contrastando, as abordagens ecológico-dinâmicas contemporâneas propõem que o controle postural emerge da interação entre organismo, tarefa e ambiente, sendo sensível a mudanças contextuais e experiências motoras (Renshaw *et al.*, 2019). Essas mudanças associam-se ao desenvolvimento de habilidades exploratórias e cognitivas, evidenciando a interdependência entre postura, percepção e ação (Kyvelidou *et al.*, 2021).

Em lactentes, o sistema postural imaturo é um fator limitante para a aquisição dos marcos motores, impedindo que ocorra o aparecimento de habilidades motoras mais complexas e necessárias para os movimentos coordenados de braços e mãos, assim como a inibição de reflexos primitivos (Shumway-Cook; Woollacott, 2017; Silva *et al.*, 2024). O sentar representa um marco motor fundamental que se desenvolve entre os 4 e 9 meses de idade (Deffeyes *et al.*, 2011). Evidências demonstram que, entre os 6 e 7 meses de idade, lactentes com desenvolvimento típico apresentam controle segmentar do tronco ao nível torácico, enquanto entre os 8 e 9 meses ocorre a aquisição do controle total do tronco, pré-requisito essencial para a execução de habilidades motoras subsequentes, como a transição para a postura ortostática (Greco *et al.*, 2020).

Nesse contexto, a aquisição do controle postural na posição sentada não se limita à manutenção da estabilidade estática, mas envolve a capacidade do lactente de responder de forma adaptativa a perturbações externas e internas. Assim, o desenvolvimento do controle segmentar do tronco constitui um componente essencial para a emergência e o refinamento dos mecanismos de equilíbrio, particularmente do equilíbrio reativo, que passa a ser progressivamente exigido à medida que o lactente explora a postura sentada e amplia seu repertório motor (Thelen; Spencer, 1998; Hedberg; Forssberg; Hadders-algra, 2004; Woollacott; Shumway-Cook, 2005).

Ademais, o rastreamento precoce torna-se fundamental nos primeiros 1000 dias de vida, a fim de identificação precoce de atrasos ou desvios, conforme recomendado por diretrizes internacionais e sustentado por evidências científicas (Tupsila *et al.*, 2020; Tupsila *et al.*, 2022). Evidências apontam que déficits no controle de tronco podem comprometer a aquisição das habilidades, uma vez que a estabilidade postural proximal é essencial para a organização e execução eficiente do movimento funcional (Pin *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2024).

Os marcos motores, como o sentar, podem ser avaliados por instrumentos clínicos como a Escala Motora Infantil Alberta (do inglês *Albert Infant Motor Scale*, AIMS) e pela Avaliação Segmentar do Controle de Tronco (do inglês *Segmental Assessment of Trunk Control*, SATCO) amplamente utilizados para a avaliação do desempenho motor global e da aquisição do sentar de forma segmentar, respectivamente, contudo, apresentam limitações para identificação mais precisa e sutil de déficits posturais (Pin *et al.*, 2019; Zambello, 2019; Tupsila *et al.*, 2020). Nesse sentido, a análise postural na posição sentada permite quantificar objetivamente a coordenação motora, facilitando a identificação de atrasos e desvios do desenvolvimento motor de lactentes, bem como subsidiar diagnóstico, prognóstico e direcionamento de intervenção terapêutica (Greco *et al.*, 2020).

Adicionalmente, análise com o uso de sensores inerciais/unidades de medidas inerciais (do inglês; IMU's) contribui para uma avaliação mais robusta. O uso de sensores inerciais/unidades de medidas inerciais tem emergido como uma ferramenta promissora para ampliar a precisão diagnóstica e fundamentar decisões clínicas baseadas em evidências de avaliação, permitindo a investigação objetiva do controle postural e do movimento e a quantificação de parâmetros relacionados à estabilidade e simetria do tronco, contribuindo para a redução da subjetividade das avaliações clínicas (Rihar *et al.*, 2019; Haberfehlner *et al.*, 2020; Blok *et al.*, 2022).

Contudo, a literatura indica que estudos com lactentes típicos utilizam, em geral, sensores inerciais para analisar o movimento e o controle postural, sem investigar de forma integrada as respostas posturais reativas entre o segmento axilar e pélvico (Hedberg; Forssberg; Hadders-algra, 2004; Saavedra; Donkelaar; Woollacott, 2012; Sato; Tudella, 2018; Pinho, 2019; Rihar *et al.*, 2019; Blok *et al.*, 2022; Airaksinen *et al.*, 2023). Essa ausência limita a compreensão dos mecanismos reativos do tronco durante a fase de aquisição do sentar, evidenciando-se uma lacuna metodológica e clínica importante que se configura um campo promissor para investigação.

Nesse sentido, a integração entre instrumentos clínicos amplamente utilizados, associado a sensores inerciais/IMU's, pode ampliar a sensibilidade da avaliação do desenvolvimento motor infantil, possibilitando aos profissionais da saúde que trabalham com reabilitação uma metodologia de avaliação do controle postural confiável, reproduzível, de fácil acesso e baixo custo (Rihar *et al.*, 2019).

2. OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Analisar e comparar o tempo das respostas motoras reativas na postura sentada frente a perturbações externas padronizadas em lactentes típicos e a termo, por meio da acelerometria, em diferentes faixas etárias.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o desempenho motor de lactentes por meio da Escala Motora Infantil de Alberta (AIMS), em diferentes faixas etárias.
- Comparar o efeito do tipo de movimento (passivo e reativo) e do segmento de suporte (axilar e pélvico) sobre o tempo de resposta postural em diferentes faixas etárias.
- Quantificar e comparar o tempo de resposta reativa segundo o controle segmentar de tronco, axilar e pélvico e a lateralidade da perturbação-direito e esquerdo, em diferentes faixas etárias.
- Analisar a interação entre diferentes faixas etárias com relação ao segmento, lateralidade e o tipo de movimento, em diferentes faixas etárias.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Desenvolvimento Neuropsicomotor Infantil: fundamentos teóricos

O desenvolvimento neuropsicomotor infantil é visto como um processo contínuo e sequencial de mudanças comportamentais que ocorrem ao longo dos primeiros anos de vida, resultante de fatores biológicos, ambientais e experiências vivenciadas na infância. Logo nos primeiros meses de vida, emergem os mecanismos necessários para a aquisição do controle postural, movimentos voluntários e habilidades funcionais que são fundamentais para a exploração do ambiente (Gallahue, Ozmun; Goodway, 2013; Shumway-Cook; Woollacott, 2017; Kyvelidou *et al.*, 2021).

Tradicionalmente, o desenvolvimento motor era compreendido como um fenômeno predominantemente maturacional, determinado pelo sistema nervoso central (SNC). Contudo, evidências científicas acumuladas nas últimas décadas demonstram que a aquisição das habilidades motoras resulta da interação entre os sistemas neurológico, musculoesquelético, sensorial, cognitivo e sob influência de fatores ambientais. Essas evidências foram consolidadas pela Teoria dos Sistemas Dinâmicos, que postula que o desenvolvimento não é determinado exclusivamente pelos sistemas neurais, mas emerge da auto-organização entre o indivíduo, a tarefa e o ambiente, de forma integrada para promover adaptações motoras funcionalmente eficientes (Thelen; Smith, 1994; Westcott; Burtner, 2004; Smith; Thelen, 2003; Shumway-Cook; Woollacott, 2017; Adolph, Hoch, 2019).

Nesta perspectiva, as habilidades motoras não dependem exclusivamente da maturação neurológica, mas surgem da capacidade do organismo de se adaptar às demandas da tarefa e ao ambiente. Assim, o desenvolvimento é compreendido como um processo dinâmico no qual características individuais e experiências ambientais atuam de modo interdependentes na construção de diferentes estratégias de movimento para a aquisição de novas habilidades (Thelen; Smith, 1994).

Do ponto de vista da Teoria dos Sistemas Ecológicos, o desenvolvimento motor resulta da interação contínua entre o lactente e os diferentes contextos ambientais nos quais está inserido. Nessa abordagem, fatores como os comportamentos dos pais ou responsáveis, as condições socioeconômica, aspectos culturais e característica física do ambiente podem influenciar na exploração, aprendizagem e aquisição das habilidades motoras. Dessa forma, o desenvolvimento é compreendido por um processo dinâmico, no qual características individuais e experiências ambientais atuam conjuntamente na construção das aquisições motoras do lactente (Bronfenbrenner; Morris, 2007).

Essa perspectiva reforça que o desenvolvimento motor não ocorre de forma isolada, mas emerge da relação entre os processos biológicos em maturação e a interação do ambiente. O qual se torna mais relevante durante os primeiros anos de vida, onde o organismo está em elevada capacidade de adaptação e reorganização. Assim, os primeiros 1000 dias de vida constituem uma janela crítica para o desenvolvimento, marcado pela intensa neuroplasticidade, formação de conexões neurais, mielinização das vias nervosas e amadurecimento dos sistemas sensoriais e motores (Kolb; Gibb, 2011; Black *et al.*, 2016).

3.2. Desenvolvimento do Controle Postural

Nesse contexto, compreender o controle postural é essencial, uma vez que as modificações observadas nos primeiros meses de vida refletem a complexa interação multissistêmica e ambiental. A partir dessa aquisição o lactente desenvolve estratégias motoras adaptativas diante das demandas gravitacionais, progredindo de forma céfalo-caudal na estabilização dos segmentos corporais e ampliando gradualmente seu repertório motor para a exploração ambiental (Hadders, 2005; Saavedra; Donkelaar; Woollacott, 2012; Shumway-Cook; Woollacott, 2017; Zambello, 2019; Farinelli, 2025).

O controle postural se refere a capacidade do indivíduo de controlar a posição corporal, com a dupla finalidade de manter a estabilidade - manter o centro de massa dentro da base de suporte- e a orientação postural – alinhamento adequado entre os segmentos corporais, e entre o corpo e o ambiente (Deffeyes *et al.*, 2011; Greco *et al.*, 2020). Esse processo envolve ainda a realização de ajuste postural antecipatório e compensatórios frente às demandas impostas pela gravidade e experiências motoras (Shumway-Cook; Woollacott, 2017).

Durante o desenvolvimento infantil, o controle postural surge progressivamente e constitui um componente essencial para a aquisição da postura sentada. Nos primeiros meses de vida, o lactente apresenta estabilidade de tronco reduzida e depende de estratégias compensatórias para manter o equilíbrio. Com a maturação dos sistemas sensoriais e motores e a ampliação das experiências de movimento ocorre o refinamento do alinhamento corporal, controle de cabeça e tronco superior, médio e inferior e a capacidade de realizar ajustes posturais mais eficientes, permitindo a independência na postura sentada (Thelen; Spencer, 1998; Hedberg; Forssberg; Hadders-algra, 2004; Shumway-Cook; Woollacott, 2017).

Já a estabilidade postural se refere à capacidade de controlar o corpo diante das forças internas e externas, mantendo equilíbrio por meio de ajustes musculares coordenados. Em lactente, esse processo envolve a produção de movimentos controlados e adaptativos, sendo a variabilidade motora — entendida como a capacidade de explorar diferentes estratégias de movimento para

responder às demandas da tarefa e do ambiente — um componente importante para a aquisição de estratégias posturais mais eficientes (Hadders-algra, 2004; Shumway-Cook; Woollacott, 2017).

Além disso, o controle postural é resultado da integração entre múltiplos sistemas corporais que atuam de forma integrada para garantir a orientação postural e estabilidade postural frente a tarefa e ambiente (figura1). Esse processo depende da capacidade do sistema nervoso de receber, integrar e interpretar informações sensoriais provenientes do sistema vestibular, visual e somatossensorial, organizando respostas motoras adequadas para a manutenção de equilíbrio e realização dos movimentos (Shumway-Cook; Woollacott, 2017).

O sistema vestibular contribui para a percepção da posição da cabeça e do corpo em relação a gravidade, auxiliando na manutenção do equilíbrio e nos ajustes posturais (Shumway-Cook; Woollacott, 2017). Durante o desenvolvimento infantil seu amadurecimento favorece o controle cefálico e a estabilidade do tronco, permitindo ao lactente adaptar a sua postura diante as mudanças de posição e das experiências motoras. A manutenção da cabeça alinhada e estável contribui uma importante aquisição para o desenvolvimento do controle postural e para a habilidade subsequentes, como o sentar independente (Rachwani *et al.*, 2013; Hadders-Algra, 2000; 2018).

Já o sistema visual fornece informações essenciais para a orientação postural, permitindo ao lactente perceber sua relação com o ambiente e realizar ajustes para manter a estabilidade corporal (Shumway-Cook; Woollacott, 2017). Durante o desenvolvimento, a evolução da fixação visual e da percepção espacial favorece a exploração do ambiente e a das respostas motoras, contribuindo para o controle da cabeça, do tronco e para a aquisição do sentar independente (Adolph, Hoch, 2019).

O sistema somatossensorial fornece informações sobre a posição corporal, o contato com a superfície de suporte e da distribuição das forças, contribuindo para o ajuste postural (Horak, 2006). Durante o desenvolvimento infantil as informações proprioceptivas e táteis auxiliam na construção do esquema corporal e no refinamento das estratégias posturais, favorecendo maior estabilidade durante mudanças de posição e movimentos voluntários (Shumway-Cook; Woollacott, 2017; Hadders-Algra, 2018).

Ademais, o sistema músculo esquelético é responsável pela produção das forças necessárias para a manutenção da postura e da realização dos movimentos. No desenvolvimento infantil, o aumento progressivo da força muscular, do tônus postural e do controle dos músculos antigravitacionais favorece o controle da cabeça, do tronco e a aquisição do sentar (Thelen; Smith, 1994; Rachwani *et al.*, 2013).

Além dos componentes sensório-motores, o sistema cognitivo desempenha papel fundamental no controle postural, uma vez que processos como atenção, percepção, antecipação e planejamento motor influenciam a seleção e a modulação das respostas posturais diante das

demandas da tarefa e do ambiente (Shumway-Cook; Woollacott, 2017). Embora em lactente esta função ainda esteja em desenvolvimento, a crescente capacidade de direcionar a atenção aos estímulos relevantes e explorar o ambiente favorece a organização de estratégias motoras cada vez mais eficientes. A integração com a cognição e a ação permite que o lactente adapte continuamente seu comportamento motor às experiências vivenciadas (Thelen; Smith, 1994; Hadders-Algra, 2018).

Também, o ambiente exerce influência decisiva sobre o desenvolvimento do controle postural, fornecendo oportunidades e desafios que estimulam a aquisição de novas habilidades motoras. Nos primeiros meses de vida, experiências motoras variadas em ambientes seguros e enriquecedores promovem maior estimulação sensório-motora, favorecem a adaptação às perturbações posturais, contribuindo para a aquisição progressiva do desenvolvimento motor (Hadders-Algra, 2018; Adolph, Hoch, 2019).

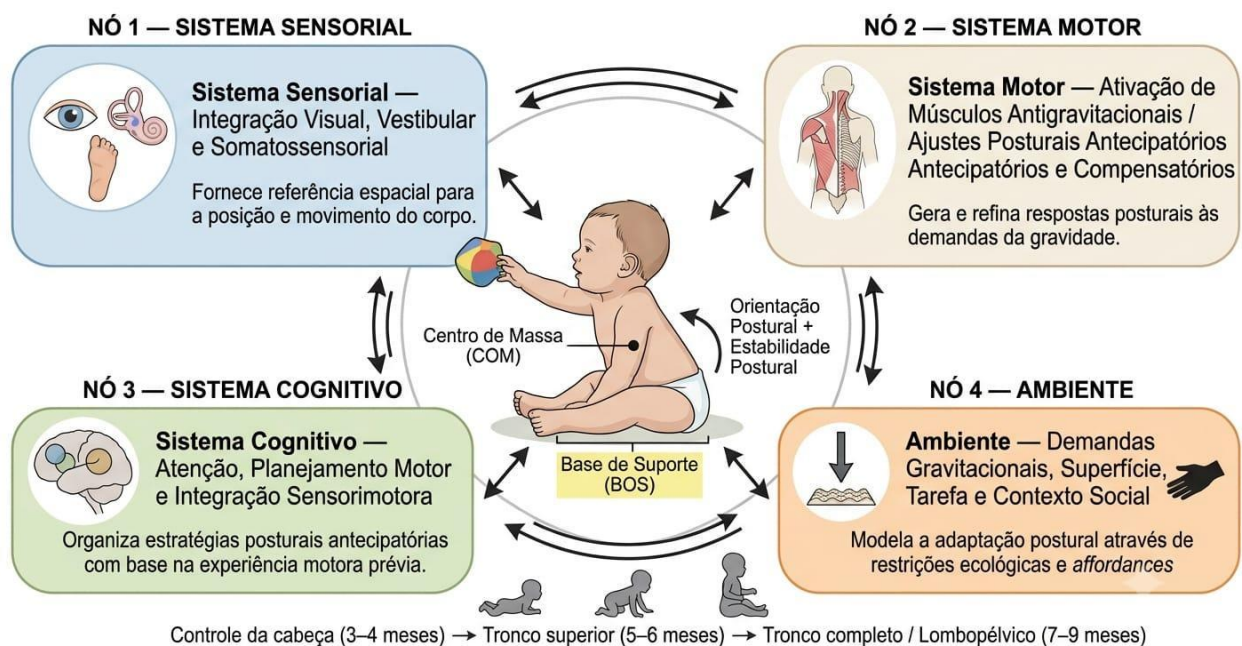


Figura 1. Natureza multissistêmica do controle postural em bebês.

Fonte: Gemini IA, 2026.

Frente a isto, o sistema nervoso central exerce a função integradora no controle postural, recebendo informações sensoriais, organizando respostas motoras e modulando a atividade muscular necessária para a manutenção da estabilidade corporal. O desenvolvimento neurológico envolve processos como neurogênese, formação e reorganização das conexões simpáticas, mielinização das vias nervosas e refinamento das redes neurais responsáveis pelo controle motor (Stiles; Jernigan, 2010).

3.2.1. O Controle de Tronco e Aquisição da Postura Sentada

A aquisição da postura sentada ocorre de forma gradual, na direção céfalo-caudal e de forma não linear (Saavedra; Donkelaar; Woollacott, 2012). Para seu alcance o tronco requer ativação muscular sinérgica com a finalidade biomecânica de estabilização ativa dos segmentos corporais -cervical, torácico e pélvico - frente às demandas posturais estáticas e dinâmicas. Esse mecanismo conceitualmente é denominado controle de tronco, o qual apresenta relação direta com o desempenho motor, uma vez que fornece a estabilidade proximal necessária para movimentos distais mais precisos (Greco *et al.*, 2020; Horak, 2006; Hadders-Algra, 2013; Thelen, 1994; Woollacott; Shumway-Cook, 2022).

