

Agradecimentos

Agradeço ao Prof. Dr. David Catela, meu orientador, pela sabedoria, tempo disponibilizado, ensino, paciência, orientação e dedicação dispensada à elaboração desta dissertação da qual tive o privilégio de participar, sendo ela uma contribuição essencial na minha formação científica e profissional.

Agradeço ao Mestre Marco Branco pela disponibilidade e conhecimentos empregados na análise metodológica desta dissertação.

Agradeço á minha colega de mestrado, Fisioterapeuta Lídia Cravo pelo auxílio em todas as horas, pela companhia no trabalho e no descanso, pelos momentos tristes e felizes, pelas discussões e alegrias, pelos segredos, enfim pelos dois anos juntas nesta luta.

Agradeço a minha família e amigos pela confiança e paciência, por todos os momentos que estiveram ao meu lado para me dar apoio emocional para enfrentar tantos obstáculos. Agradeço por todo o apoio, amor, incentivo e compreensão nas minhas escolhas, até mesmo quando estas estavam relacionadas com a ausência de convívio no dia-a-dia.

Agradeço aos bebés e responsáveis por eles pela disponibilidade na participação do estudo e confiança que depositaram em mim.

Obrigada!

Índice

Índice de Figuras	iv
Índice de Tabelas	v
Abreviaturas:.....	v
Resumo	vi
<i>Abstract</i>	vii
1. Introdução	1
1.1. <i>Enquadramento Teórico e Conceptual</i>	3
1.1.2. Conceito de Constrangimentos Orgânicos, da Tarefa e do Envolvimento	4
1.1.3. Constrangimentos e Desenvolvimento da Coordenação Motora	6
1.1.4. Conceito de <i>Affordance</i>	7
1.1.5. Teoria das <i>Affordances</i>	8
1.1.6. Hipotonia: Definição e Classificação	9
1.1.7. Revisão de estudos	10
1.1.7.1. Desenvolvimento do alcançar em Infantes	10
1.1.7.2. Constrangimentos do envolvimento e da tarefa.....	11
1.1.7.3. Desenvolvimento do sentar em Infantes	12
1.1.8. Terapêutica.....	17
1.2. <i>Apresentação do Problema</i>	19
1.3. <i>Objectivo do Trabalho</i>	20
1.4. <i>Hipótese Levantada</i>	21
2. Metodologia	22
2.1. <i>Caracterização da Amostra</i>	22
2.2. <i>Materiais a Utilizar</i>	22
2.3. <i>Tarefas, Procedimentos e Protocolos</i>	23
2.4. <i>Desenho Experimental</i>	26
2.4.1. Tipo de Estudo	26
2.4.1.1. Notação Experimental	26
2.4.2. Limitações	27
2.4.3. Plano Operacional de Variáveis	27
2.4.4. Tratamento de Dados	27
2.4.5. Tratamento Estatístico	29
3. Análise e Interpretação dos Resultados	30