O equilíbrio ou estabilidade postural constitui outro recurso motor fundamental, conceituado como a capacidade de manter o Centro de Massa (COM) do corpo dentro dos limites da Base de Suporte (BOS), seja em uma posição estática ou durante movimentos (figura 1). A aquisição da estabilidade proximal é primordial para a mobilidade distal, uma vez que uma base corporal estável permite maior eficiência dos movimentos dos membros superiores e inferiores (Shumway-Cook; Woollacott, 2017).

A aquisição da postura sentada representa um dos principais marcos motores do primeiro ano de vida, pois evidencia a integração entre o controle postural, equilíbrio e capacidade de adaptação frente a gravidade. Essa habilidade exige controle eficiente da cabeça, tronco e pelve, além da capacidade de realizar ajustes posturais contínuos para manter o centro de massa dentro da base de suporte (Deffeyes *et al.*, 2011; Shumway-Cook; Woollacott, 2017; Greco *et al.*, 2020).

A progressão para a postura sentada ocorre geralmente entre o 4^a e o 9^o mês de vida, dividindo-se em quatro estágios (figura 2). O primeiro, estágio de colapso, ocorre aproximadamente no 4^a mês, o lactente apresenta importante evolução no controle cefálico quando o tronco é totalmente suportado, mas ao ser desafiado em posturas mais baixas, ele colapsa para a frente, sendo incapaz de recuperar o equilíbrio sozinho quando colocado na posição sentada. Nesta fase, observa-se aumento da ativação da musculatura extensora cervical e torácica, favorecendo o alinhamento postural. As respostas a gravidade são passivas e de equilíbrio ainda são incipientes e a base de suporte permanece dependente do auxílio do cuidador, o lactente não faz tentativas de se endireitar (Hadders-algra, 2000; Saavedra; Donkelaar; Woollacott, 2012; Rachwani *et al.*, 2013).

O segundo estágio de “Ascensão e Queda”, ocorre no 5^a a 6^a mês de vida, há melhora significativa da estabilidade do tronco superior e da capacidade de manter a postura sentada com apoio. O lactente passa a realizar ajustes posturais mais eficientes diante de pequenas oscilações corporais e demonstra maior controle dos movimentos da cabeça durante a exploração visual do ambiente. Nesta fase, ainda necessita de suporte para preservar o equilíbrio durante o deslocamento

do centro de massa, embora consiga atingir o alinhamento vertical momentaneamente, o lactente é incapaz de sustenta-lo, “caindo” constantemente para fora da linha média para depois tentar subir (Saavedra; Donkelaar; Woollacott, 2012; Shumway-Cook; Woollacott, 2017; Adolph, Hoch, 2019).

No terceiro estágio de oscilação (6^a mês) o lactente consegue permanecer sentado com apoio anterior das mãos sobre a superfície, caracterizando a postura “posição em tripé”, apresentando oscilações constantes em todas as direções. Nesta fase ocorre o importante desenvolvimento das respostas posturais antecipatórias e reativas, permitindo maior estabilidade durante o movimento voluntário, o lactente realiza pequenas e frequentes correções posturais, criando movimento de “balanço” ou oscilações. A musculatura extensora do tronco se torna mais eficiente, reduzindo a necessidade de apoio externo e favorecendo a exploração manual do ambiente (Rachwani *et al.*, 2013; Hadders-algra, 2018).

O quarto estágio de sentar funcional, ocorre entre o 7^a a 9^a mês o lactente adquire independência na postura sentada, sendo capaz de manter o alinhamento da cabeça e do tronco sem apoio externo. Nesta fase, observa-se maior eficiência das reações de equilíbrio e das respostas protetoras, permitindo recuperar a estabilidade diante das perturbações internas e externas. O lactente tem ganho de controle segmentar que atinge as regiões lombar e pélvica da coluna, o qual ajuda a deslocar o centro de massa, alcançar objetos em diferentes direções, realizar rotações de tronco e retornar à posição inicial sem perder o equilíbrio, refletindo maior capacidade de adaptação às diferentes demandas de tarefa e ambiente (Saavedra; Donkelaar; Woollacott, 2012; Shumway-Cook; Woollacott, 2017; Hadders-algra, 2018; Adolph, Hoch, 2019).

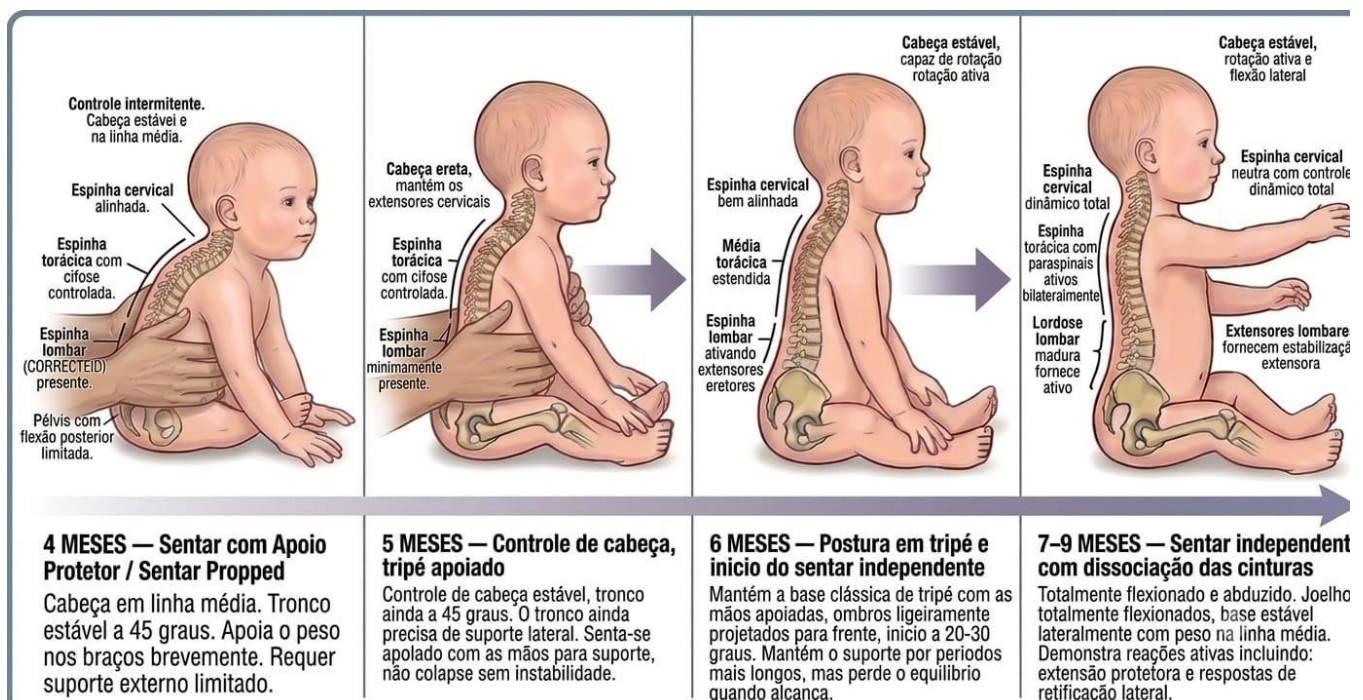


Figura 2. Etapas do segmento do controle de tronco na postura sentada em lactentes

Fonte: Gemini IA, 2026.

Sob a perspectiva dos sistemas ecológico-dinâmico, a aquisição do sentar não resulta exclusivamente do resultado da maturação neurológica, mas emerge da interação entre múltiplos fatores, incluindo força muscular, equilíbrio, percepção corporal, tarefa e ambiente (Thelen; Smith, 1994).

3.2.2. Estabilidade Postural em lactentes

O equilíbrio ou estabilidade postural é um componente essencial do controle postural, permitindo ao lactente manter e recuperar a estabilidade corporal diante as demandas da gravidade e do ambiente. Seu desenvolvimento ocorre progressivamente com o aprimoramento dos sistemas sensoriais, motores e musculoesqueléticos possibilitando respostas posturais eficientes e adaptativas (Horak, 2006; Shumway-Cook; Woollacott, 2017).

O equilíbrio ou estabilidade postural pode ser dividido em três componentes principais: i) Equilíbrio estático: a capacidade de manter uma postura com estabilidade, como permanecer sentado sem apoio exigindo ajustes musculares contínuos para controlar as oscilações corporais e manter o centro de massa dentro da base de suporte; ii) Equilíbrio dinâmico: envolve a manutenção da estabilidade durante o movimento e mudanças na posição corporal, exigindo ajustes posturais contínuo diante das demandas da tarefa e do ambiente; iii) Equilíbrio reativo (Horak, 2006; Shumway-Cook; Woollacott, 2017; Adolph, Hoch, 2019).

Nos lactentes, seu desenvolvimento está relacionado ao aprimoramento do controle cefálico, da estabilidade do tronco e das respostas posturais, sendo essencial para a aquisição do sentar independente (Rachwani *et al.*, 2013). A aquisição do equilíbrio dinâmico favorece a exploração do ambiente e a aquisição de habilidades motoras mais complexas, como alcançar objetos e realizar mudanças de posição Shumway-Cook; Woollacott, 2017; Adolph, Hoch, 2019).

Além disso, o equilíbrio reativo desempenha papel fundamental no desenvolvimento motor do lactente, pois permite recuperar a estabilidade corporal diante a perturbações inesperadas (Horak, 2006; Shumway-Cook; Woollacott, 2017; Hadders-Algra, 2018). A medida que há o refinamento das respostas, o lactente adquire maior segurança para explorar o ambiente, manter a postura sentada e desenvolver habilidades motoras mais complexas, contribuindo para a aprendizagem motora e adaptação às demandas do ambiente (Saavedra; van Donkelaar; Woollacott, 2012; Adolph; Hoch, 2019).

3.3. Equilíbrio Reativo

Os ajustes posturais correspondem às respostas musculares organizadas pelo sistema nervoso central com o objetivo de manter a estabilidade corporal antes, durante ou após uma perturbação. Essas respostas são essenciais para controlar o centro de massa e evitar perdas de equilíbrio durante o movimento voluntário ou alterações externas (Massion, 1992). No desenvolvimento infantil, os lactentes apresentam inicialmente respostas pouco coordenadas e com grande variabilidade, evoluindo para estratégias mais eficientes ao longo dos primeiros meses de vida (Hadders-Algra, 2018).

Estes ajustes envolvem o Ajustes Posturais Antecipatório (APA), o qual corresponde às ativações musculares realizadas antes de um movimento voluntário, preparando o corpo para possíveis alterações do equilíbrio. Em lactentes, desenvolve-se com o aprimoramento do controle postural, permitindo maior coordenação entre movimentos voluntários e estabilidade de tronco (Massion, 1992; Rachwani *et al.*, 2013).

Já os Ajustes Posturais Compensatórios – APC, são respostas desencadeadas após uma perturbação corporal, com objetivo de recuperar a estabilidade e manter o equilíbrio. Durante o desenvolvimento infantil essas respostas se tornam mais rápidas e organizadas, refletindo maior capacidade adaptativa do sistema postural (Hadders-Algra, 2000; Horak, 2006).

Frente a isto, o equilíbrio reativo corresponde a capacidade do sistema nervoso restaurar a estabilidade após uma perturbação inesperada que desloca o centro de massa em relação a base de suporte. Diferente do controle postural antecipatório, o equilíbrio reativo é desencadeado após a ocorrência de um desequilíbrio e depende da rápida integração entre informações sensoriais e respostas motoras automáticas, como o APC (Shumway-Cook; Woollacott, 2017).

As respostas reativas têm como principal objetivo evitar a perda de equilíbrio, por meio da ativação coordenada da musculatura corporal. Essas respostas são organizadas pelo sistema nervoso central a partir da integração das informações provenientes do sistema sensório-motor. Durante o primeiro ano de vida, o desenvolvimento no equilíbrio reativo ocorre paralelamente à aquisição do controle segmentar do tronco, nos primeiros meses de vida as respostas às perturbações apresentam um caráter mais global, com movimento pouco organizado e maior dependência dos padrões motores gerais. Com a progressão do desenvolvimento ocorre maior especificidade das respostas com movimentos mais direcionados, maior participação dos segmentos corporais e respostas musculares mais coordenadas (Hadders-Algra, 2018).

A evolução das respostas reativas não ocorre apenas em termos de eficiência, mas também na forma de como essas respostas são organizadas. Nesse contexto, destacam-se a direção-especificidade; as assimetrias funcionais; e o recrutamento muscular, componentes que refletem o amadurecimento do controle postural ao longo do desenvolvimento.

A vista que, com o desenvolvimento as respostas reativas se tornam mais organizadas e adaptadas às características de perturbação, apresentando maior especificidade direcional e maior eficiência motora (Horak; Nashner, 1986). Nesse processo, é comum a presença de assimetrias funcionais transitórias que refletem a exploração de diferentes estratégias motoras e fazem parte do desenvolvimento típico (Hadders-Algra, 2018). Paralelamente, ocorre o refinamento do recrutamento muscular com a transição de padrões mais difusos para ativações mais seletivas e coordenadas, favorecendo maior controle do tronco e recuperação do equilíbrio (Massion, 1992).

A aquisição do sentar independente é um marco importante nesse processo, ou seja, à medida que o latente desenvolve maior estabilidade de tronco, amplia a sua capacidade de ajustes compensatórios diante de perturbações externas sem comprometer a postura sentada. Inicialmente estes ajustes são limitados a musculatura cervical e torácica superior; posteriormente passam a envolver os segmentos torácico inferior, lombar e pélvico, acompanhado da organização céfalo-caudal do controle postural (Butler *et al.*, 2010; Saavedra; Donkelaar; Woollacott, 2012; Rachwani *et al.*, 2015).

Além da maturação neurológica, a experiência motora exerce papel fundamental no refinamento das respostas reativas. Estudos recentes demonstram que a exposição em diferentes tipos de perturbações promove adaptações progressivas das respostas posturais, favorecendo a aprendizagem motora e aumento da eficiência do controle de tronco durante a postura sentada (Silva *et al.*, 2024; Rachwani *et al.*, 2015).

No contexto clínico, a avaliação do equilíbrio reativo permite identificar precocemente alterações no desenvolvimento motor e no controle postural. Instrumentos como Segmentar do Controle de Tronco (do inglês *Segmental Assessment of Trunk Control*, SATCO), possibilitam analisar a capacidade do lactente de responder a perturbações em diferentes segmentos do tronco (Butler *et al.*, 2010).

Assim, o equilíbrio reativo representa um componente essencial do desenvolvimento motor infantil, resultante da interação entre maturação neural, integração sensorial, aquisição do controle segmentar do tronco e experiências motoras. Seu refinamento progressivo possibilita respostas posturais cada vez mais rápidas, coordenadas e adaptativas, constituindo um dos principais mecanismos para a manutenção da estabilidade durante a aquisição das habilidades motoras, especialmente da postura sentada.

3.4. Avaliação do controle de tronco em lactentes

Considerando a relevância da aquisição da postura sentada para o desenvolvimento de habilidades motoras mais complexas, torna-se fundamental a investigação de desvios e atipias do

desenvolvimento motor infantil, bem como a disponibilização de instrumentos capazes de avaliar, forma sistemática, objetiva e longitudinal, os componentes do controle postural de lactentes.

A avaliação do desenvolvimento motor constitui um componente fundamental da prática clínica e da pesquisa científica, permitindo identificar padrões típicos e atípicos de desenvolvimento, monitorar a aquisição das habilidades motoras e orientar intervenções precoces. Entre os diversos componentes do desenvolvimento motor, o controle de tronco tem recebido crescente atenção, em razão do seu papel central na organização postural, na manutenção do equilíbrio e na aquisição das habilidades funcionais mais complexas (Saavedra; Donkelaar; Woollacott, 2012)

Nesse contexto, destacam-se os instrumentos de avaliação clínica padronizados, com ênfase na AIMS e na SATCO, amplamente utilizados na avaliação do desenvolvimento motor e controle postural em lactentes (Butler *et al.*, 2010; Pin *et al.*, 2019; Zambello, 2019; Greco *et al.*, 2020; Tupsila *et al.*, 2020). Complementarmente, o avanço de tecnologias de mensuração de eventos cinéticos e cinemáticos do movimento humano tem ampliado as possibilidades diagnósticas nessa população. Neste estudo, destaca-se o uso de tecnologias portáteis, baseado no uso de acelerometria por smartphone, como recurso objetivo e ecologicamente válido para a avaliação do controle postural de lactentes (Rodrigues *et al.*, 2022).

3.4.1. Escala Infantil Motora de Alberta

A Escala Motora Infantil Alberta (do inglês *Albert Infant Motor Scale*, AIMS) é um instrumento clínico utilizado para a avaliação do desenvolvimento motor global de lactentes nascidos a termo e pré-termo, com idade entre o nascimento e 18 meses de idade corrigida. A escala tem como objetivo identificar o desempenho motor infantil e possíveis atrasos na aquisição dos marcos motores ao longo do desenvolvimento inicial (Piper; Darrah, 1994; Tupsila *et al.*, 2020).

A AIMS avalia a performance motora espontânea do lactente por meio da observação das posturas em prono, supino, sentado e em pé, sem manipulação direta ou estímulos dirigidos. A escala considera aspectos como controle antigravitacional, alinhamento postural, descarga de peso, estabilidade e controle dos movimentos, permitindo avaliar a aquisição dos marcos motores e do desenvolvimento funcional infantil (Piper; Darrah, 1994; Pin *et al.*, 2019; Tupsila *et al.*, 2020).

Estudos reforçam a relevância clínica da AIMS, Pin *et al.* (2019) observaram que a escala apresenta elevada confiabilidade intra e interexaminadores, boa validade, concorrente e ampla utilização em diferentes contextos clínicos e de pesquisa, sendo considerada uma ferramenta robusta para rastreamento do desenvolvimento motor infantil. Da mesma forma, Tupsila *et al.* (2020) destacaram a sua utilidade na identificação precoce de atrasos motores no acompanhamento

da evolução do desenvolvimento, especialmente quando utilizadas em conjunto com avaliações clínicas seriadas.

Além disso, estudos recentes têm associado a tecnologia, como sensores inerciais, a avaliação do desenvolvimento motor utilizando a AIMS, como instrumento de referência para validação dos dados obtidos. Esses estudos demonstram que os sensores permitem quantificar objetivamente características cinemáticas dos movimentos espontâneos, como aceleração, variabilidade, frequência, amplitude e simetria, fornecendo informações complementares às avaliações observacionais realizadas pela AIMS (Airaksinen *et al.*, 2020; Gravem *et al.*, 2022; Trujillo-Priego *et al.*, 2017).