4. Discussão.....	52
5. Conclusão.	58
6. Bibliografia.....	60
7. Anexos.....	64

Índice de Figuras

Figura 1 – Sala em que é realizado o estudo.....	23
(Legenda- A: Câmara; B: Criança; C: Brinquedo; D: Experimentador; E: Projetor de Luz)	23
Figura 2 – Momento de recolha de dados, com criança com hipotonia, na condição com estimulação.....	24
Figura 3 – Momento de recolha de dados, com criança sem hipotonia, na condição sem estimulação e com registo Kinovea de deslocação dos marcadores.	24
Figura 4 – Momento de recolha de episódio de criança hipotónica interagindo com um rolo de espuma, percutindo nele, à altura dos ombros, no seu espaço peri pessoal, já com registos Kinovea.....	25
Figura 5 - Fases do estudo.	26
A criança de controlo foi testada após todas as recolhas da criança hipotónica (caso), de modo a assegurar episódios emparelhados.....	26
Figura 6 – Gráficos de Recorrência com e sem estimulação ao longo do tempo	34
Figura 7 – Pontos e Linhas Recorrentes Momento 1	36
Figura 8 – %Determinismo, %Recorrência e Ratio no bebé Hipotónico Momento 1 ...	37
Figura 9 – Entropia Bebé Hipotónico Momento 1.....	39
Figura 10 – Entropia Relativa Bebé Hipotónico Momento 1	39
Figura 11 – Linha Máxima Bebé Hipotónico Momento 1	40
Figura 12 – Linha Média Bebé Hipotónico Momento 1.....	40
Figura 13 – <i>Trend</i> Bebé Hipotónico Momento 1.....	41
Figura 14 – Pontos e Linhas Recorrentes ao Longo do Tempo	43
Figura 15 – Ratio ao Longo do Tempo.....	44
Figura 16 – Entropia ao Longo do Tempo.....	44
Figura 17 – Entropia Relativa ao Longo do Tempo	44
Figura 18 – Linha Máxima ao Longo do Tempo	45
Figura 19 – Linha Média ao Longo do Tempo.....	45
Figura 20 – <i>Trend</i> ao Longo do Tempo.....	46
Figura 21 – Pontos e Linhas Recorrentes Hipotónico Vs Controlo	48
Figura 22 – Ratio Hipotónico Vs Controlo	48
Figura 23 – Entropia Hipotónico Vs Controlo	49
Figura 24 – Entropia Relativa Hipotónico Vs Controlo.....	49
Figura 25 – Linha Máxima Hipotónico Vs Controlo	50
Figura 26 – Linha Média Hipotónico Vs Controlo	50
Figura 27– <i>Trend</i> Hipotónico Vs Controlo	50

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Notação experimental (N – criança hipotónica, C – criança controlo, O - momentos de observação, X – processo terapêutico).....	26
Tabela 2 – Plano de operacionalização de variáveis.....	27
Tabela 3 – Medidas Lineares para o bebé hipotónico no Momento 1.	30
Tabela 4 – Medidas Lineares para o bebé hipotónico no Momento 2.	31
Tabela 5 – Medidas Lineares para o bebé Controlo.....	31
Tabela 6 – Bebé Hipotónico com e sem estimulação no 1ºMomento.....	36
Tabela 7 – Bebé Hipotónico ao longo do tempo- Momento 1 e 2.....	42
Tabela 8 – Bebé Hipotónico Vs Bebé Controlo	47

Abreviaturas:

CE- Com Estimulação

CoD- Correlação de Dimensão

COP- Centro de Pressão

CPG- Gerador Padrão Central

C7- Sétima Vertebra Cervical

DET- Determinismo

EMG- Electromiografia de superfície múltiplas

EnA- Entropia Aproximada

D7- Sétima Vertebra Lombar

L5- Sétima Vertebra Lombar

LyE- Exponte de Lyapunov

REC- Recorrência

RQA – Análise de Quantificação de Recorrência

SE- Sem Estimulação

Resumo

Título: Constrangimentos da tarefa e estabilidade da postura de sentado em bebés hipotónicos: Estudo de caso.

Autora: Cécile Verdadeiro Ramos

Introdução: A realização da posição de sentar independente parece acontecer sem esforço e ser apenas uma parte normal do processo de maturação mas esta requer estabilização dinâmica de todos os segmentos ligados ao corpo, e é um processo complexo de aprendizagem e adaptação a várias forças do ambiente. Da interação entre constrangimentos intrínsecos de extrínsecos emerge o padrão de coordenação motora. Em Fisioterapia, a intervenção pode beneficiar com uma abordagem baseada nesta proposição. **Objetivo:** O objetivo deste estudo de caso foi o de verificar se um constrangimento da tarefa funcional, interagir com brinquedos, propiciaria alteração do padrão de estabilidade postural de sentado num bebé hipotónico sem controlo postural eficaz. **Amostra:** A amostra é constituída por um bebé hipotónico sem controlo postural eficaz sentado e outro de controlo, com desenvolvimento normal, ambos com nove meses. **Materiais e Métodos:** Foi feita uma análise cinemática dos movimentos realizados pelo tronco (C7, D7 e L5) nas condições com e sem estimulação, através do *software Kinovea 0.8.15*, com recurso a rotinas em *MATLAB*, para análise dos gráficos de série temporal e de recorrências. **Resultados:** Na condição com estimulação, o bebé hipotónico revelou-se a nível da C7 menos determinístico (razão %REC/%DET), mais complexo (ENT), e com oscilações posturais mais consistentes (RELENT, MAXLINE, MEDLINE); e, o inverso ao nível das D7 e L5. **Conclusão:** Uma estimulação baseada na funcionalidade das ações motoras propiciou reorganização do padrão de controlo postural no bebé hipotónico, aproximando-se do padrão exibido pelo bebé controlo.