Os autores sugerem que essas tecnologias apresentam potencial para detectar alterações sutis na qualidade do movimento e contribuir para a identificação precoce de desvios do desenvolvimento motor, especialmente quando utilizadas em conjunto com instrumentos clínicos validados (Trujillo-Priego *et al.*, 2017; Gravem *et al.*, 2022). Dessa forma, a literatura aponta que os sensores inerciais devem ser considerados ferramentas complementares, e não substitutivas, à AIMS, ampliando a objetividade e a sensibilidade da avaliação do desenvolvimento motor infantil (Pin *et al.*, 2019; Gravem *et al.*, 2022).

Apesar da sua ampla utilização e relevância para a avaliação do desempenho motor global, a AIMS não foi desenvolvida para avaliar especificamente o controle segmentar do tronco, podendo apresentar limitações na identificação de alterações posturais sutis, especialmente durante as fases iniciais da aquisição do sentar. Dessa forma, sua utilização associada a instrumentos específicos, como a Segmentar do Controle de Tronco (do inglês *Segmental Assessment of Trunk Control*, SATCO), pode ampliar a sensibilidade da avaliação do desenvolvimento motor infantil.

3.4.2. Avaliação Segmentar de Controle de Tronco (SATCo)

O SATCO, desenvolvido e validado por Saavedra; Donkelaar; Woollacott (2012), é um instrumento clínico específico para a avaliação do controle segmentar do tronco em lactentes e crianças, permitindo identificar, de forma precisa, o nível mais elevado de controle postural ativo ao longo do eixo céfalo-caudal. Diferentemente de escalas globais, o SATCo possibilita a análise detalhada do controle do tronco segmento por segmento, considerando os fatores neuromusculares envolvidos na aquisição da postura sentada (Rachwani *et al.*, 2015).

O instrumento avalia progressivamente o controle segmentar de tronco por meio da redução sistemática do nível de suporte oferecido pelo examinador, partindo de níveis mais altos de estabilização até níveis mais baixos, culminando na ausência de suporte. Essa abordagem permite verificar o desenvolvimento gradual do controle postural, em consonância com a organização segmentar do tronco descrita na literatura (Zambello, 2019; Pin *et al.*, 2019).

Os níveis de suporte do SATCo incluem, de forma progressiva, estabilização na região do ombro, axila, escápula inferior, costelas inferiores, pelve e, por fim, ausência de apoio. Em cada nível, são avaliados três tipos de controle postural: controle estático, correspondente à capacidade de manter o tronco em posição vertical neutra sem movimento; controle ativo, caracterizado pela manutenção da postura durante movimentos voluntários da cabeça, com rotação superior a 45° para ambos os lados; e controle reativo, avaliado por meio da capacidade de recuperar a posição neutra do tronco frente a perturbações externas aplicadas pelo examinador (Butler *et al.*, 2010; Sá *et al.*, 2017).

Estudos posteriores confirmaram as propriedades psicométricas e a relevância clínica do SATCo. Os autores Rachwani *et al.* (2015), verificaram que a aquisição do controle segmentar do tronco está intimamente relacionada ao desenvolvimento das habilidades motoras grossas, especialmente da postura sentada e do alcance manual, demonstrando que o controle do tronco precede e favorece a aquisição de habilidades motoras mais complexas.

Mais recentemente, a revisão sistemática de Silva *et al.* (2024) evidenciou uma forte associação entre o controle segmentar do tronco avaliado pelo SATCo e o desenvolvimento motor global durante o primeiro ano de vida, destacando que crianças com melhor controle segmentar apresentam desempenho superior nas habilidades motoras grossas.

Embora os instrumentos observacionais representem ferramentas importantes para o monitoramento do desenvolvimento motor infantil, algumas limitações devem ser consideradas ao método de avaliação. Visto que, a interpretação dos comportamentos motores pode sofrer influência das experiências do avaliador e de fatores relacionado ao estado do lactente, como fadiga, motivação, interação com o ambiente, podendo gerar variações entre os examinadores posturais (Pin *et al.*, 2019; Zambello, 2019; Tupsila *et al.*, 2020).

Além disso, escalas motoras globais apresentam sensibilidade limitada para identificar alterações posturais sutis e diferenças qualitativas na organização do movimento. Embora permitam avaliar o desempenho motor final, nem sempre possibilitam compreender os mecanismos neuromotores envolvidos nas estratégias utilizadas pelos lactentes para realizar determinadas habilidade (Saavedra; Donkelaar; Woollacott, 2012).

Dessa forma, instrumentos tecnológicos para a avaliação do controle postural se tornam mais precisos as escalas tradicionais, possibilitando uma análise mais detalhada do controle postural e da organização do movimento neuromotor infantil.

3.4.3. Tecnologia para Avaliação do Controle Postural

Instrumentos tecnológicos permitem investigar de forma mais objetiva e segura a organização e performance do movimento humano, sugerindo informações sobre a capacidade do

SNC em integrar informações sensoriais e produzir respostas motoras adaptativas. Dessa forma, técnicas instrumentais contribuem para uma compreensão mais aprofundada dos mecanismos envolvidos no desenvolvimento motor infantil e podem auxiliar na identificação precoce de alterações sutis, entre os métodos inovadores contemporâneos, destacam-se a utilização das IMUs.

A IMUs são dispositivos eletrônicos portáteis capazes de mensurar o movimento corporal por meio de sensores integrados que captam a aceleração linear e velocidade angular (Rodrigues *et al.*, 2022). A IMUs não depende de câmeras externas ou ambientes laboratoriais específicos, permitindo avaliações mais próximas das atividades naturais dos indivíduos, com possibilidade de uso no ambiente domiciliar monitorando atividades cotidianas (Jung *et al.*, 2020).

As IMUs funcionam por meio de combinações de diferentes sensores que registram alterações no movimento corporal, esses dados são processados por algoritmos capazes de estimar posição, orientação e aceleração dos segmentos avaliados (Figura 3). O princípio fundamental desse dispositivo se baseia em detectar e quantificar alterações na aceleração e rotação corporal. No controle postural, as IMUs podem ser posicionadas em diferentes segmentos corporais, como cabeça, tronco ou pelve, permitindo avaliar estratégias utilizadas para manter a estabilidade e responder às perturbações. Seu componente principal é o acelerômetro, responsável por medir a aceleração linear do movimento nos diferentes eixos espaciais (ântero posterior, médio-lateral e vertical), é amplamente utilizado para avaliar deslocamentos corporais e oscilações posturais (Rihar *et al.*, 2019; Haberfehlner *et al.*, 2020; Blok *et al.*, 2022).

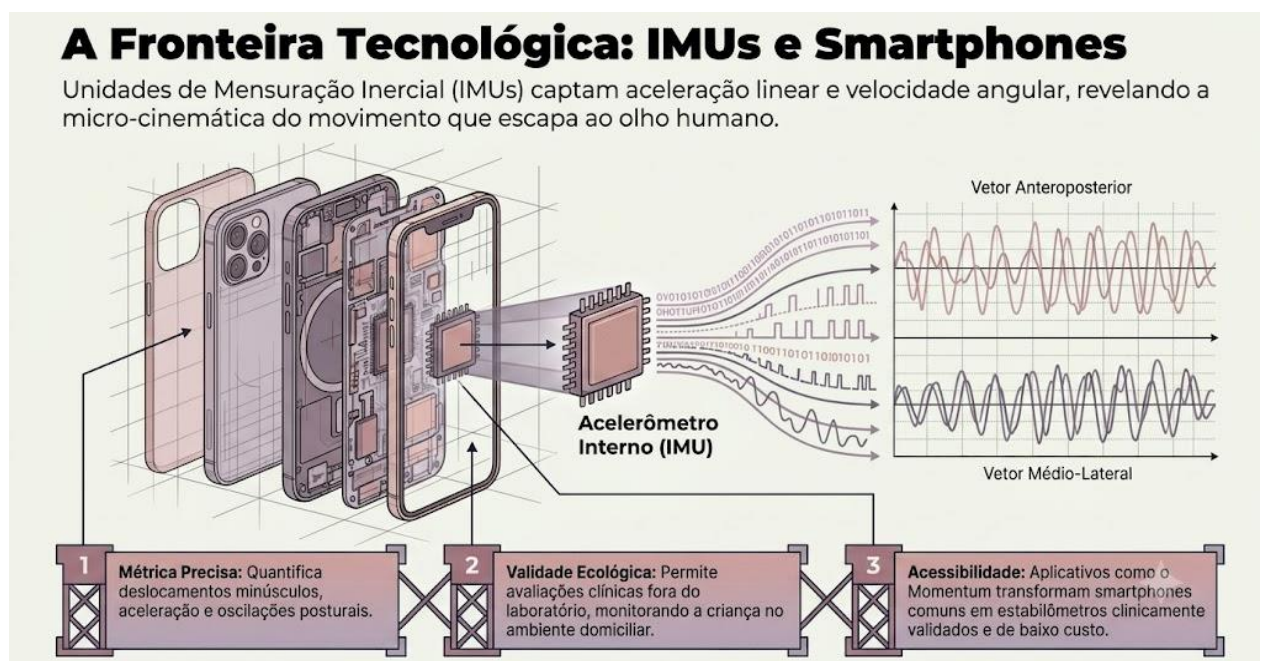


Figura 3. Demonstração de captação da IMUs

Fonte: Gemini IA, 2026.

Estudos demonstram que sensores presentes em smartphone apresentam correlação adequada com sistemas laboratoriais tradicionais para determinadas medidas de movimento e equilíbrio, indicando potencial para utilização em avaliações motoras quantitativas (Mancini et al., 2011). A confiabilidade da medida obtida depende de fatores como posicionamento do dispositivo, frequência de aquisição dos dados, algoritmos utilizados e padronização do protocolo experimental. Rodrigues *et al.* (2022) validaram o aplicativo *Momentum*®, desenvolvido para smartphones Android, utilizando o acelerômetro interno do dispositivo como sensor inercial para avaliação do equilíbrio estático. Comparando os dados obtidos pelo aplicativo com uma plataforma de força e um sensor inercial vestível comercial, os autores observaram boa validade concorrente entre os métodos, demonstrando que o *Momentum*® é capaz de quantificar objetivamente parâmetros estabilométricos relacionados ao controle postural.

Estudos mostram boa reprodutibilidade para variáveis relacionadas à aceleração corporal e controle postural. Além disso, ressaltaram que sua portabilidade, baixo custo e facilidade de utilização favorecem sua aplicação em ambientes clínicos e fora do laboratório (Giggins; Sweeney; Caulfield, 2014; Rodrigues *et al.*, 2022).

A utilização do smartphone apresenta como principal vantagem a possibilidade de realizar avaliações quantitativas utilizando equipamentos disponíveis comercialmente e de baixo custo. Essa característica amplia o acesso a avaliação instrumental, favorecendo a sua aplicação em ambientes clínicos, pesquisas epidemiológicas e acompanhamento longitudinal do desenvolvimento infantil, além de contribuir para uma avaliação objetiva complementando as escalas clínicas (Rihar *et al.*, 2019).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo se caracteriza como observacional analítico de delineamento transversal, conduzido em conformidade com as normas estabelecidas pela Resolução Nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Os lactentes foram selecionados na Unidade de Referência Materno-infantil - Maternar da Universidade do Estado do Pará. A coleta foi realizada na Universidade Federal do Pará, no Laboratório de Estudos da Motricidade Humana – LEMOH e na Clínica de Fisioterapia do Centro Universitário do Pará, no período de setembro de 2024 a junho de 2026.

O tamanho amostral foi de quarenta e dois lactentes. Sendo, 1 nascido pré-termo e 41 nascidos a termo. O lactente nascido pré-termo foi excluído devido ao risco de apresentar atraso no DNPM. Durante as avaliações instrumentais 10 lactentes apresentaram choro persistente e irritabilidade extrema e foram excluídos por inviabilizar a limpeza do sinal acelerométrico e por risco de *viés* e 3 foram excluídos por apresentarem risco suspeito (igual a 25%) na AIMS.

Dessa forma, 28 lactentes foram selecionados para compor a amostra final, na faixa etária de 4 e 9 meses de idade. A amostra foi dividida em dois grupos: a) Grupo 1 (G1) – lactentes com faixa etária de 4–6 meses de idade (n = 14); 2) Grupo 2 (G2) – lactentes com faixa etária entre 7–9 meses de idade (n = 14). A Figura 4 apresenta o fluxograma que ilustra o recrutamento, a seleção e o protocolo de pesquisa.

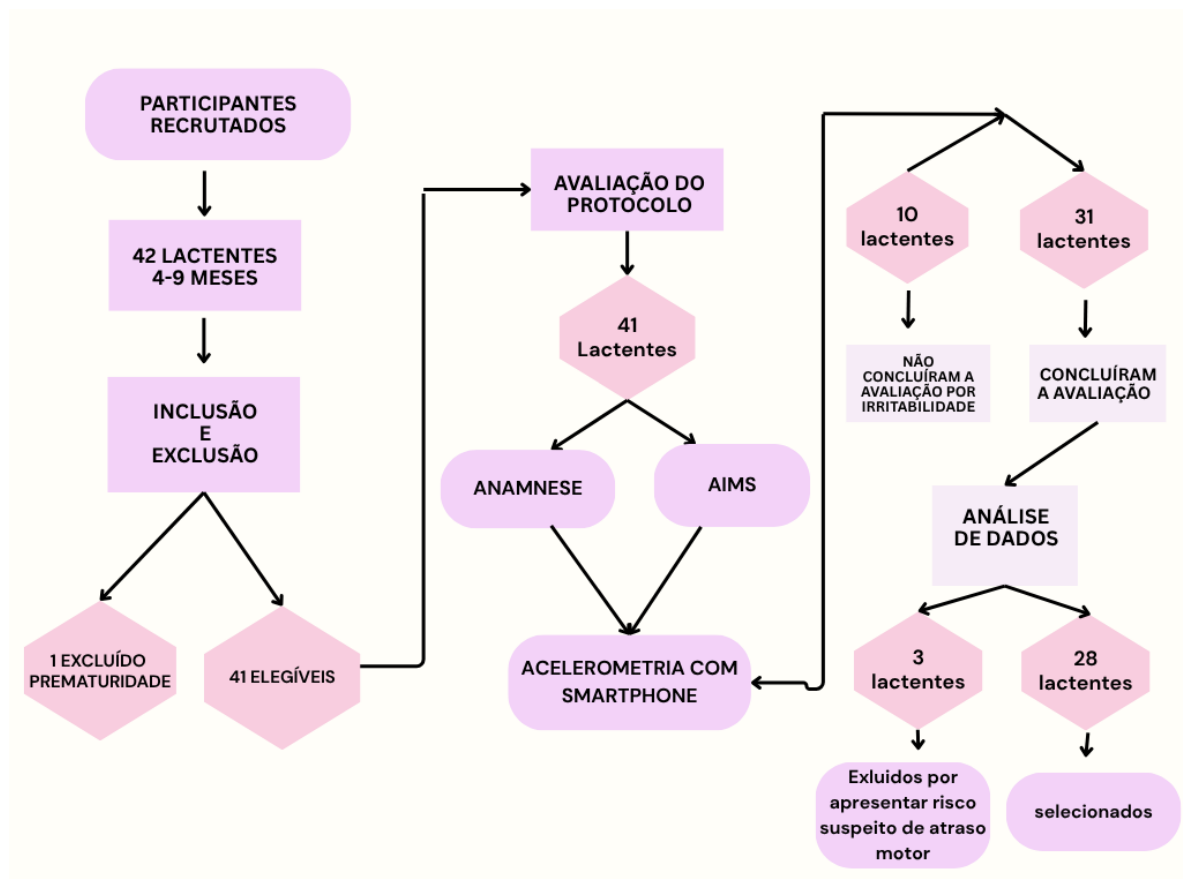


Figura 4. Fluxograma do recrutamento dos lactentes e o protocolo de pesquisa.

4.1 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Foram incluídos lactentes com idade entre 4 e 9 meses de idade, de ambos os sexos, nascidos a termo, com desenvolvimento motor típico, ausência de intercorrências neonatais significativas e sem diagnóstico de condições neurológicas, musculoesqueléticas ou sensoriais que pudessem interferir no controle postural e no desempenho motor.

Os critérios de exclusão foram: diagnóstico médico prévio de alterações neurológicas, neuromusculares, ortopédicas ou síndromes genéticas; histórico de intercorrências neonatais graves, como anóxia neonatal, hemorragia intracraniana, convulsões neonatais ou internação prolongada em unidade de terapia intensiva neonatal; alterações sensoriais significativas (visuais ou auditivas) não corrigidas; uso de dispositivos ortopédicos (órteses, coletes ou similares) no momento da avaliação; condições clínicas agudas no período da coleta que impeçam ou interfiram na realização das avaliações motoras; lactentes que não tolerarem ou não colaborarem com os procedimentos de avaliação propostos e documentos que apresentaram falha metodológica interferindo na análise.

4.2 PROCEDIMENTOS

Durante a pesquisa de campo, foi realizado o recrutamento dos lactentes na instituição referida acima. Em seguida, foi conduzida a triagem dos lactentes, considerando os critérios de inclusão e exclusão. Após a triagem, os pais dos lactentes foram informados sobre os objetivos da pesquisa. Posteriormente, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A) e o Termo de Autorização para Filmagem (APÊNDICE B), consentindo com a participação de seus filhos.

Os procedimentos descritos neste estudo foram realizados no âmbito do projeto matriz nº3.620.751 (ANEXO I), cujo TCLE e o Termo de Autorização para Filmagem foram devidamente obtidos dos responsáveis legais.

4.3.1 Instrumentos de Avaliação

Para a caracterização da amostra, foram coletados dados demográficos e censitários (APÊNDICE C) dos lactentes e de seus responsáveis, incluindo idade cronológica, sexo, idade gestacional ao nascimento, tipo de parto, peso e comprimento ao nascer, índices de *Apgar*, histórico neonatal e condições de saúde, com o objetivo de descrever o perfil da amostra e controlar possíveis fatores de confusão associados ao desenvolvimento motor infantil.

A avaliação do desenvolvimento motor foi feita com a AIMS (ANEXO II) destinada à avaliação do desempenho motor global, e a adaptação da SATCO, para análise do controle segmentar do tronco, neste estudo considerando apenas o nível de suporte axilar e pélvico.

A avaliação instrumental foi realizada por meio do uso de um dispositivo de telefonia móvel, destinado ao registro de variáveis acelerométricas relacionadas ao controle postural.

a) Escala Infantil Motora de Alberta

A AIMS é um instrumento que observa a motricidade ampla de crianças de 0 a 18 meses a termo e pré-termo, e por isso avalia a sequência do desenvolvimento motor grosso e o controle da musculatura antigravitacional nas posturas prono, supino, sentado e de pé. A soma total dos critérios é de 58 pontos, sendo que a pontuação final é convertida em percentil. Os percentis são agrupados em categorias de desenvolvimento motor: abaixo de 5%, considera-se que a criança tem desempenho motor anormal; entre 5% e 25%, desempenho motor suspeito; e acima de 25%, desempenho motor normal (Valentini; Saccani, 2012).