Palavras-chave: Hipotonia, Infante, Sentado, Controlo Postural; Constrangimento da tarefa; Análise de Recorrência.

Abstract

Title: *Constraints of the task and stability of the posture of sitting in hypotonic infants: a case study.*

Author: *Cécile Verdadeiro Ramos*

Introduction: *Performing independent sitting position seems to happen and be effortlessly only a part of the normal maturation process but this requires dynamic stabilization of all segments connected to the body, and is a complex process of learning and adaptation to various environmental forces. From the interaction between intrinsic and extrinsic constraints emerge the pattern of motor coordination. In Physical Therapy, intervention can benefit from an approach based on this proposition. Objective:* *The objective of this work is to verify the presence of a constraint of the task (reaching to grab a toy) provides improved stability change of posture from sitting the child of a hypotonic infant without sitting postural control effective. Sample:* *The sample comprised a hypotonic baby without effective sitting posture control and another, control, with normal development, both with nine months. Materials and Methods:* *It was made a kinematic analysis of movements at the trunk (C7, D7 and L5) in conditions with and without stimulation, through Kinovea 0.8.15 software, using routines in MATLAB, for analysis of time series graphs and of recurrence. Results:* *With stimulation, at level of C7, the hypotonic infant showed less determinism (ratio %REC/%DET), more complexity (ENT), and with more consistent postural oscillations (RELENT, MAXLINE, MEDLINE), and the reverse at the level of L5 and D7. Conclusion:* *A stimulation based on the functionality of the motor actions led to reorganization of the pattern postural control in the hypotonic baby, approaching to the pattern displayed by a control infant.*

Key-words: *Hypotonia; Infants; Sitting; Postural control; Task Constrains; Recurrence Analysis.*

1. Introdução

Nos primeiros anos de vida, a criança desenvolve um incrível repertório de habilidades, aprendendo a rastejar, andar e correr sem ajuda, conquista a coordenação olho/mão e a manipulação dos objetos de várias maneiras. O surgimento de todas estas habilidades requer o amadurecimento da atividade postural, a fim de sustentar o movimento primário (Rochat, 1992).

A realização da posição de sentar independente parece acontecer sem esforço e ser apenas uma parte normal do processo de maturação. Uma vez que a criança consegue controlar a cabeça e o tronco na posição de sentado, os braços estão abertos à exploração e às atividades funcionais. No entanto, a posição sentada independente requer estabilização dinâmica de todos os segmentos ligados ao corpo, e é um processo complexo de aprendizagem e adaptação a várias forças do ambiente (Harbourne & Stergiou, 2003).

Aprender a manter a postura de sentado é um importante marco do desenvolvimento motor. A posição de sentado permite a exploração visual do ambiente e serve como uma plataforma estável para alcançar objetos próximos (Bertenthal & Von Hofsten, 1998; Deffeyes, Harbourne, Kyvelidou, Stuber, & Stergiou, 2009; Harbourne & Stergiou, 2003).

Mais importante ainda, a independência no sentar oferece a possibilidade de movimentos ativos dos membros superiores, um maior potencial para habilidades funcionais e autocuidados assim como oportunidades para orientar o corpo para o ambiente, para melhorar a percepção, crescimento cognitivo e interação social (Harbourne, Willett, Kyvelidou, Deffeyes, & Stergiou, 2010a).

Vários estudos examinaram como a habilidade de sentar é adquirida durante o desenvolvimento motor da criança. Enquanto a maioria da literatura acerca desta temática focaliza-se sobre o processo que opera no sistema nervoso central, alguns estudos recentes usaram como base teórica a abordagem dos sistemas dinâmicos no desenvolvimento motor. Esta abordagem enfatiza os princípios de auto-organização subjacentes às aquisições de competências ao longo do tempo, sob influência dos constrangimentos biomecânicos, do ambiente e da tarefa. Especificamente, o sentar é visto como uma tarefa de alta dimensionalidade em que os muitos graus de liberdade do sistema sensorio-motor estão comprimidos num espaço de baixa dimensionalidade de uns poucos graus de liberdade ativos.