A aplicação da AIMS foi realizada por meio de observação direta, com tempo máximo de até três minutos por postura, sendo registradas as habilidades motoras grossas espontaneamente apresentadas pelo lactente durante esse período. Essa metodologia permite uma avaliação prática, rápida e de baixo custo, amplamente validada tanto no contexto clínico quanto em pesquisas científicas (Tupsila *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2024).

Apesar de sua ampla utilização e relevância para a avaliação do desempenho motor global, a AIMS não avalia de forma específica o controle segmentar do tronco, o que pode limitar a identificação de déficits posturais sutis. Dessa forma, sua utilização associada a instrumentos específicos, como a Segmentar do Controle de Tronco (do inglês *Segmental Assessment of Trunk Control*, SATCO), e medidas objetivas obtidas por sensores inerciais, pode ampliar a sensibilidade da avaliação do desenvolvimento motor infantil.

b) Avaliação Segmentar do Controle de Tronco (SATCo)

No presente estudo, a SATCo foi aplicada de forma parcial, com foco específico na avaliação do controle segmentar do tronco na região axilar e pélvica. A escolha desses segmentos fundamenta-se em evidências que apontam sua relação direta com a aquisição da postura sentada independente, com a estabilidade postural proximal e distal e com o desempenho motor global em lactentes com desenvolvimento típico (Pin *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2024).

A avaliação foi realizada exclusivamente na condição reativa, por ser considerada mais sensível para a identificação de ajustes posturais e respostas neuromusculares frente a demandas funcionais e perturbações externas. Para a avaliação do equilíbrio reativo, o lactente ficou posicionado na postura sentada no banco, com os pés apoiados em uma base e fixado ao sistema de cinta para evitar o risco de queda (Figura 5 e 6), buscou-se garantir condições ambientais favoráveis ao conforto e bem-estar dos lactentes.

As coletas foram realizadas em ambiente com sala refrigerada, em boa temperatura e com iluminação reduzida. Além disso, a mãe/e ou responsável permaneceu próxima ao bebê durante todo o procedimento, proporcionando segurança e familiaridade. Nos casos em que o lactente apresentava sinais de desconforto, choro ou irritabilidade, a avaliação era temporariamente interrompida para que a mãe pudesse acalmá-lo, sendo retomada somente após o restabelecimento de seu estado emocional.

Dois avaliadores permaneceram posicionados lateralmente ao lactente aplicando perturbações externas padronizadas, por meio de leves empurrões horizontais realizados com a ponta dos dedos indicador e médio na região do acrômio do lactente, sendo executadas três repetições para cada lado, iniciando a perturbação do lactente da esquerda para a direita e outras 3 perturbações da direita para esquerda, o intervalo de tempo de cada perturbação era o retorno do lactente ao eixo. O terceiro avaliador, posicionado posteriormente, forneceu o suporte manual no segmento do tronco correspondente ao nível avaliado (primeiramente axilar e posteriormente pélvico), observando a capacidade do lactente de recuperar o centro de massa, com realinhamento do tronco após a perturbação. As condições avaliadas foram realizadas em 1 minuto para cada nível segmentar.

Essa estratégia metodológica permitiu analisar de forma específica a resposta postural reativa nos segmentos do tronco mais relevantes para a função sentada, garantindo maior sensibilidade na identificação do controle postural segmentar. Tal abordagem está alinhada com evidências científicas que destacam a importância do controle dos segmentos axilar e pélvico para a progressão dos marcos motores e para a estabilidade necessária à execução de habilidades motoras mais complexas ao longo do desenvolvimento motor infantil (Pin *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2024).

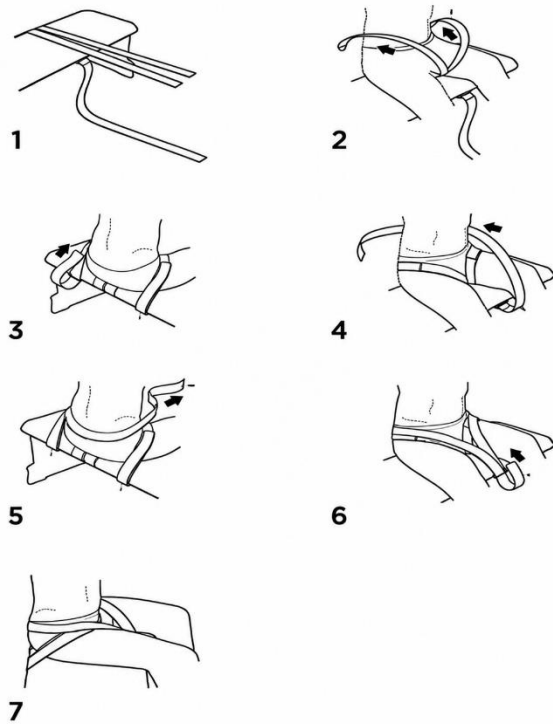


Figura 5. Sistema de cintas

Fonte: Sá *et al*, 2017.



Figura 6. Posicionamento do lactente para o procedimento.

Fonte: Manus IA, 2026.

c) Avaliação com Unidades de Medidas Inerciais

A avaliação instrumental do controle postural foi realizada por meio do uso de IMUs, integradas ao protocolo de aplicação do SATCO. Durante esse procedimento, os lactentes foram posicionados em postura sentada, conforme padronização do SATCo, permitindo a análise do controle do tronco em condições reativas.

Para a coleta dos dados instrumentais, o lactente utilizou um colete confeccionado em tecido neoprene na cor preta, especialmente adaptado para o estudo, contendo bolso de plástico transparente posicionado na região torácica, na linha média. No bolso localizado anteriormente ao tórax foi acoplado um dispositivo de telefonia móvel, destinado à captação dos sinais acelerométricos (Figura 7).

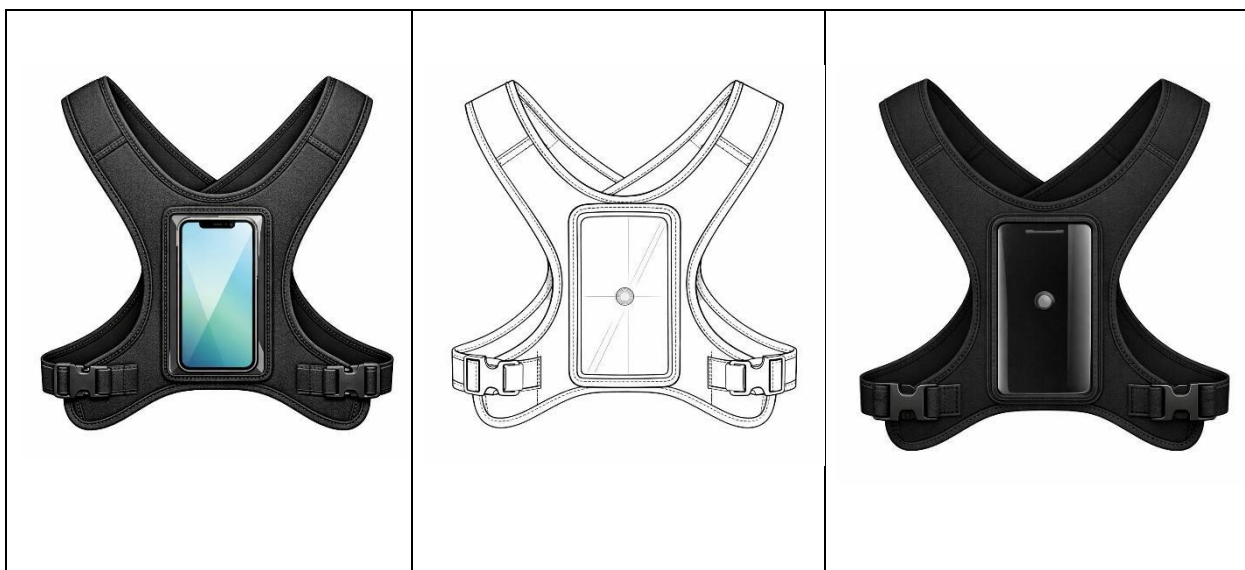


Figura 7. Colete em neoprene com bolso em material transparente para o dispositivo smartphone.

Fonte: Manus IA, 2026.

Durante a aplicação da SATCo, o sensor inercial (smartphone) permaneceu acoplado ao tronco do lactente, permitindo o registro contínuo das variáveis acelerométricas associadas ao controle postural e ao alinhamento do tronco nos diferentes níveis segmentares avaliados. Essa abordagem possibilitou a coleta simultânea de dados clínicos e instrumentais, garantindo a correspondência temporal entre as respostas posturais observadas clinicamente e os parâmetros objetivos obtidos por meio das IMUs.

A utilização integrada das unidades de medida inerciais ao protocolo do SATCo permitiu a quantificação objetiva das oscilações do tronco, o tempo de resposta reativa e da simetria de tronco, contribuindo para uma análise mais sensível e detalhada do controle segmentar do tronco em lactentes com desenvolvimento típico.

Para a avaliação do equilíbrio foi utilizado um smartphone Samsung Galaxy A10 (149,9 mm × 70,4 mm × 7,8 mm; 157 g; Samsung, Seul, Coreia do Sul). Adicionalmente, o smartphone continha o aplicativo personalizado *Momentum*®, desenvolvido no Android Studio, para o registro dos sinais inerciais provenientes do acelerômetro triaxial. O aplicativo foi validado para diferentes protocolos de avaliação do movimento e está disponível para testes internos na Play Store, mediante solicitação aos autores da presente investigação (Rodrigues *et al.*, 2022).

Após a realização dos procedimentos de coleta, os pais ou responsáveis legais da criança receberam um relatório detalhado contendo os resultados da avaliação, bem como uma cartilha de orientações com sugestões de estímulos para o desenvolvimento neuropsicomotor, curiosidades relacionadas ao desenvolvimento infantil e sinais de alerta (APÊNDICE D). Foram também fornecidas orientações quanto à importância do acompanhamento contínuo com profissionais da saúde. Quando identificado risco de atraso no desenvolvimento, com base nos percentis obtidos na escala de avaliação, o lactente foi encaminhado para a Unidade de Referência Materno-Infantil – Maternar.

A duração total da avaliação foi de aproximadamente 45 minutos, se estendendo até 60 minutos, dependendo do nível de irritabilidade do lactente ou da necessidade de ajustes na conexão dos sensores inerciais com o smartphone, os quais demandaram uma nova coleta de dados.

4.4 ANÁLISE DE DADOS

Para análise de dados os lactentes os grupos G1 e G2 foram comparados. Os dados sociodemográficos e clínicos foram analisados por meio de estatística descritiva (Tabela 1). As variáveis contínuas — idade cronológica e idade gestacional — foram expressas em média e desvio padrão (DP). As variáveis categóricas — sexo, tipo de parto, realização de pré-natal, raça/cor, aleitamento materno e intercorrências pré, peri ou pós-natais — foram expressas em frequência absoluta (n) e relativa (%).

Os dados obtidos pela AIMS foram analisados por meio de estatística descritiva. Os escores por posição — prono, supino, sentado e em pé —, o escore total e o percentil foram expressos em média e desvio padrão (DP), separadamente para cada grupo etário. A classificação do desempenho motor — típico/esperado ($\geq 25^{\circ}$ percentil), desempenho suspeito (entre 5% e 25%) e desenvolvimento atípico ($\leq 5\%$) — foi expressa em frequência absoluta (n) e relativa (%).

Para a análise acelerométrica, o aplicativo exportou os dados acelerométricos em arquivos de texto que posteriormente foram analisados em rotinas computacionais programas em Microsoft Excel®. A série temporal acelerométrica do eixo X e o vetor temporal foram usados na análise. Como foram aplicadas 3 perturbações posturais deslocando o lactente da esquerda para a direita e vice-versa, foi feita inspeção visual na série temporal (por dois avaliadores) a fim de encontrar componentes transitórios referentes aos deslocamentos gerados durante a perturbação postural gerado sobre os lactentes. Foram encontrados componentes transitórios com polaridade positiva (referentes aos deslocamentos para a direita) e negativos (referentes aos deslocamentos para a esquerda).

Com o intuito de quantificar a duração dos movimentos, foi calculada a diferença entre o início do componente e o pico do mesmo componente como indicador da duração do movimento passivo do participante e a diferença do fim do componente e o pico do componente como indicador da duração do movimento reativo do participante. Esse procedimento foi feito para as condições de perturbação axilar e pélvica (Figura 8).

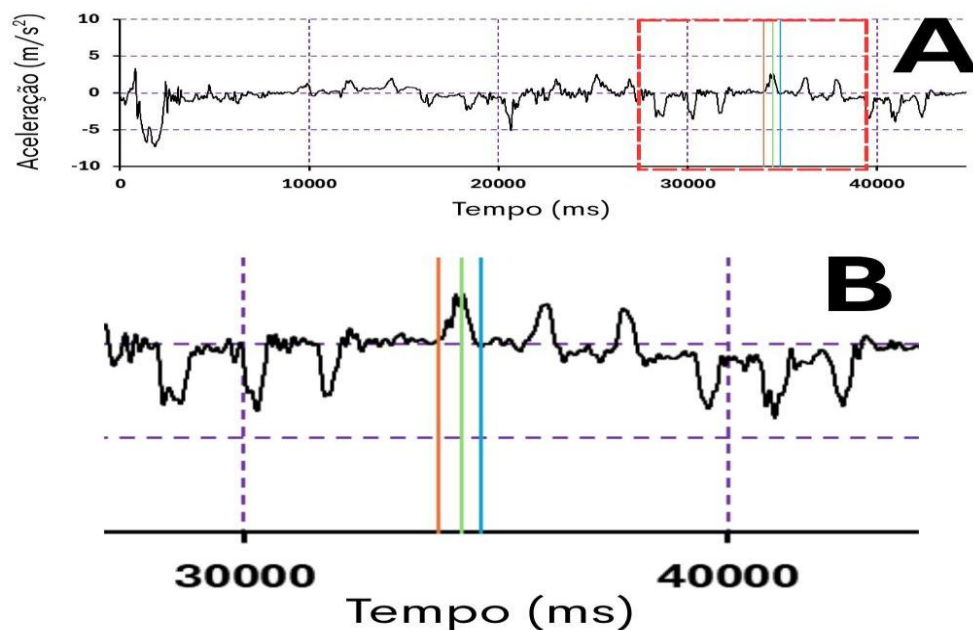


Figura 8. (A) Representa o registro acelerométrico obtido durante a tarefa de controle postural com perturbação axilar. A área com quadrado vermelho tracejada mostra as oscilações para cima e para baixo referentes aos deslocamentos ocasionados pelos estímulos e reações posturais realizadas pelas crianças. (B) Representação do método de cálculo da duração do movimento passivo resultante da perturbação (duração entre a linha vermelha e verde) e a duração do movimento reativo da criança (duração entre a linha verde e a linha azul).
Fonte: das autoras, 2026.

Posteriormente, foram realizadas as análises estatísticas, pelo software Jamovi. A primeira consistiu na análise das diferenças entre movimentos passivos e ativos e segmento axilar e pélvico em diferentes faixas etárias, utilizando o teste t pareado, para comparar duas medidas em momentos ou condições diferentes, verificando se há diferença estatisticamente significativa entre elas, considerando-se intervalo de confiança de 95% (IC 95%). A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk.

Para as comparações da duração do movimento reativo em ambas as cinturas, foi utilizada uma ANOVA one-way com post-hoc de comparações múltiplas entre os quatro segmentos corporais (pelve esquerdo, pelve direito, axilar esquerdo e axilar direito), aplicada separadamente para cada grupo etário. Além disso, foi aplicada a correção de Bonferroni, com o objetivo de controlar a taxa de erro tipo I (falso-positivo) decorrente da realização de múltiplas comparações simultâneas, ajustando o nível de significância adotado ($p \leq 0,05$) de acordo com o número de comparações realizadas.

Para as comparações da interação entre diferentes faixas etárias com relação ao segmento, lateralidade e o tipo de movimento, foi aplicada a Análise de Variância Mista de Medidas Repetidas (Mixed ANOVA), modelo fatorial $2 \times 2 \times 2 \times 2$. O nível de significância adotado foi $\alpha = 0,05$. O tamanho de efeito foi estimado pelo eta quadrado parcial (η^2p).

Além disso, foram utilizadas as ferramentas de Inteligência Artificial Claude (Anthropic)®, como apoio na revisão gramatical, clarificação da interpretação de dados, revisão de referências bibliográficas de acordo com as normas da ABNT e as Inteligência Artificial Manus® e Gemini®.

para a criação de imagens. Sendo todas as sugestões analisadas criticamente pela autora (ANEXO III).

5. RESULTADOS

Foram avaliados 42 lactentes. Após aplicados os critérios de exclusão e análise de qualidade dos dados acelerométricos, a amostra final foi composta por 28 lactentes, distribuídos em dois grupos: G1, constituído por 14 lactentes com faixa etária entre 4-6 meses de idade, e G2, composto por 14 lactente com faixa etária entre 7-9 meses de idade.

A idade média dos lactentes do G1 foi de $4,9 \pm 0,8$ meses e para o G2 de $8,1 \pm 0,8$ meses. A idade gestacional (em semanas) foi para G1 de $38,0 \pm 1,1$ semanas e para G2 de $38,4 \pm 1,3$ semanas no Grupo 2. Os dados demográficos da amostra estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Dados sociodemográficos de bebês nos Grupos 1 e 2.

Variáveis	Grupo 1: 4-6 meses (n=14)	Grupo 2: 7 - 8 meses (n 14)	Total (%)
Idade (meses)	$4,9 \pm 0,8$	$8,1 \pm 0,8$	
Idade Gestacional (semanas)	$38,4 \pm 1,1$	$38,4 \pm 1,3$	
Sexo			
Masculino	6 (42,9%)	5 (35,7%)	11 (39,3%)
Feminino	8 (57,1%)	9 (64,3%)	17 (60,7%)
Tipo de parto			
Cesariana	8 (57,1%)	9 (64,3%)	17 (60,7%)
Normal	6 (42,9%)	5 (35,7%)	11 (39,3%)
Pré-natal			
Sim	14 (100%)	14 (100%)	28 (100%)
Não	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Raça			
Branco	6 (42,9%)	3 (21,4%)	9 (32,1%)
Pardo	8 (57,1%)	11 (78,6%)	19 (67,9%)
Negro	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Amamentação			
Exclusiva	7 (50,0%)	5 (35,7%)	12 (42,9%)
Fórmula	7 (50,0%)	9 (64,3%)	16 (57,1%)
Complicações no Pré, Peri e Pós-Natal			
Sim	8 (57,1%)	9 (64,3%)	17 (60,7%)
Não	6 (42,9%)	5 (35,7%)	11 (39,3%)

Fonte: dados da pesquisa (2026).

O desenvolvimento motor foi avaliado por meio da AIMS. Todos os lactentes da amostra final apresentaram desenvolvimento motor típico. Três lactentes apresentaram risco para o ADNPM e foram excluídos do estudo. A Tabela 2 apresenta os dados da avaliação expressos por escores médios de acordo com posição avaliada, o score total e o percentil correspondente.

Os escores médios do Grupo 2 foram superiores ao do Grupo 1 em todas as categorias avaliadas, achado esperado e compatível com a progressão maturacional do controle motor ao longo dos primeiros meses de vida. Quanto à classificação do desempenho, lactentes de ambos os grupos foram categorizados com desempenho motor típico/esperado (100%). Dessa forma, a amostra foi constituída predominantemente de lactentes com desenvolvimento motor típico, o que reduz o risco de variáveis de confundimento relacionadas ao desenvolvimento motor.

Tabela 2. Dados da Avaliação com a Escala Motora Infantil de Alberta, nos Grupos 1 e 2.

Variáveis	Grupo 1: 4-6 meses (n=14)		Grupo 2: 7-9 meses (n=14)	
Idade (meses)	4,79 ± 0,89		8,14 ± 0,66	
Posições				
Prono	9,36 ± 3,75		18,14 ± 3,72	
Supino	7,50 ± 1,09		8,93 ± 0,27	
Sentado	6,29 ± 2,95		11,29 ± 0,83	
Em pé	2,43 ± 1,50		6,43 ± 3,03	
Total score	24,21 ± 4,35		44,79 ± 6,51	
Percentil	76,07 ± 15,71		77,14 ± 16,14	
Desempenho esperado	n	%	N	%
Desempenho Típico (≥25%)	14	100%	14	100%
Desempenho suspeito (25% a 5%)	0	0	0	0
Desenvolvimento atípico (≤5%)	0	0	0	0

Fonte: dados da pesquisa (2026).

A Tabela 3 apresenta os resultados das análises acelerométricas obtidas por smartphone. Foram analisados os tempos de respostas reativas do lactente na postura sentada, considerando: o tipo movimento, passivo (estímulos externos padronizados aplicados pelo avaliador) e reativo (reposta automática do lactente frente ao estímulo); a lateralidade do deslocamento - para a direita

ou para a esquerda; o nível de suporte oferecido durante a avaliação, axilar ou pélvico. Os tempos de respostas para o equilíbrio reativo foram comparados intragrupos.

No G1 (4-6 meses), a análise dos dados acelerométricos revelou ausência de diferença estatisticamente significativa entre o tempo passivo e reativo para a condição de suporte axilar, para o deslocamento à esquerda. Para o deslocamento à direita, observou-se tendência à significância estatística no tempo reativo com suporte axilar ($p = 0,054$), sem, contudo, atingir o limiar estabelecido. Na condição de suporte pélvico, verificou-se diferença estatisticamente significativa entre o tempo passivo e reativo, para ambos os lados, direito ($p = 0,002$) e esquerdo ($p = 0,041$) – indicando que a redução do suporte próxima é determinante para o aparecimento das respostas reativas automáticas nessa faixa de idade.

Para o G2 (7-9 meses) observou-se padrão de resposta distinto do grupo anterior. Na condição de suporte axilar, verificou-se diferenças estatisticamente significativas entre o tempo passivo e tempo reativo, para o deslocamento à esquerda ($p = 0,021$), contudo não foi observada diferença estatística quando o deslocamento ocorreu a direita ($p = 0,809$). Para a condição de suporte pélvico, não ocorreu diferença estatisticamente significativa ($p = 0,409$) para o deslocamento para o lado esquerdo. Contudo, para o deslocamento à direita, ocorreu diferença altamente significativa entre os tempos passivo e reativo ($p = 0,004$), resultado similar ao observado em G1.

Em uma análise conjunta, observou-se que os achados do G2 apresentaram padrão de respostas qualitativamente distintas de G1. Com diferenças significativas apresentadas nas diferentes condições de suporte -axilar e pélvico – possivelmente, refletindo maior organização maturacional no G2.

Tabela 3. Comparação do tempo de resposta para movimentos passivos e reativos, para os segmentos axilar e pélvico, diferentes faixas etárias e lateralidade.

	Tempo passivo	Tempo reativo	p-valor
4-6 meses	Média ± DV	Média ± DV	
Axilar esquerdo	0.428 ± 0.331	0.405 ± 0.354	0.482
Axilar direito	0.557 ± 0.271	0.432 ± 0.144	0.054*
Pélvico esquerdo	0.406 ± 0.158	0.359 ± 0.145	0.041*
Pélvico direito	0.826 ± 0.304	0.556 ± 0.126	0.002*
7-9 meses			
Axilar esquerdo	0.325 ± 0.170	0.294 ± 0.154	0.021*
Axilar direito	0.502 ± 0.207	0.526 ± 0.470	0.809
Pélvico esquerdo	0.557 ± 0.147	0.522 ± 0.117	0.409
Pélvico direito	0.697 ± 0.203	0.520 ± 0.137	0.004*

*p-valor significativo

Teste estatístico: teste T pareado

Nível de significância adotado: $p < 0,05$.

A Tabela 4 apresenta a comparação múltipla da duração do movimento reativo nas condições de suporte pélvico e axilar, considerando a lateralidade do deslocamento - direito e esquerdo -, em G1 e G2.

No G1, as médias de duração do movimento reativo variaram entre $0,41 \pm 0,20$ s (axila esquerda) e $0,56 \pm 0,13$ s (pelve direita). A análise global não houve diferença significativa entre as condições avaliadas ($F[3,52] = 2,54$; $p = 0,067$; $\eta^2 = 0,13$), embora o valor esteja próximo do limiar de significância adotado (0,067). A comparação par a par não identificou nenhuma diferença significativa na duração do movimento reativo para nenhuma das condições combinadas. Esse achado é consistente com o alto padrão de variabilidade motora encontrado nessa faixa etária, no qual o controle postural se encontra em processo de maturação.

No G2, observou-se que a duração do movimento reativo para o segmento axilar esquerdo ($0,29 \pm 0,15$ s) tende a ser menor do que nas condições pélvicas, sugerindo respostas reativas mais rápidas quando comparadas ao G1. A ANOVA não atingiu significância estatística global ($F[3,52] = 2,64$; $p = 0,059$; $\eta^2 = 0,13$), com o valor de p novamente próximo ao limiar. Contudo, durante a análise *post hoc* apontou diferenças estatisticamente significativas entre pelve esquerda e axila esquerda ($p = 0,001$); pelve direita e axila esquerda ($p = 0,001$), demonstrando que a duração do movimento reativo foi significativamente menor no segmento axilar esquerdo em comparação com a pelve, em ambos os lados.

A diferença estatística detectada no *pos hoc* do G2, com menor duração do movimento reativo no suporte axilar esquerdo em comparação às condições pélvicas ($p=0,001$), identificam que os lactentes de 7-9 meses de idade apresentam respostas reativas mais rápidas quando o suporte é axilar, possivelmente representado o maior refinamento do controle de tronco adquirido nesta faixa etária.

Tabela 4. Comparação da duração do movimento reativo em ambas as cinturas

G1		p-valor			
	Média ($\pm$ SD)	Pelve esquerda	Pelve direita	Axila esquerda	Axila direita
Pelve esquerda	0.50 ± 0.15	1	0.372	1.000	1.000
Pelve direita	0.56 ± 0.13	-	1	0.157	0.137
Axila esquerda	0.41 ± 0.20	-	-	1	1.000
Axila direita	0.43 ± 0.14	-	-	-	1
ANOVA: $F[3,52] = 2.54$, $p = 0.067$, $\eta^2 = 0.13$					
G2					
Pelve esquerda	0.52 ± 0.12	1	1.000	0.001*	1.000

Pelve direita	0.52 ± 0.14	-	1	0.001*	1.000
Axila esquerda	0.29 ± 0.15	-	-	1	0.232
Axila direita	0.40 ± 0.19	-	-	-	1
ANOVA: F[3,52] = 2.64, p = 0.059, $\eta^2 = 0.13$					
*p-valor significativo					

A Tabela 5 apresenta os resultados das comparações da interação com relação ao segmento corporal, à lateralidade e ao tipo de movimento. O fator entre-sujeitos foi o *Grupo Etário*, com dois níveis: lactentes de 4–6 meses ($n = 14$) e lactentes de 7–9 meses ($n = 14$), totalizando $N = 28$ participantes. Os fatores intra-sujeitos foram: (1) *Tipo de Movimento* — Passivo vs. Reativo; (2) *segmento corporal* — Axilar vs. Pélvico; e (3) *Lateralidade* — Esquerda vs. Direita. A variável dependente foi o tempo de movimento.

Os efeitos intra-sujeitos foram testados por meio do teste t de uma amostra contra zero, enquanto o efeito entre-sujeitos e as interações mistas foram avaliados pelo teste t independente. O nível de significância adotado foi $p \leq 0,05$. O tamanho do efeito foi estimado η^2p .

No efeito principal foi possível observar que o fator *Grupo* não apresentou diferença significativa. Quanto ao efeito para o *Movimento* ($F = 7,640$; $p = 0,006$; $\eta^2p = 0,035$) observou-se diferença estatística significativa alta, o efeito é pequeno, mas estaticamente robusto ($\eta^2p = 0,035$), inferindo que o tipo de movimento influencia na sua duração de forma consistente.

O efeito *Segmento* é o mais expressivo das variáveis investigadas, houve diferença altamente significativa entre o segmento axilar e pélvico, com o tamanho do efeito variando de moderado a grande ($\eta^2p = 0,115$). Dessa forma, pode-se inferir que o tipo de suporte – axilar ou pélvico – é o fator que mais influencia no tempo de movimento reativo, independente da faixa etária, do movimento ou tipo de movimento.

Por fim, quanto ao efeito *Lateralidade*, foi identificada diferença estatisticamente significante entre os deslocamentos para esquerda e direita, com tamanho de efeito moderado ($\eta^2p = 0,099$), indicando haver assimetria corporal consistente no tipo de movimento reativo de toda a amostra.

Entre as interações de 2ª ordem, observou-se diferença significativa na interação entre *Movimento x Lateralidade* ($M \times L$) ($F = 4,085$; $p = 0,045$; $\eta^2p = 0,019$), o que sugere que o efeito do tipo de movimento varia de acordo com a lateralidade, ou seja, os movimentos apresentaram comportamentos diferentes entre os lados avaliados.

Nas interações de 3ª ordem, apenas *Grupo × Segmento × Lateralidade* ($G \times S \times L$) foi significativa ($F = 4,956$; $p = 0,027$; $\eta^2p = 0,023$), sugerindo que a diferença entre segmentos corporais e lateralidade varia conforme o grupo etário.

De forma geral, os resultados demonstraram que o desempenho foi influenciado pelo movimento, segmento corporal e lateralidade, atuando tanto de forma independente quanto em interação com grupo etário. Os tamanhos de efeito observados foram predominantemente pequenos a moderados, sendo mais expressivos para os fatores segmento corporal ($\eta^2p = 0,115$) e lateralidade ($\eta^2p = 0,099$).

Tabela 5. Comparações de interação entre diferentes faixas etárias; segmento; Lateralidade e tipo de movimento.

	F	p-valor	η^2p
Principais efeitos			
Grupo (G)	1.184	0.278	0.006
Movimento (M)	7.640	0.006*	0.035
Segmento(s)	27.082	< .001*	0.115*
Lateralidade (L)	22.872	< .001*	0.099
Interação de 2ª ordem			
G × M	0.732	0.393	0.004
G × S	0.203	0.652	0.001
G × L	0.000	0.987	0.000
M × S	1.983	0.161	0.009
M × L	4.085*	0.045*	0.019*
S × L	0.021	0.886	0.000
Interação de 3ª ordem			
G × M × S	0.143	0.706	0.001
G × M × L	1.560	0.213	0.007
G × S × L	4.956*	0.027*	0.023*
M × S × L	2.565	0.111	0.012
Interação de 4ª ordem			
G × M × S × L	0.012	0.911	0.000

Nota. G = Grupo etário (4–6 vs 7–9 meses, fator entre-sujeitos); M = Tipo de movimento (Passivo/Reativo); S = Segmento (Axilar/Pélvico); L = Lateralidade (Esquerda/Direita) η^2p = eta quadrado parcial. *p-valor significativo

De modo geral, a Figura 9 sintetiza os padrões de controle postural identificados a partir dos dados acelerométricos nos diferentes períodos avaliados. Observou-se, entre 4 e 6 meses, predominância de estratégias de controle mais automáticas, com maior dependência da base pélvica e menor adaptação da variabilidade postural. Entre 7 e 9 meses, verificou-se uma organização mais diferenciada e seletiva do controle postural, caracterizada pela maior integração intersegmentar, participação ativa do tronco superior e maior flexibilidade dos ajustes. Esses achados evidenciam uma progressão na organização do controle postural ao longo dos períodos analisados.

Dimensão Analisada	Perfil 4 a 6 Meses	Perfil 7 a 9 Meses
Estratégia de Ajuste	 Mecanismo Automático / Cocontração 	 Mecanismo Diferenciado / Seletivo 
Foco de Assimetria	 Restrita à base pélvica 	 Expandida (Integração intersegmentar cruzada) 
Segmento Dominante	 Pelve (Dependência massiva da base) 	 Axila (Participação ativa do tronco superior) 
Fase de Variabilidade	 Variabilidade Primária (Menos adaptativa) 	 Variabilidade Secundária (Flexível e Ajustada) 

Figura 9. Síntese dos padrões de controle postural baseados em acelerometria.

Fonte: Manus IA, 2026.

6. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar as respostas motoras reativas na postura sentada, considerando perturbações aplicadas nas cinturas pélvica e axilar. Os resultados evidenciaram diferenças no comportamento das respostas posturais entre lactentes de 4-6 meses e de 7-9 meses, sugerindo modificações importantes nos mecanismos de controle postural ao longo do desenvolvimento motor, como o segmento de suporte (axilar versus pélvico) e a lateralidade que influenciaram significativamente o tempo das respostas reativas

De modo geral, observou-se que lactentes de 7–9 meses apresentaram tempos de resposta menores em algumas condições, com diferenciação entre os segmentos avaliados (axilar vs. pélvico) e assimetria de lateralidade. Tempos menores sugerem respostas posturais mais rápidas, indicando maior eficiência na integração sensório-motora. Esses achados podem refletir o processo de maturação neuromotora característico dos primeiros mil dias de vida, marcado pela aquisição progressiva do controle de tronco e refinamento das estratégias de equilíbrio (Shumway-Cook; Woollacott, 2017). Além disso, esse padrão de organização do controle postural corrobora a literatura que descreve o desenvolvimento motor como um processo dinâmico, não linear e dependente da interação entre múltiplos sistemas (Thelen; Smith, 1994; Hadders-Algra, 2005; Saavedra; Van Donkelaar; Woollacott, 2012).

Nos primeiros meses de vida, o sistema nervoso central apresenta elevada plasticidade neural, caracterizada pela formação e reorganização contínua das redes neurais, mielinização das vias nervosas em respostas às experiências sensório-motoras (Kolb; Gibb, 2011). Evento que favorece o desenvolvimento progressivo do controle postural, permitindo que o lactente aperfeiçoe as diferentes alterações corporais e ajustes motores necessários para a manutenção do equilíbrio e orientação espacial (Hadders-Algra, 2018; Silva *et al.*, 2024).

Nesse contexto, a gravidade desempenha papel determinante, atuando como uma força constante que impõe demandas biomecânicas ao corpo e exige adaptações neuromusculares contínuas. A interação do lactente com o ambiente gravitacional favorece o desenvolvimento do controle antigravitacional, a modulação do tônus muscular e o refinamento das estratégias de estabilização, elementos essenciais para a aquisição de marcos motores como o controle cefálico, o sentar independente e a bipedestação. Esses processos são determinantes para a geração de forças necessárias ao controle corporal e para a aquisição progressiva de habilidades motoras grossas e finas (Thelen; Smith, 1994; Woollacott; Shumway-Cook, 2005; Horak, 2006).

Ademais, o amadurecimento do controle postural envolve uma progressiva reorganização das estratégias motoras, permitindo ao lactente não apenas sustentar a postura contra a gravidade, mas também responder de maneira adaptativa às demandas impostas pelo ambiente e pelas próprias

ações motoras. Dentre essas estratégias, destacam-se os Ajustes Posturais Reativos (APRs), os quais refletem a capacidade do sistema nervoso central de integrar informações sensoriais e gerar respostas musculares organizadas desencadeada por perturbações do equilíbrio, com o objetivo de manter o Centro de Massa - COM dentro da base de suporte (Hadders-Algra, 2000; Horak, 2006; Deffeyes *et al.*, 2011; Shumway-Cook; Woollacott, 2017).

Durante o desenvolvimento típico, essas respostas emergem progressivamente e de forma dependente da postura, tornando-se mais evidentes à medida que o lactente adquire maior controle antigravitacional e habilidades como o sentar independente, a postura ortostática e, posteriormente, a marcha. Ao longo desse processo, observa-se uma transição de padrões imaturos, com maior cocontração dos músculos agonistas e antagonistas responsáveis pela estabilização postural, para respostas mais eficientes, flexíveis e adaptativas (Thelen e Spencer, 1998; Hedberg; Forssberg; Hadders, 2004).

Entre os 4 e 9 meses ocorre um processo intenso de desenvolvimento do controle postural, marcado pelo aprimoramento progressivo da aquisição do controle de tronco. Segundo a literatura, esse processo segue uma organização céfalo-caudal, na qual a estabilização da cabeça antecede o controle dos segmentos torácico, lombar e pélvico (Butler, *et al.*, 2010; Rachwani *et al.*, 2013).

Nesse processo, Hadders-Algra (2000; 2018) descreve duas fases distintas de variabilidade motora. Na fase de variabilidade primária, correspondente ao período inicial do desenvolvimento motor, o lactente apresenta movimentos espontâneos e amplamente variáveis, porém ainda com limitada capacidade de adaptação às demandas da tarefa e do ambiente. Essa característica pode ser compreendida a partir da Teoria dos Sistemas Dinâmicos, proposta por Thelen; Smith (1994), segundo a qual o comportamento motor emerge da interação entre as características do indivíduo, as demandas da tarefa e as condições ambientais, não sendo determinado exclusivamente pela maturação neurológica. Nesse período, a imaturidade dos sistemas neuromotor e postural favorece movimentos mais globais, com menor dissociação entre os segmentos corporais e reduzida capacidade de selecionar estratégias específicas diante das demandas posturais.