A manutenção da postura de sentada resulta, portanto, de tirar partido destes graus de liberdade (Cignetti, Kyvelidou, Harbourne, & Stergiou, 2011).

O desenvolvimento motor resulta de uma interação entre programas genéticos e estímulos ambientais (Waddington, 1962, Jacobson, 1991). Thelen e colaboradores, que estudaram a marcha na criança, afirmaram que o desenvolvimento é conduzido pela prática (Thelen, 1988; Ulrich, 1989), enquanto outros autores assumem que o desenvolvimento das grandes funções motoras é guiado por maturação endógena e seleção de conexões neuronais predeterminadas (Gesell, 1940; McGraw, 1943; Forssberg, 1985; Hirschfeld & Forssberg, 1994). Estudos observacionais do efeito do treino no desenvolvimento de grandes funções motoras indicam que a estimulação externa pode acelerar o desenvolvimento normal (McGraw, 1935; Lagerspetz, Nygard & Strandvik, 1971; Zelazo, Zelazo & Kolb, 1972; Zelazo, 1983)(Hadders-Algra, Brogren, & Forssberg, 1996b).

Assim sendo, o objetivo deste estudo é o de verificar se a presença de um constrangimento da tarefa (alcançar para agarrar um brinquedo) propicia alteração melhorada da estabilidade da postura de sentado na criança.

1.1. Enquadramento Teórico e Conceptual

1.1.1. Controlo postural

O controlo postural é uma função motora fundamental, envolvida em quase todas as outras tarefas motoras. Os diversos graus de liberdade do corpo dos vertebrados fazem com que o controlo postural seja complexo. O sistema nervoso resolve o problema imposto pelas redundantes possibilidades motoras por uma organização funcional em sinergias básica e direção-especificidade, que podem ser adaptadas a determinadas restrições biomecânicas (Diener, Horak, & Nashner, 1988; Dietz, Quintern, & Sillem, 1987; Hirschfeld & Forssberg, 1994; Keshner, Woollacott, & Debu, 1988; Macpherson, 1994; Moore, Rushmer, Windus, & Nashner, 1988).

A postura e as alterações posturais são o resultado final da atividade muscular. A ativação dos músculos posturais é gerada antes do movimento ser iniciado e envolve mudanças constantes e acomodações. Para esta finalidade o controlo postural adequado e o tónus muscular¹ são necessários. Idealmente, os componentes ativos e passivos do tónus muscular (mais as propriedades viscoelásticas) devem de estar em harmonia umas com as outras para criar uma postura estável e movimentos fluentes. Para alcançar a precisão dos movimentos posturais, é necessária a integridade e a coordenação do sistema motor aferente e eferente (Groot, 2000). Existem várias teorias sobre o controlo postural. Uma em que a postura é controlada em dois níveis pelo padrão gerador central (CPG), um para a seleção de um padrão adequado e outro para a modulação desse padrão. Portanto, o controlo postural é interpretado como sendo inato, um aspeto geneticamente determinado do comportamento, que se revela na sua forma adulta com o amadurecimento do sistema nervoso. Outro ponto de vista do desenvolvimento do controlo postural na infância é um que está de acordo com a proposição de Bernstein (1967) de que a aquisição de habilidades motoras é o processo de resolver o problema de coordenar os muitos e redundantes graus de liberdade do corpo. Em contraste com a perspetiva de que o CPG conduz a aquisição do controle postural, a perspetiva dinâmica descreve o controlo postural como uma habilidade emergente, ocorrendo como resultado da interação do organismo com o meio ambiente. Quando o controlo postural é visto como uma habilidade emergente e dinâmica, uma progressão linear da aptidão será de esperar, com a transição para novos níveis de habilidade, caracterizados por limitar os graus de liberdade para estabilidade do comportamento, ou libertar graus de movimento para uma maior capacidade de adaptação do comportamento. Com a progressão no nível de habilidade para uma forma

¹ O tónus muscular pode ser definido como a resistência do músculo ao alongamento.

mais madura, os graus de liberdade serão liberados para uma coordenação mais flexível dos segmentos do corpo com o meio ambiente. Daqui resulta que a utilização de ferramentas destinadas a examinar as propriedades não-lineares dos sistemas que evoluem ao longo do tempo seriam necessárias para examinar o processo dinâmico de desenvolvimento do controlo postural (Harbourne & Stergiou, 2003).

1.1.2. Conceito de Constrangimentos Orgânicos, da Tarefa e do Envolvimento

Aprender como controlar e coordenar um movimento é uma importante tarefa do dia-a-dia de um recém-nascido. Inicialmente o objetivo do recém-nascido é levar os membros superiores na direção do alvo visual presente à sua frente (von Hofsten, 1982). Leva cerca de 12-16 semanas antes de que o movimento coordenado apareça, sendo que futuras sofisticações do processo de controlo destes movimentos requerem quase 1 ano de desenvolvimento e prática (von Hofsten, 1983). Segundo von Hofsten (1991), ações exploratórias foram tradicionalmente vistas como ações focadas no mundo exterior e nos objetos e eventos, mas estas ações podem muito bem ser focadas do próprio sistema de ação. Piaget (1953) sublinhou que quando os bebés fazem movimentos vezes e vezes, eles estão de facto a explorar o seu próprio sistema de ação. Mais especificamente, ao mover os braços, a criança aprende sobre a relação entre movimento e proprioceptividade. Por exemplo, Butterworth (1986) sugeriu que os recém-nascidos usam informação propriocetiva para orientar os movimentos da mão para a boca.

A ideia de que os movimentos envolvem todo o organismo e o ambiente encaixa-se dentro do paradigma teórico de Bernstein (1967) e Gibson (1979). Em ambas as abordagens teóricas, a coordenação dos movimentos pode ser vista como uma interação entre o organismo e o meio ambiente e o desenvolvimento da coordenação é provocado pelas mudanças nos constrangimentos do movimento. Newell (1986), Savelsbergh e Van Emmerik (1992) propuseram 3 categorias de constrangimentos: organismo (propriedades e mecânicas do corpo), constrangimentos ambientais (e.g. temperatura ambiente, forças externas ou contexto social), e da tarefa (tais como as propriedades do objeto) (Kawai, Savelsbergh, & Wimmers, 1999).

Os constrangimentos no organismo e ambientais são um princípio ativo pré-natal, enquanto os constrangimentos na tarefa para o alcançar tornam-se ativos quando a percepção do brinquedo muda para a criança de um simples bibelô ambiental para algo que ela deseja contactar. Os constrangimentos orgânicos podem ser refletidos na consistência de uma variável de

movimento ou na relação entre variáveis ao longo do tempo ou em contexto ou tarefa (Bhat & Galloway, 2007).

Em conclusão, propõe-se que estes importantes constrangimentos orgânicos influenciam os movimentos do braço durante o período do pré-alcançar, e fornecem uma base para a sobreposição de constrangimentos relacionados com a tarefa que levam a um alcançar propositado. Uma implicação importante é que a estrutura da coordenação da oscilação precoce pode ser muito semelhante à de alcançar. É verdade que esta semelhança pode reduzir significativamente os elementos necessários a serem ativamente controlados, e simplificar o processo de aprendizagem durante o período de pré alcançar (Bhat & Galloway, 2006, 2007).

Os constrangimentos aumentam a tendência para o movimento nos lactentes de uma certa maneira, mas são raramente obrigatórios nem verdadeiramente independentes do contexto físico e social em que o movimento é produzido. O surgimento do mais precoce comportamento motor resulta não de alguns constrangimentos dominantes mas a partir da interação contínua de uma série de constrangimentos internos e externos do infante (Newell, Liu, & Mayer-Kress, 2003).