Sob a perspectiva de Bernstein (1967), esse processo envolve a progressiva organização e redução dos graus de liberdade do movimento, possibilitando, ao longo do desenvolvimento, maior coordenação e independência entre os segmentos. De forma complementar, o modelo de controle segmentar do tronco, representado pelo SATCo, proposto por Butler (2010), permite compreender que a aquisição do controle postural ocorre progressivamente ao longo dos segmentos do tronco, favorecendo inicialmente a estabilidade de regiões mais superiores e, posteriormente, a integração dos segmentos inferiores.

Essa organização também se relaciona ao modelo de controle postural orientado à tarefa de Horak (2006), no qual as respostas posturais são continuamente ajustadas de acordo com as características da tarefa e do contexto. Assim, a variabilidade observada no início do

desenvolvimento não representa apenas ausência de organização, mas constitui parte de um processo dinâmico de exploração e adaptação, no qual o lactente amplia progressivamente sua capacidade de selecionar e ajustar estratégias motoras.

Os achados do G1 corroboram a caracterização para a fase de variabilidade primária. Na condição de suporte axilar, a ausência de diferença estatisticamente significativa entre os tempos passivo e reativo, tanto à esquerda quanto à direita, reflete a baixa capacidade de adaptação seletiva às demandas ambientais descrita pela autora, uma vez que o suporte mais proximal não foi suficiente para desencadear uma resposta reativa diferenciada da resposta passiva. Esse padrão é reforçado pelos resultados aplicados à duração do movimento reativo, que não identificou diferença significativa entre as condições avaliadas, tampouco na comparação par a par, evidenciando movimentos mais globais e com menor dissociação entre segmentos corporais, conforme esperado nessa fase de imaturidade neuromotora e postural.

Por outro lado, a diferença estatisticamente significativa observada entre os tempos passivo e reativo na condição de suporte pélvico, tanto para direita, quanto para esquerda, indica que apenas uma demanda postural mais intensa foi capaz de eliciar uma resposta automática mensurável, o que está em consonância com a descrição de que, na fase de variabilidade primária, as respostas motoras dependem predominantemente de padrões inatos e de mecanismos reflexos, sendo pouco moduladas por um controle seletivo ou intencional. Dessa forma, os resultados do G1 sustentam empiricamente o modelo teórico proposto, ao demonstrar que, entre 4 e 6 meses, o repertório motor do lactente ainda é amplamente variável, globalmente organizado e dependente de estímulos ambientais de maior magnitude para produzir respostas reativas discrimináveis.

Por volta dos 6 meses, inicia-se a reorganização do comportamento motor, esta fase é caracterizada pela transição da variabilidade primária para a variabilidade secundária. Este período representa um marco no desenvolvimento, visto que o lactente começa a apresentar melhor estabilidade de tronco, maior integração entre as informações sensoriais e motoras. Na última fase, a variabilidade secundária, o lactente demonstra um repertório motor mais organizado, funcional e adaptável. Com a maturação do sistema nervoso central e o aumento das experiências sensório-motoras, ocorre uma progressiva reorganização e refinamento do controle motor, favorecendo o desenvolvimento da dissociação intersegmentar, permitindo respostas posturais mais seletivas, eficientes e adaptadas a tarefa e ambiente (Hadders-Algra, 2000; 2018).

Neste contexto, os resultados do G2 corroboram a transição para a fase de variabilidade secundária descrita por Hadders-Algra (2000; 2018), evidenciando um repertório motor mais organizado, seletivo e adaptado às demandas da tarefa. Diferentemente do G1, o G2 apresentou um padrão de resposta qualitativamente distinto entre as condições de suporte, sugerindo maior dissociação intersegmentar e refinamento do controle postural. Na condição de suporte axilar, observou-se diferença estatisticamente significativa entre os tempos passivo e reativo para o

deslocamento à esquerda, enquanto na condição de suporte pélvico essa diferença foi significativa para o deslocamento à direita, um padrão assimétrico e seletivo que contrasta com a resposta mais homogênea observada no G1, e que é compatível com a maior integração sensório-motora característica dessa fase de transição.

Essa seletividade também se manifesta na análise da duração do movimento reativo, que revelou diferenças significativas entre a condição axilar esquerda e as condições pélvicas, tanto à esquerda quanto à direita, com menor duração do movimento reativo no segmento axilar esquerdo. Esse achado indica que os lactentes de 7-9 meses já são capazes de modular a velocidade e a eficiência de suas respostas posturais conforme o tipo de suporte oferecido, refletindo o maior refinamento do controle de tronco e a progressiva reorganização motora descrita pela autora.

Em conjunto, esses resultados sugerem que, entre os 7 e 9 meses de vida, o sistema de controle postural do lactente apresenta uma reorganização funcional consistente, evidenciada por respostas mais seletivas, coordenadas e eficientes, características da fase de variabilidade secundária descrita por Hadders-Algra (2000; 2018). Nesse período, a maturação do sistema nervoso central, associada ao acúmulo de experiências sensório-motoras, favorece o recrutamento mais eficiente da musculatura estabilizadora do tronco e a integração entre os sistemas visual, vestibular e somatossensorial, possibilitando ajustes posturais mais precisos e adequados às demandas da tarefa (Saavedra; Donkelaar; Woollacott, 2012; Shumway-Cook; Woollacott, 2017; Adolph; Hoch, 2019).

Essa reorganização torna-se particularmente evidente na capacidade de controlar o deslocamento do centro de massa em relação à base de suporte. Enquanto nos meses iniciais o centro de massa tende a ultrapassar os limites de estabilidade, exigindo apoio externo ou resultando em perda do equilíbrio, entre os 7 e 9 meses o lactente passa a modular continuamente pequenas oscilações do tronco e da pelve, preservando o alinhamento corporal durante movimentos voluntários, como alcançar objetos, realizar rotações do tronco e retornar à posição inicial sem comprometer a estabilidade (Saavedra; Donkelaar; Woollacott, 2012; Shumway-Cook; Woollacott, 2017).

Esse comportamento reflete maior eficiência dos ajustes posturais antecipatórios, que preparam o corpo antes do movimento voluntário, e dos ajustes posturais reativos, responsáveis pela recuperação do equilíbrio diante de perturbações internas ou externas. Além disso, o fortalecimento das reações protetoras e do equilíbrio reativo amplia os limites de estabilidade da postura sentada, permitindo que o lactente explore o ambiente com maior independência e flexibilidade. Sob essa perspectiva, a variabilidade secundária não representa apenas maior consistência do movimento, mas uma capacidade ampliada de selecionar diferentes estratégias motoras conforme as exigências da tarefa e do ambiente, evidenciando um sistema postural mais

adaptativo e funcional (Massion, 1992; Hadders-Algra, 2000; Horak, 2006; Rachwani *et al.*, 2013; Shumway-Cook; Woollacott, 2017)).

A maior participação do segmento pélvico pode indicar uma estratégia ainda dependente da estabilização da base corporal e de movimentos mais globais, característica de um período em que o controle de tronco ainda está em processo de maturação. A pelve desempenha um papel fundamental na estabilização proximal do tronco, constituindo uma base mecânica necessária para a execução de movimento voluntário e para a manutenção do equilíbrio (Hadders-Algra, 2000; 2018; Shumway-Cook; Woollacott, 2017). Outrossim, algumas literaturas abordam que o controle segmentar torácico se consolida entre 6-7 meses, o que sugere os resultados observados (Bernstein, 1967; Thelen; Smith, 1994; Zambello, 2019; Greco *et al.*, 2020).

O refinamento progressivo das estratégias posturais compatível com o desenvolvimento do controle segmentar e com a crescente capacidade do lactente modular suas respostas motoras diante perturbações externas, sob a perspectiva neurofisiológica, podem ser explicados pelos processos de neuroplasticidade. A intensa formação de conexões sinápticas, a mielinização das vias nervosas e a constante interação com o ambiente favorecem o aprimoramento dos mecanismos do controle motor, resultando em respostas mais rápidas, coordenadas e adaptativas (Thelen; Smith, 1994; Kolb; Gibb, 2011).

Além disso, tais respostas dependem da integração dos sistemas vestibular, visual e somatossensorial, os quais fornecem informações fundamentais para a orientação corporal e manutenção da estabilidade postural. Segundo Shumway-Cook e Woollacott (2017), o controle postural emerge da interação desses sistemas sensoriais com estratégias motoras organizadas pelo sistema nervoso central. O sistema vestibular desempenha papel essencial ao fornecer informações relacionadas a aceleração e a orientação da cabeça em relação a gravidade, contribuindo para a geração de respostas posturais automáticas. Durante o desenvolvimento do lactente, o refinamento progressivo dessas conexões sensório-motoras favorece respostas posturais mais rápidas e eficientes (Assaiante *et al.*, 2005; Horak, 2006; Hadders-Algra, 2018).

Com a integração progressiva dos sistemas sensório-motor e o aprimoramento do controle antigravitacional, os ajustes posturais compensatórios tornam-se gradualmente mais organizados e eficientes, permitindo ao lactente desenvolver estratégias motoras mais específicas diante das demandas do ambiente (Thelen; Spencer, 1998; Hedberg; Forssberg; Hadders-Algra, 2004). Nesse contexto, os achados do presente estudo evidenciam uma reorganização funcional do controle postural ao longo do desenvolvimento, na qual a maior segmentação do tronco e a capacidade de produzir respostas assimétricas parecem representar importantes mecanismos para a transição entre padrões motores mais imaturos e estratégias posturais progressivamente mais adaptativas.

A presença de respostas assimétricas funcionais durante esse processo deve ser compreendida como parte da organização funcional do movimento, e não necessariamente como

um indicativo de lateralização consolidada. Estudos demonstram que assimetrias precoces podem refletir características do desenvolvimento pré e pós-natal, relacionadas à maturação dos sistemas motores e sensoriais, devendo ser interpretadas considerando o contexto da tarefa e das demandas posturais (Fagard, 2013; Streri; de Hevia, 2015; Shumway-Cook; Woollacott, 2017).

Dessa forma, a predominância de determinadas respostas em função da direção da perturbação observada no presente estudo pode estar relacionada ao processo de especialização das estratégias posturais. Evidências indicam que, desde os primeiros meses de vida, as respostas posturais apresentam organização dependente da direção do estímulo, envolvendo recrutamento seletivo de grupos musculares e progressão da ativação em uma sequência céfalo-caudal (Thelen; Spencer, 1998; Hedberg; Forssberg; Hadders-Algra, 2004; Shumway-Cook; Woollacott, 2017).

Assim, as diferenças entre os lados direito e esquerdo identificadas nos resultados não devem ser interpretadas apenas como uma assimetria inespecífica, mas como possíveis indicadores de um processo de organização funcional das respostas motoras. Em conjunto, esses achados reforçam que o desenvolvimento do controle postural envolve não apenas o aumento da segmentação corporal, mas também a capacidade de selecionar e adaptar respostas direcionadas às características da perturbação, nas quais a lateralidade e a direção do estímulo desempenham papel fundamental na progressiva especialização do movimento.

Do ponto de vista metodológico, a utilização de sensores inerciais mostrou-se eficaz para detectar diferenças sutis no controle postural segmentar. Estes resultados dialogam com a literatura sobre o desenvolvimento do controle de tronco, que descreve a progressão do controle estático, ativo e reativo ao longo dos primeiros meses de vida. O qual o equilíbrio reativo é consolidado por volta de 8–9 meses, conforme evidenciado pelo instrumento como a SATCo (Pin *et al.*, 2019; Zambello, 2019).

Ademais, a abordagem instrumental permitiu identificar alterações que podem não ser detectadas por instrumentos clínicos observacionais, como a AIMS e a SATCo, principalmente quando relacionado a sensibilidade para déficits sutis (Greco *et al.*, 2020; Tupsila *et al.*, 2020). Sendo assim, estudos recentes reforçam o potencial dos sensores inerciais como ferramentas objetivas e acessíveis para avaliação do desenvolvimento motor (Rihar *et al.*, 2019; Haberfehlner *et al.*, 2020; Blok *et al.*, 2022).

O estudo de Rodrigues *et al* (2022) validou o aplicativo *Momentum*® por meio da comparação de suas medições com instrumentos considerados padrão-ouro na análise do controle postural. Os dados captados pelo aplicativo, utilizando sensores de dispositivos móveis (como acelerômetro), foram comparados com os obtidos por sistemas laboratoriais de maior precisão. A análise estatística incluiu testes de correlação e concordância entre os métodos. Os resultados demonstraram que o *Momentum*® apresenta boa confiabilidade e validade, indicando que o

aplicativo é capaz de mensurar, de forma consistente, variáveis relacionadas ao controle postural, podendo ser utilizado como uma ferramenta acessível para avaliação clínica e científica.

Os achados do presente estudo evidenciam uma reorganização funcional do controle postural ao longo do desenvolvimento, na qual a maior segmentação do tronco e a capacidade de produzir respostas assimétricas representam mecanismos importantes para a transição entre padrões motores mais imaturos e estratégias posturais progressivamente mais adaptativas. A integração entre instrumentais clínicos observacionais e instrumentos tecnológicos de baixo custo representam uma estratégia promissora para ampliar a sensibilidade da avaliação do desenvolvimento motor infantil, oferecendo uma abordagem confiável, reproduzível e aplicável em diferentes contextos clínicos (Rihar *et al.*, 2019; Haberfehlner *et al.*, 2020; Rodrigues *et al.*, 2022).

Esta combinação entre instrumentos clínicos padronizados e tecnologias objetivas contribui para uma compreensão mais aprofundada dos mecanismos cinético-posturais envolvidos no controle de tronco nos primeiros meses de vida (Pin *et al.*, 2019; Tupsila *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2024)

Limitações do estudo

O presente estudo apresentou algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Primeiramente, o tamanho amostral reduzido - sendo a amostra final composta por 28 lactentes (n=14 lactentes em cada grupo) - uma vez que pode ter comprometido o poder estatístico das análises, como evidenciado pelo tamanho do efeito moderado. Adicionalmente, o delineamento do estudo em transversal, não permite inferências a respeito da trajetória do controle motor ao longo do tempo nos lactentes avaliados, podendo ser contemplado por modelo de estudo longitudinal.

Os principais motivos da exclusão de 14 lactentes foram a prematuridade, presença de choro e irritabilidade durante a avaliação e a falha na aquisição ou processamento dos dados obtidos pelo instrumento utilizado. Considerando que o comportamento dos lactentes pode influenciar diretamente a qualidade dos registros, tais fatores representam um desafio metodológico frequente em pesquisas envolvendo essa população.

Outra limitação, refere-se a escassez de estudos que utilizem acelerometria para investigação das respostas posturais reativas em lactentes. Embora o acelerômetro seja um instrumento amplamente empregado para análise do movimento humano, ainda são limitadas as evidências científicas voltadas para a aplicação na avaliação do controle postural e das respostas reativas durante o desenvolvimento motor infantil. Essa lacuna dificultou comparações mais amplas entre os achados do presente estudo e a literatura existente.

Também, destaca-se como limitação a ausência de um método objetivo para a quantificação da força aplicada durante as perturbações mecânicas realizadas nos lactentes. Apesar da padronização dos procedimentos por parte dos avaliadores, não foi possível mensurar com precisão a magnitude da força empregada nos empurrões, o que pode ter introduzido variabilidade nas respostas observadas. Dessa forma, estudos futuros podem incorporar dispositivos específicos para o controle de monitoramento da intensidade das perturbações, visando maior precisão metodológica e reprodutibilidade dos resultados.

Apesar dessas limitações, o estudo apresenta contribuições relevantes ao investigar parâmetros quantitativos das respostas posturais reativas em lactentes por meio da acelerometria, fornecendo informações inéditas que podem auxiliar na compreensão do desenvolvimento do controle postural durante os primeiros meses de vida.

CONCLUSÃO

Conclui-se que o controle de tronco é progressivo, segmentar e assimétrico, ou seja, o desenvolvimento postural de 4 a 9 meses é governado por uma reorganização funcional segmentar (axila e pelve) e dependente da faixa etária, com padrões de lateralidade distintos e que refletem a natureza assimétrica da maturação motora.

Além disso, o tipo de movimento importa, lactentes apresentam respostas alerométricas significativas diferentes, frente às perturbações reativas em comparação a movimentos passivos, com variações expressivas segundo o segmento (axilar vs pélvico) e a faixa etária, evidenciando que a capacidade reativa não se desenvolve de forma uniforme.

E a combinação das escalas observacionais com a acelerometria por smartphone demonstrou ser uma estratégia válida, de baixo custo e alta precisão para quantificar o controle reativo de tronco em lactentes típicos, contribuindo para o rastreamento precoce de atrasos motores.

Como limitações do estudo, destacam-se o tamanho amostral reduzido, decorrente da exclusão de participantes por prematuridade, irritabilidade durante a avaliação e falhas nos registros, além da escassez de estudos utilizando acelerometria na avaliação das respostas posturais de lactentes. Adicionalmente, a ausência de mensuração objetiva da força aplicada durante as perturbações pode ter influenciado a variabilidade das respostas observadas.

REFERÊNCIAS

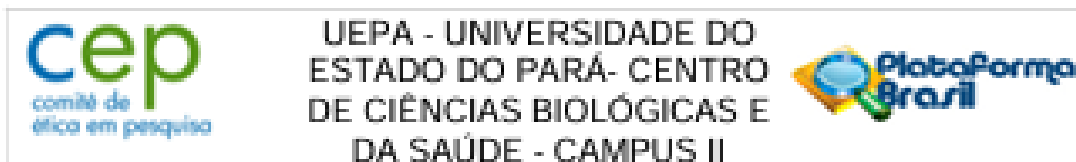
- ADOLPHO, K. E.; HOCH, J. E. Motor development: embodied, embedded, enculturated, and enabling. *Annual Review of Psychology*, v. 70, p. 141–164, jan. 2019. DOI: 10.1146/annurev-psych-010418-102836.
- AIRAKSLINEN, M. *et al.* Charting infants' motor development at home using a wearable system: validation and comparison to physical growth charts. *EBioMedicine*, v. 92, p. 104591, jun. 2023. DOI: 10.1016/j.ebiom.2023.104591.
- ASSAIANTE, C. *et al.* Development of postural control in healthy children: a functional approach. *Neural Plasticity*, v. 12, n. 2-3, p. 109–118, 2005. DOI: 10.1155/NP.2005.109.
- BERNSTEIN, N. *The co-ordination and regulation of movements*. Oxford: Pergamon Press, 1967.
- BLACK, M. M. *et al.* Early childhood development coming of age: science through the life course. *The Lancet*, v. 389, n. 10064, p. 77–90, jan. 2017. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)31389-7.
- BLOK, J. *et al.* Quantification of the development of trunk control in healthy infants using inertial measurement units. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON REHABILITATION ROBOTICS, 2022, Rotterdam. *Proceedings...* Rotterdam: IEEE, 2022. DOI: 10.1109/ICORR55369.2022.9896546.
- BRONFENBRENNER, U.; MORRIS, P. A. O modelo bioecológico do desenvolvimento humano. In: DAMON, W.; LERNER, R. M. (org.). *Manual de psicologia do desenvolvimento*. 6. ed. New York: John Wiley & Sons, 2007. p. 793–828.
- BUTLER, P. B. *et al.* Refinement, reliability, and validity of the Segmental Assessment of Trunk Control (SATCo). *Pediatric Physical Therapy*, v. 22, n. 3, p. 246–257, 2010. DOI: 10.1097/PEP.0b013e3181e69490.
- DEFEYESS, J. E. *et al.* Learning to sit: infants coordinate posture and reaching. *Journal of Motor Behavior*, v. 43, n. 4, p. 303–310, 2011.
- FAGARD, J. The nature and nurture of human infant hand preference. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 1288, p. 114–123, 2013.
- FARINELLI, V. *New perspectives on postural control in children and adults*. 2025. Tese (Doutorado em Fisiopatologia Médico-Cirúrgica e dos Transplantes) – Università degli Studi di Milano, Milão, 2025.
- GALLAHUE, D. L.; OZMUN, J. D.; GOODWAY, J. L. *Compreendendo o desenvolvimento motor: bebês, crianças, adolescentes e adultos*. 7. ed. São Paulo: AMGH Editora, 2013.

- GIGGINS, O. M.; SWEENEY, K. T.; CAULFIELD, B. Rehabilitation exercise assessment using inertial sensors: a cross-sectional analytical study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, v. 11, n. 158, nov. 2014. DOI: 10.1186/1743-0003-11-158.
- GRAVEM, D. *et al.* Wearable sensors for early detection of motor development in infants: a systematic review. *Children*, v. 9, 2022.
- GRECO, A. *et al.* Is segmental trunk control related to gross motor performance in healthy preterm and full-term infants? *Journal of Motor Behavior*, v. 52, n. 6, p. 666–675, 2020. DOI: 10.1080/00222895.2019.1673694.
- HABERFELHNER, H. *et al.* Instrumented assessment of motor function in dyskinetic cerebral palsy: a systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, v. 17, 2020.
- HADDERS-ALGRA, M. The neuronal group selection theory: a framework to explain variation in normal motor development. *Developmental Medicine & Child Neurology*, v. 42, n. 8, p. 566–572, 2000.
- HADDERS-ALGRA, M. Early human motor development: from variation to the ability to vary and adapt. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, v. 90, p. 411–427, 2018.
- HADDERS-ALGRA, M. Development of postural control. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 2005.
- HEDBERG, A.; FORSSBERG, H.; HADDERS-ALGRA, M. Postural adjustments due to external perturbations during sitting in 1-month-old infants: evidence for the innate origin of direction specificity. *Experimental Brain Research*, v. 157, n. 1, p. 10–17, jul. 2004. DOI: 10.1007/s00221-003-1811-z.
- HORAK, F. B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing*, v. 35, suppl. 2, p. ii7–ii11, 2006.
- HORAK, F. B.; NASHNER, L. M. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *Journal of Neurophysiology*, v. 55, n. 6, p. 1369–1381, jun. 1986. DOI: 10.1152/jn.1986.55.6.1369.
- JUNG, S. *et al.* The use of inertial measurement units for the study of free living environment activity assessment: a literature review. *Sensors*, v. 20, n. 19, p. 5625, 2020.
- KOLB, B.; GIBB, R. Brain plasticity and behaviour in the developing brain. *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, v. 20, n. 4, p. 265–276, nov. 2011.
- KYVELIDOU, A. *et al.* Postural control may drive the development of other domains in infancy. *Clinical Biomechanics*, 2021.
- MANCINI, M. *et al.* ISway: a sensitive, valid and reliable measure of postural control. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, v. 9, n. 59, ago. 2012. DOI: 10.1186/1743-0003-9-59.

- MASSION, J. Movement, posture and equilibrium: interaction and coordination. *Progress in Neurobiology*, v. 38, n. 1, p. 35–56, 1992. DOI: 10.1016/0301-0082(92)90034-c.
- MICHEL, G. F. *et al.* Latent classes in the developmental trajectories of infant hand-use preferences. *Developmental Psychology*, Washington, v. 49, n. 11, p. 2149–2161, 2013. DOI: 10.1037/a0033312.
- PIN, T. W. *et al.* Relationship between segmental trunk control and gross motor development in typically developing infants aged from 4 to 12 months: a pilot study. *BMC Pediatrics*, v. 19, n. 1, p. 425, 2019. DOI: 10.1186/s12887-019-1791-1.
- PINHO, A. S. *Utilização de smartphones na avaliação do equilíbrio postural através de sensores inerciais*. 2019. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre, 2019.
- PIPER, M. C.; DARRAH, J. Motor assessment of the developing infant. *Developmental Medicine & Child Neurology*, London, v. 36, n. 7, p. 610–618, 1994.
- RACHWANI, J. *et al.* Segmental trunk control acquisition and reaching in typically developing infants. *Experimental Brain Research*, v. 228, n. 1, p. 131–139, jul. 2013. DOI: 10.1007/s00221-013-3544-y.
- RENSHAW, I. *et al.* Evaluating weaknesses of “perceptual-cognitive training” and “brain training” methods in sport: an ecological dynamics critique. *Frontiers in Psychology*, 2019.
- RIHAR, A. *et al.* Infant posture and movement analysis using a sensor-supported gym with toys. *Medical and Biological Engineering and Computing*, v. 57, n. 2, 2019.
- RIHAR, A. *et al.* Infant trunk posture and arm movement assessment using pressure mattress, inertial and magnetic measurement units (IMUs). *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, v. 11, n. 1, p. 133, set. 2014. DOI: 10.1186/1743-0003-11-133.
- RODRIGUES, L. A. Wearable devices and smartphone inertial sensors for static balance assessment: a concurrent validity study in young adult population. *Journal of Personalized Medicine*, v. 12, n. 7, p. 1019, 2022. DOI: 10.3390/jpm12071019.
- SÁ, C. S. C. *et al.* Versão brasileira da *Segmental Assessment of Trunk Control (SATCo)*. *Fisioterapia e Pesquisa*, v. 24, n. 1, p. 89–99, 2017. DOI: 10.1590/1809-2950/16955824012017.
- SAAVEDRA, S. L.; VAN DONKELAAR, P.; WOOLLACOTT, M. H. Learning about gravity: segmental assessment of upright control as infants develop independent sitting. *Journal of Neurophysiology*, v. 108, n. 8, p. 2215–2229, out. 2012. DOI: 10.1152/jn.01193.2011.
- SATO, N. T. S.; TUDELLA, E. Influence of sitting positions and level of trunk control during reaching movements in late preterm and full-term infants. *Frontiers in Pediatrics*, v. 6, p. 185, jun. 2018. DOI: 10.3389/fped.2018.00185.

- SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. *Motor control: translating research into clinical practice*. 5. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2017.
- SILVA, K. *et al.* Relationship between trunk control and gross motor development of infants in the first year of life: a systematic review. *Early Human Development*, v. 189, p. 105929, 2024. DOI: 10.1016/j.earlhumdev.2023.105929.
- STILES, J.; JERNIGAN, T. L. The basics of brain development. *Neuropsychology Review*, v. 20, n. 4, p. 327–348, dez. 2010. DOI: 10.1007/s11065-010-9148-4.
- STRERI, A.; DE HEVIA, M. D. Manual lateralization in infancy. *Frontiers in Psychology*, v. 5, p. 1575, 2015. DOI: 10.3389/fpsyg.2014.01575.
- THELEN, E.; SMITH, L. B. *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*. Cambridge: MIT Press, 1994.
- THELEN, E.; SPENCER, J. P. Postural control during reaching in young infants: a dynamic systems approach. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 1998.
- TRUJILLO-PRIEGO, I. A. *et al.* Development of the infant motion monitor for objective motor assessment of infants. *Scientific Reports*, v. 7, n. 13863, 2017.
- TUPSILA, R. *et al.* Gross motor development of Thai healthy full-term infants aged from birth to 14 months using the Alberta Infant Motor Scale: inter-individual variability. *Early Human Development*, v. 151, p. 105169, 2020. DOI: 10.1016/j.earlhumdev.2020.105169.
- TUPSILA, R. *et al.* Intra-individual variability in gross motor development in healthy full-term infants aged 0–13 months and associated factors during child rearing. *Children*, v. 9, n. 6, p. 801, 2022. DOI: 10.3390/children9060801.
- VALENTINI, N. C.; SACCANI, R. Brazilian validation of the Alberta Infant Motor Scale. *Physical Therapy, Alexandria*, v. 92, n. 3, p. 440–447, 2012. DOI: 10.2522/ptj.20110036.
- ZAMBELLO, V. *Efeitos do treino de tronco e alcance em lactentes pré-termo: ensaio clínico randomizado controlado*. 2019. 115 f. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019.
- WESTCOTT, S. L.; BURTNER, P. Postural control in children: implications for pediatric practice. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, v. 24, n. 1-2, p. 5–55, 2004. DOI: 10.1300/J006v24n01_02.
- WOOLLACOTT, M. H.; SHUMWAY-COOK, A. Postural dysfunction during standing and walking in children with cerebral palsy: what are the underlying problems and what new therapies might improve balance? *Neural Plasticity*, v. 12, n. 2-3, p. 211–219, 2005.

ANEXO I – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE DO MOVIMENTO DE LACTENTES DE 0 A 18 MESES USANDO MEDIDAS ACELEROMÉTRICAS EM APARELHO DE TELEFONIA MÓVEL E ESCALA DE DESEMPENHO MOTOR

Pesquisador: LUCIENY DA SILVA PONTES

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 21213119.1.0000.5174

Instituição Proponente: Universidade do Estado do Pará - UEPa / Centro de Ciências Biológicas e da

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio
FUNDAÇÃO AMAZONIA PARAENSE DE AMPARO A PESQUISA - FAPESPA

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.620.751

Apresentação do Projeto:

" A identificação precoce de crianças com atrasos motores permite uma intervenção precoce e um melhor prognóstico. Com isso, existem diversas escalas que são utilizadas para avaliar a motricidade nos primeiros anos de vida, como a Escala Motora Infantil Alberta. Além disso, outros instrumentos podem ser úteis, como os acelerômetros, que vêm sendo utilizados para a análise do movimento humano. Medidas acelerométricas em aparelhos de telefonia móvel podem ser um modo fácil, rápido e seguro para se identificar anormalidades no desempenho motor de lactentes. Diante disso, este estudo tem como objetivo avaliar o movimento de lactentes de 0 a 18 meses por meio de variações acelerométricas e associado à escala de avaliação de desempenho motor. Trata-se de um do tipo observacional, descritivo, analítico e transversal. Participarão 20 crianças saudáveis, nascidas a termo, na faixa etária de 0-18 meses de vida, matriculadas no Centro de Saúde Escola do Marco. "

Objetivo da Pesquisa:

OBJETIVO GERAL • Avaliar o movimento de lactentes de 0 a 18 meses por meio de variações acelerométricas e associado à escala de avaliação de desempenho motor.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS • Correlacionar os dados acelerométricos com a Escala Motora Infantil Alberta;
• Comparar os dados acelerométricos de acordo os marcos do DNPM; • Comparar os

Endereço: Trav. Perobabui, 2623 (1º andar da biblioteca do Campus II da UEPa)

Bairro: Marco

CEP: 66.067-670

UF: PA

Município: BELEM

Telefone: (91)3131-1701

E-mail: cep_uepa@hotmail.com



**UEPA - UNIVERSIDADE DO
ESTADO DO PARÁ- CENTRO
DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E
DA SAÚDE - CAMPUS II**



Continuação do Parecer: 3.620.151

dados acelerométricos entre os sexos; • Correlacionar os dados acelerométricos com o Índice de Massa Corporal (IMC) dos lactentes.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Presentes e de acordo com a resolução 466/12

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa é relevante para a área de Desenvolvimento Motor Infantil.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Presentes

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As Solicitações foram feitas, portanto a pesquisa está APROVADA por este CEP para iniciar a coleta de dados.

O Pesquisador Responsável deverá enviar a este CEP o Relatório Final ao concluir a pesquisa.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Cronograma	Cronograma_Lactentesn.docx	01/10/2019 22:04:47	REGINA GABRIELA CALDAS DE MORAES	Aceito
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO_1379937.pdf	11/09/2019 09:51:34		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLEPibic.pdf	10/09/2019 22:28:33	CHRISTIAN DA SILVA COSTA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	AceitaInstPibic.pdf	10/09/2019 22:25:25	CHRISTIAN DA SILVA COSTA	Aceito
Orçamento	OrçamentoPibic.pdf	10/09/2019 22:24:32	CHRISTIAN DA SILVA COSTA	Aceito
Cronograma	CronogramaPibic.pdf	10/09/2019 22:24:21	CHRISTIAN DA SILVA COSTA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PIBIC2019F.pdf	10/09/2019 22:19:24	CHRISTIAN DA SILVA COSTA	Aceito

Endereço: Trav. Perobabui, 2623 (1º andar da biblioteca do Campus II da UEPa)

Bairro: Marco

CEP: 66.067-670

UF: PA

Município: BELEM

Telefone: (91)3131-1781

E-mail: cep_uepa@hotmail.com



UEPA - UNIVERSIDADE DO
ESTADO DO PARÁ- CENTRO
DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E
DA SAÚDE - CAMPUS II



Continuação do Parecer: 3.620.161

Folha de Rosto	FolhaRostoPibic.pdf	10/09/2019 22:18:59	CHRISTIAN DA SILVA COSTA	Acolito
----------------	---------------------	------------------------	-----------------------------	---------

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELEM, 04 de Outubro de 2019

Assinado por:

REGINA GABRIELA CALDAS DE MORAES
(Coordenador(a))

Endereço: Trav. Perobalul, 2623 (1º andar da biblioteca do Campus II da UEPa)

Bairro: Marco

CEP: 66.067-670

UF: PA

Município: BELEM

Telefone: (91)3131-1701

E-mail: cep_uepa@hotmail.com

ANEXO II - ALBERT INFANT MOTOR SCALE – AIMS

ALBERTA INFANT : MOTOR SCALE : **Record Booklet :**

Nome _____	Data da Avaliação	Dia Mês Ano / /
Número de Identificação _____	Data de Nascimento	/ /
Examinador _____	Idade Cronológica	/ /
Local da Avaliação _____	Idade Corrigida	/ /

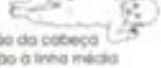
	Itens Creditados Previamente	Itens Creditados na Janela	Escore de Sub-escala
Prono			
Supino			
Sentado			
Em Pé			

Pontuação Total percentagem

.....

Comentários / Recomendações

Alberta Infant Motor Scale

STUDY#	
PRONO	Prono (1)  Flexão fisiológica virar a cabeça para liberar o nariz Prono (2)  Elevar a cabeça assimetricamente a 45° Não consegue manter a cabeça na linha média Apoio em Prono  Cotovelos para trás em relação aos ombros eleva a cabeça sem sustentação até 45° Suporte de prono no antebraço  Elevar e manter a cabeça Mobilidade em prono  Cabeça a 90° transferência de peso não controlada Suporte no Antebraço (2)  Cotovelos à frente dos ombros chin tuck ativo com alongamento do pescoço
SUPINO	Supino (1)  Flexão fisiológica rotação da cabeça para a mão movimentos braços e pernas Supino (2)  Cabeça na linha média movimenta os braços mas é incapaz de trazer as mãos na linha média Supino (3)  Rotação da cabeça em direção à linha média RTCA não obrigatório Supino (4)  Flexões do pescoço ativos Chin tuck leva mãos à linha média Mãos nos joelhos  Chin tuck alcança os joelhos com as mãos abdominais ativas
SENTADO	Senta com suporte  Elevar e manter a cabeça na linha média brevemente Senta com braços apoiados  Manter a cabeça na linha média suporte brevemente o peso dos braços Puxado para sentar  Chin tuck: cabeça alinhada ou à frente do corpo
EM PÉ	Em pé apoiado (1)  Fade apresentar flexão de quadril e joelho intermitentes Em pé apoiado (2)  Cabeça em linha com o corpo quadril para trás em relação aos ombros movimentos variáveis das pernas

Suporte de peso com o braço estendido



Rolando de Prono
para supino sem
rotação



Atinge com suporte de peso
no antebraço



Pivoteando



Joelho 4 apoios



Rota de Prono,
para supino
com rotação



Padrão extensor ativo

Mãos nos Pés



Rota de Supino
para Prono
sem rotação



Rota de Supino
para Prono
sem rotação



Extensão ativa



Sentado sem
sustentação



Sentado com
sustentação



Sentado sem o
apoio dos braços



Transferência de peso
na posição sentada



Sentado sem o
apoio dos braços (1)



Sentado alcança
com rotação



Em pé sustentado (3)





Engatinhar recíproco



Coluna lombar retificada
Move com rotação do tronco

Anda de lado
com rotação



Anda de lado
com rotação

Fica em pé
sozinho



Fica em pé
sozinho
momentaneamente
reações de balanço no pé

Primeiros
passos



Anda independentemente
movimento rápido
e passos
pequenos

Passo para de pé
a partir de
agachado



Passo de agachar-se
para de pé com controle
de flexão e extensão
de quadris e joelhos