Karl Newell (1991) baseou-se na teoria ecológica e na dos sistemas de controlo motor para criar uma teoria de aprendizagem motora baseada no conceito das estratégias de busca. Nas teorias de aprendizagem propostas por Adams e Schmidt, a prática produzia uma alteração cumulativa e contínua no comportamento devido a um acumulo gradual da força dos programas motores. Por outro lado, Newell sugere que a aprendizagem motora é um processo que aumenta a coordenação entre a percepção e a ação, de maneira consistente com as restrições da tarefa e do ambiente. Newell propôs que durante a prática existe uma busca de estratégias ideais para a execução da tarefa, dadas as restrições. Uma parcela da busca destas envolve não apenas a descoberta de uma resposta motora adequada para a tarefa, mas também o ato de identificar as dicas perspectivas mais adequadas. Assim, os sistemas de percepção e ação estão incorporadas ou mapeados numa solução ideal da tarefa (Cook & Woollacott, 2003).

Newell discute formas de aumentar a aprendizagem da habilidade. A primeira seria ajudar o aprendiz a conhecer a natureza do espaço de trabalho perceptivo e motor. A segunda seria compreender as estratégias naturais de busca utilizadas pelo aprendiz, quando ele explora o espaço. A terceira, fornecer mais informações, a fim de facilitar a busca. Uma previsão central desta teoria é que a transferência das habilidades motoras depende da similaridade entre as duas tarefas de estratégias perceptivas/motoras ideais e é relativamente independente dos

músculos utilizados ou dos objetos manipulados na tarefa. Em resumo, esta abordagem da aprendizagem motora enfatiza a atividade exploradora dinâmica do espaço de trabalho perceptivo/motor, com vistas a criar estratégias ideias para a execução de uma tarefa (Cook & Woollacott, 2003).

1.1.3. Constrangimentos e Desenvolvimento da Coordenação Motora

A análise dos fenómenos associados ao controlo motor foi e ainda é objeto de alargada polémica. O objetivo dos investigadores ao proporem um modelo explicativo é o de representarem a totalidade de comportamentos do sistema. Contudo os modelos apresentados ao longo dos tempos têm mostrado algumas limitações, nomeadamente quanto á capacidade de explicação da totalidade de movimentos que fazem parte do nosso comportamento motor.

O problema da coordenação e regulação dos movimentos (Bernstein, 1967) está antes de tudo relacionado com o estabelecimento de ligações temporais funcionalmente significativas entre os componentes neuro-musculo-articulares apropriado (Kugler & Turvey, 1987). Um dos pontos centrais dessa discussão prende-se com a formação da trajetória do movimento. A perspetiva clássica ou tradicional de explicação do controlo motor fez emergir diversos modelos que tinham em comum a ideia de que o movimento era pilotado por um sistema de controlo mais ou menos central, separado do sistema efetor. Segundo estes modelos o movimento era o resultado de regras ou programas motores que integravam toda a complexidade do gesto.

Esta modelização hierarquizada do controlo motor é encontrada quando se pretende explicar a planificação e o controlo dos aspetos cinemáticos do movimento do braço, relacionados com aquilo que se designou por formação da trajetória (Flash & Hogan, 1984). Trata-se de um problema que está no centro de diversas atividades motoras, relacionados com movimentos mais simples ou mais complexos do braço, como por exemplo a escrita, o grafismo, ou a dança.

O estudo da cinemática do movimento do membro superior num plano horizontal durante uma tarefa de apontar (Abend, Bizzi & Morasso, 1982) pôs em evidência um resultado que se tornou um ponto central de avaliação da maior parte das modelizações do gesto. Este resultado é a invariância relativa do perfil de velocidade, em forma de “U” invertida, que apresenta poucas variações mesmo quando se faz variar a amplitude ou a velocidade medida

do movimento. Para alguns autores (Flash & Hogan, 1984) este comportamento exprime a expressão de uma estratégia de programação motora comum a todos os movimentos semelhantes. Outro dos problemas associados á análise da trajetória do movimento consiste em saber se o movimento simples do braço é programado num espaço articular (em função de variáveis articulares), ou num espaço cartesiano extracorporal (em função de variáveis ou coordenadas espaciais) (Godinho, 2002).