Passo para de pé
a partir da posição
de 4 apoios



Empuro-se
rapidamente
com as mãos
para ficar
de pé

Anda sozinho



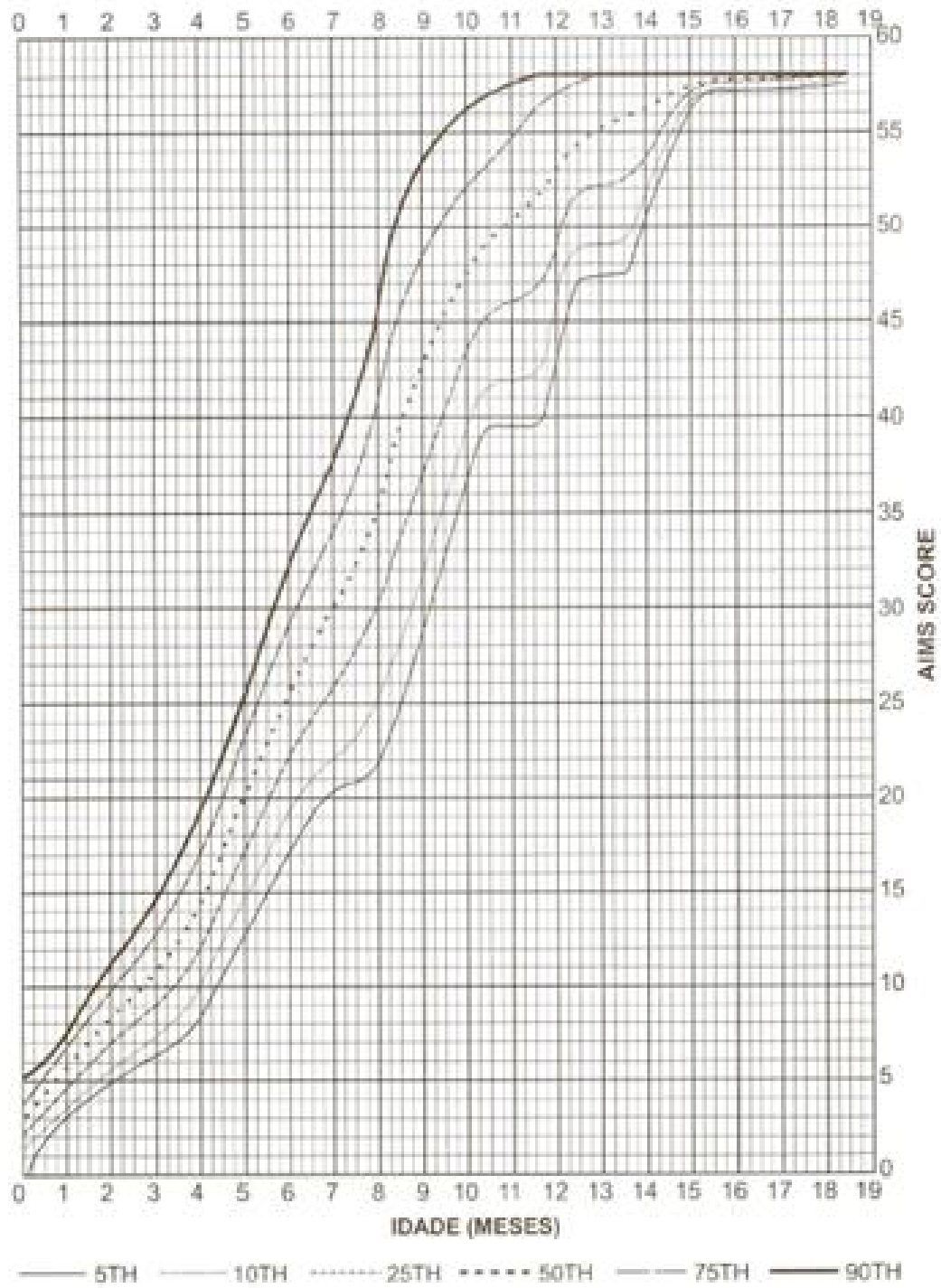
Anda
independentemente

Agacha



Mantém a
posição
de balanço
nos pés e
posição de
tronco

Graus Percentuais



ANEXO III – DECLARAÇÃO USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA**Declaração uso de Inteligência Artificial Generativa**

Declaro que ferramentas de Inteligência Artificial Generativa foram utilizadas neste trabalho nas seguintes etapas:

As ferramentas de Inteligência Artificial Claude (Anthropic)®, como apoio na revisão gramatical, clarificação da interpretação de dados, revisão de referências bibliográficas conforme as normas da ABNT e as Inteligência Artificial Manus® e Gemini® para a criação de imagens. Sendo todas as sugestões analisadas criticamente pela autora

As autoras assumem integral responsabilidade pelo conteúdo intelectual e técnico do trabalho, em conformidade com a Portaria CNPq nº2.664/2026.

Belém, 26 de Junho de 2026

 Documento assinado digitalmente
LUCIANE GISELE OLIMPIO DE SOUZA
Data: 30/06/2026 11:53:28-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Discente orientanda

 Documento assinado digitalmente
LUCIENY DA SILVA PONTES
Data: 30/06/2026 12:06:11-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Docente orientadora

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa cujo objetivo é Analisar o movimento de lactentes de 0 a 18 meses por meio de variações inerciais, captura de movimento tridimensionais com câmeras ópticas e associados à escala de avaliação motora em crianças com fator de risco para atraso no desenvolvimento neuropsicomotor. Esta pesquisa está sendo realizada no Laboratório LEMOH no Núcleo de Medicina Tropical da Universidade Federal do Pará. Além disso, contará com a participação das acadêmicas do Curso de Fisioterapia da UEPA, Jayne Marques Bitencourt, Vitória Lorena Tavares Sousa e Ana Cauana Alves dos Santos e Orientado pela Profa. Dra. Lucieny da Silva Pontes, CREFITO 26729-F. Esse termo tem a finalidade de firmar acordo escrito, para que você possa autorizar sua participação com pleno conhecimento da natureza dos procedimentos e riscos a que se submeterá, podendo sair da pesquisa a qualquer momento, sem prejuízo algum.

1. Título da pesquisa: ANÁLISE DO MOVIMENTO DE LACTENTES COM RISCO PARA ATRASO NO NEURODESENVOLVIMENTO

2. Objetivo principal: Analisar o movimento de lactentes de 0 a 18 meses por meio de variações inerciais, captura de movimento tridimensionais com câmeras ópticas e associados à escala de avaliação motora em crianças com fator de risco para atraso no desenvolvimento neuropsicomotor.

3. Risco para participantes: A presente pesquisa apresenta baixo risco aos participantes, incluindo possíveis quebra de sigilo e privacidade das informações, o que será rigorosamente evitado pelo grupo de pesquisadores com o controle de acesso aos dados. Além disso, há o risco de constrangimento dos participantes devido a situações como: analfabetismo dos pais, irritabilidade por parte das crianças, possível detecção de atraso no desenvolvimento neuropsicomotor ou qualquer outra eventualidade não mencionada, mas que possa trazer desconforto ao participante sem intenção dos autores. Em vista disso, para reduzir os riscos, todas as informações pertinentes serão descritas no TCLE.

4. Benefícios para os participantes: Os participantes poderão contribuir para que o presente estudo aumente a discussão e visibilidade da temática, além de propiciar maiores investimentos e acesso à saúde além da capital do estado, assim resultando na melhora da qualidade de vida e desenvolvimento.

5. Informações das pesquisadoras: Lucieny Da Silva Pontes (pesquisadora responsável) conselho de classe-26729-F. End: (institucional). Contato: (91) 98431-6084. E-mail: lucieny.pontes@uepa.br. Luciane Gisele Olimpio de Souza. Contato: (91) 98191-3667. E-mail: fisiogiseleolimpio@gmail.com; Lana Paula Moreira. Contato: (91) 98617-3151. E-mail: lanapaulamoreira@gmail.com. Jayanne Marques Bitencourt da Costa. Contato: (91) 99220-5659. E-mail: Jayanne.costa@uepa.aluno.br. Vitória Lorena Tavares Sousa: (91) 98237-0972. E-mail: Vitoria.sousa@uepa.aluno.br. Ana Cauana Alves dos Santos. Contato: (91) 99345-4275. E-mail: ana.caudsantos@aluno.uepa.br.

6. Os dados coletados durante a pesquisa serão tratados confidencialmente. Os resultados serão apresentados de forma conjunta, sem a identificação dos participantes, ou seja, o nome não aparecerá na publicação dos resultados. Será gerada uma sequência de números codificados, sendo que as informações serão armazenadas em pastas e guardadas em um arquivo digital, que ficará sob a guarda dos pesquisadores.

7. Sua participação na pesquisa é totalmente voluntária, ou seja, não é obrigatória. Caso você decida não participar, ou desistir de participar e retirar seu consentimento, não haverá nenhum prejuízo às atividades realizadas na instituição.

8. Não está previsto nenhum tipo de pagamento pela participação na pesquisa e não haverá nenhum custo com respeito aos procedimentos e materiais utilizados, os quais serão custeados pelo orçamento da pesquisa. Caso ocorra alguma intercorrência ou dano resultante de sua participação na pesquisa, é seu direito o acesso a indenizações previstas em lei.

9. Outras informações também poderão ser obtidas através do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do CCBS, que é a instância que realiza a apreciação ética dos projetos de pesquisa envolvendo seres humanos, e é uma instância vinculada à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa. Em caso de dúvidas sobre seus direitos como participante nesta pesquisa, você poderá entrar em contato com o CEP do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde CCBS, o qual realizou a avaliação ética do presente projeto. O CEP está localizado na Travessa Perebebuí, 2623, Biblioteca, 1º andar, Sala 1, Bairro do Marco. Contato: (91)3131-1781. E-mail: cepccbs@uepa.br.

10. Este termo está impresso em 2 vias, sendo que uma fica com você e outra com o pesquisador, ambas devem ser rubricadas em todas as suas páginas e assinadas, ao seu término, por você e pelo pesquisador, devendo as assinaturas estarem na mesma folha.

11. Consentimento Pós-Informação:

Eu _____, após leitura e compreensão deste termo de informação e consentimento, entendo que minha participação é voluntária e que posso sair a qualquer momento do estudo, sem prejuízo algum para mim. Confirmo que recebi uma via deste termo de consentimento, e autorizo a realização do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos somente em meio científico.

Assinatura do participante

Belém, _____ de _____ de _____

Declaro que obtive de forma ética a assinatura do participante da pesquisa e que segui rigorosamente tudo o que a resolução do CNS nº 466/12 e determinam. 510/16

Responsável pela pesquisa
Profª. Dra. Lucieny Da Silva
Pontes
CREFITO 26729-F

Pesquisadora
Fisioterapeuta Luciane Gisele Olimpio de Souza
CREFITO: 392843-F

APÊNDICE B - AUTORIZAÇÃO DE IMAGEM**AUTORIZAÇÃO DE IMAGEM**

Eu _____
nacionalidade _____, estado civil _____, portador da Cédula de
identidade RG nº. _____, inscrito no CPF/MF sob nº
_____, residente _____
nº. _____, município de _____/Pará. Responsável pelo menor:

AUTORIZO, de livre e espontânea vontade, não recebendo para tanto qualquer tipo de remuneração, o uso de imagem em todo e qualquer material entre imagens de vídeo, fotos e documentos, para ser utilizada na **PESQUISA**, intitulado “**ANÁLISE DO MOVIMENTO DE LACTENTES COM RISCO PARA ATRASO NO NEURODESENVOLVIMENTO**”. Declaro que autorizo o uso acima descrito sem que nada haja a ser reclamado a título de direitos conexos à imagem ou a qualquer outro, e assino a presente autorização em 02 vias de igual teor e forma.

_____, dia _____ de _____ de _____.

Assinatura do Responsável

Nome:

Telefone p/ contato:

APÊNDICE C – DADOS DEMOGRÁFICOS E CENSITÁRIOS



Nome:	Data: ____ / ____ / ____ Semanas nascido:
Nome do responsável:	Sexo: () Fem. () Masc.
Cidade do Nasc:	Raça/cor: () Branco () Negro () Amarelo () Pardo
Endereço:	
Telefone: ()	Idade (meses): Idade Corrigida:
APGAR ao nascer:	
Nº de consultas durante pré-natal:	() Não realizou
Tipo de parto: () Normal () Cesárea	
Estatura:	Peso:
Aleitamento materno:	
Intercorrências:	
Aceita participar da pesquisa: () Sim () Não	

**APÊNDICE D – GUIA DE ORIENTAÇÃO AO DESENVOLVIMENTO MOTOR
INFANTIL**



2025

CATALOGAÇÃO**Autores**

Lana Paula Cardoso Moreira

Luciane Gisele Olímpio de Souza

Organizadores

Lucieny da Silva Pontes



Desenvolvimento Motor Infantil: Guia para pais e responsáveis. Universidade Estadual do Pará - CCBS - Programa de Pós Graduação Strictu Senso em Reabilitação e Desempenho Funcional, 2025.



Equilíbrio: o primeiro passo para explorar o mundo!!!

Desde os primeiros meses de vida, o bebê começa a descobrir como manter o corpo firme e equilibrado, seja deitado, sentado ou em pé. Essa habilidade, chamada de controle postural, é essencial para que ele possa brincar, explorar, engatinhar e, mais tarde, caminhar com autonomia e segurança.

Como numa jornada de pequenas grandes conquistas, o controle postural vai se revelando a cada nova posição que o bebê aprende a dominar, conhecida como estratégias posturais.

Vamos conhecer algumas?

POSIÇÃO EM PRONO (DE BRUÇOS)



Importante para desenvolver a força do pescoço, ombros e braços, além de estimular a curiosidade pelo ambiente.

SENTAR-SE COM APOIO



Ajuda a fortalecer o tronco, melhora o controle da cabeça e permite que o bebê use as mãos para brincar e explorar..

ENGATINHAR



Coordena braços e pernas, fortalece o corpo e prepara o bebê para caminhar. Também é essencial para o desenvolvimento da visão e da noção de espaço.

À medida que o bebê conquista novas posturas e movimentos, o corpo também desenvolve formas automáticas de garantir a segurança e o equilíbrio. É aí que entram as reações de proteção e de endireitamento. Verdadeiros superpoderes naturais do desenvolvimento motor!

REAÇÕES DE PROTEÇÃO E ENDIREITAMENTO

Reflexos do corpo que ajudam a manter a criança segura enquanto ela se move e experimenta o mundo.

Reações de proteção: é quando o bebê estende os bracinhos para se apoiar ao cair ou perder o equilíbrio, seja para frente, para os lados ou para trás. Um gesto simples que protege e evita machucados!



Reações de endireitamento: são os ajustes que o corpo faz para alinhar a cabeça com o tronco. Fundamentais para uma postura estável e para mudanças de posição com segurança.



Essas reações aparecem naturalmente durante o desenvolvimento. Mas se estiverem ausentes ou demorarem a surgir, vale buscar uma avaliação com um profissional. A observação atenta faz toda a diferença!

Mas se movimentar com segurança não depende só dos músculos e articulações. O cérebro também tem um papel fundamental!

É ele quem interpreta os sons, toques, movimentos e imagens ao redor, ajudando a criança a reagir com equilíbrio e confiança. Esse processo se chama:



INTEGRAÇÃO SENSORIAL



Processo pelo qual o cérebro organiza e interpreta estímulos táteis (toque), visuais, vestibulares (movimento/equilíbrio) e proprioceptivos (posição do corpo). ajudando a criança a entender e reagir ao ambiente.



Hiporreatividade sensorial: a criança parece não perceber certos estímulos, como quando se suja e não se incomoda, ou não reage ao toque, ou aos sons.



Hiperreatividade sensorial: a criança chora com sons comuns, recusa tecidos e texturas ou evita certos movimentos.



Essas dificuldades podem impactar o brincar, a socialização e a aprendizagem. Observar esses sinais com atenção ajuda pais e profissionais a oferecerem o suporte certo no momento ideal.

O desenvolvimento neuropsicomotor precisa de um empurrãozinho extra, a **intervenção precoce**, com o apoio da **equipe multiprofissional**, faz toda a diferença. Vamos entender como esse cuidado pode ajudar?



Linha do tempo do desenvolvimento e pontos de intervenção

A seguir, seguem dicas de atividades que podem ser realizadas com o bebê de acordo com a sua idade.

0 - 3 MESES



Estimular virar a cabeça de uma lado para o outro com brinquedos sonoros.



Estimular a segurar objetos com diversos tipos de textura e formatos



Colocar de barriga para baixo para estimular controle de cabeça

4 - 6 MESES



Estimular rolar de barriga para baixo e o brincar de barriga para baixo



Estimular rolar de barriga para cima. Use brinquedos sonoros e coloridos para despertar o interesse e curiosidade. Coloque diversas posições para que o bebê se mova em busca do brinquedo



Estimular sentado no colo ou com almofadas atrás para treinar o equilíbrio.

7 - 9 MESES



Estimular sentar sem apoio, segurando o brinquedo ou colocando os brinquedos em diferentes posições, para estimular alcance e deslocamentos



Estimular a posição de 4 apoios e o engatinhar com incentivo. Crie um "circuito" com almofadas e brinquedos para motivar o movimento.



Estimular a se puxar para ficar de pé se apoiando em objetos

Linha do tempo do desenvolvimento e pontos de intervenção

10 - 12 MESES



Estimular a andar se apoiando no sofá



Estimular a ficar de pé segurando brinquedo para equilíbrio



Estimular os primeiros passos com auxílio do andador

13 - 18 MESES



Estimular o andar independente



Estimular subir degraus



Estimular a empilhar blocos

19 - 24 MESES



Brincar de correr



Atividades de lúdicas como jogar a bola para frente



Atividade que exige o uso do movimento de pinça



INDICAÇÃO PARA INTERVENÇÃO PRECOCE: SINAIS DE ALERTA

Faixa Etária	Sinais de Alerta
0 a 3 meses	☐ Não sustenta a cabeça
	☐ Pouco movimento espontâneo (rígido ou flácido)
	☐ Não fixa o olhar
	☐ Não reage a sons
	☐ Irritabilidade excessiva ou choro inconsolável
4 a 6 meses	☐ Não sorri
	☐ Não emite sons ou balbucia
	☐ Não segue objetos com os olhos
	☐ Não tenta alcançar objetos
7 a 9 meses	☐ Não rola
	☐ Não senta com apoio
	☐ Não balbucia (<u>ba</u> -ba, da-da)
	☐ Não demonstra curiosidade por objetos ou brinquedos

Se estes sinais estiverem ausentes ou demorarem a surgir, vale buscar uma avaliação com um profissional. A observação atenta faz toda a diferença!



INDICAÇÃO PARA INTERVENÇÃO PRECOCE: SINAIS DE ALERTA

10 a 12 meses	☐ Não engatinha ou não tenta se deslocar
	☐ Não apresenta pinça fina
	☐ Não emite palavras simples
	☐ Não demonstra interesse em explorar o ambiente
12 a 18 meses	- Não anda ou não tenta se apoiar
	☐ Não fala pelo menos uma palavra com sentido
	☐ Pouca interação social ou não demonstra afeto
	☐ Movimentos repetitivos ou estereotipados
18 a 24 meses	☐ Não fala frases de duas palavras
	☐ Não entende comandos simples
	☐ Pouco interesse em interagir com outras crianças/adultos
	☐ Não aponta ou não faz gestos para indicar o que quer
Qualquer idade	☐ Perda de habilidades previamente adquiridas
	☐ Tônus muscular muito rígido ou muito flácido
	☐ Dificuldade alimentar persistente (engasgos, recusa)
	☐ Ausência de contato visual ou resposta ao nome
	☐ Dificuldade significativa de comunicação ou interação social

Se estes sinais estiverem ausentes ou demorarem a surgir, vale buscar uma avaliação com um profissional. A observação atenta faz toda a diferença!