Ao nível das ações funcionais, a emergência das capacidades de sentar independentemente aumenta dramaticamente os graus de liberdade comportamental da criança e a possibilidade de interagir com objetos do meio ambiente. Além disso, sentar independentemente corresponde à 1ª conquista da verticalidade que permite maior liberdade aos membros superiores. Além disso, é conhecido que a exploração háptica é um importante fator no desenvolvimento precoce (Gibson, 1988; Piaget 1952). Crianças demonstram uma propensão precoce a levar as suas mãos a contactar com objetos do meio envolvente. O alcançar tem sido extensivamente usado como um paradigma comportamental para o estudo do desenvolvimento cognitivo, perceptivo e motor (Corbetta & Mounoud, 1990; Lockman & Ashmead, 1983). O comportamento de alcançar é a expressão mais prematura da interação entre diferentes sistemas sensoriomotores. Ela combina discriminação perceptiva do objeto alvo, localizado num espaço tridimensional e um resultado orientado de ação manual para esse objeto. Por volta dos 6 meses, são capazes de ajustar as suas capacidades de alcançar em função da percepção espacial e propriedades físicas do objeto, assim como o seu tamanho, a sua orientação e se é ou não alcançável. Embora o alcançar tem sido essencialmente estudado como o movimento de uma mão perante um objeto, ele geralmente corresponde ao envolvimento de ambas as mãos. Aos 6 meses de idade, há uma tendência para envolver diferencialmente uma mão ou duas mãos quando se quer agarrar num objeto pequeno ou grande respetivamente. Esta diferença de tomada de decisão em relação ao tamanho percebido do objeto demonstra antecipação das consequências hápticas, portanto, planeando e preparando o alcançar (Kawai et al., 1999).

1.1.4. Conceito de *Affordance*

O conceito de *affordance* foi introduzido por Gibson (1979) para descrever as possibilidades de ação providenciadas pelo ambiente para um animal. Um dado ambiente pode suportar uma grande variedade de comportamentos num animal. Para perceber uma *affordance*, tendo em

conta Gibson, é perceber como um animal quando confrontado com uma determinada condição reage num determinado ambiente (Brett, Riley, & Turvey, 2008).

1.1.5. Teoria das *Affordances*

A tradição cognitivista enfatizou o papel da representação na concretização das ações. A teoria dos sistemas de ação abstrai-se desse elemento tentando explicar a ação em função dos constrangimentos externos (*affordances*) e internos (estruturas coordenativas da ação).

Gibson (1979), iniciador da corrente ecológica da percepção em Psicologia, propôs, nos anos 50, a hipótese segundo a qual o observador controla visualmente o seu comportamento percebendo o que os objetos do envolvimento permitem ou disponibilizam como possibilidades de ação.

Gibson concebe o comportamento como resultado de uma leitura direta do envolvimento, sem necessidade de mediação de qualquer representação. *Affordance* é o conceito chave em Gibson para explicar o processo perceptivo.

O individuo comporta-se em função do que a percepção lhe permite (to *afford*= permitir). Os objetos dispostos no envolvimento congregam em si próprios a *affordance* do que lhes é típico (por exemplo, a observação de um brinquedo leva a criança a desejar alcançá-lo). Podemos assim dizer que o conceito chave da perspectiva ecológica representa uma combinação invariante de múltiplas variáveis do envolvimento, que permite um determinado comportamento da parte de um determinado animal (Godinho, 2002).

De acordo com Gibson (1979), o verbo *to afford* é encontrado no dicionário (proporcionar, propiciar, fornecer), mas o substantivo *affordance* não. Gibson deu significado próprio ao termo. São exatamente as possibilidades oferecidas pelo ambiente a um agente particular, que o autor denominou *affordances* – as superfícies possibilitam locomoção, alguns objetos possibilitam manuseio e outros animais possibilitam interação social. Quando um agente percebe superfícies, objetos e animais, ele percebe *affordances*.

Na conceção de Gibson (1979), o sistema perceptivo é capaz de captar informações necessárias para a interação animal-ambiente (Chemero, 2003).

O conceito de percepção direta, no seu sentido mais radical, admite a capacidade do envolvimento, por si só, ser capaz de fornecer toda a informação necessária para a realização da ação, sem necessidade de qualquer mediador central de natureza representacional.

Os objetos observados pelo indivíduo contêm informação suficiente para promover e orientar um comportamento determinado. O comportamento é assim justificado pela capacidade de perceber do indivíduo, e não pela sua capacidade em armazenar na memória soluções correspondentes a situações contextuais determinadas (Godinho, 2002).

Durante a interação dinâmica com o ambiente, o homem (agente) controla parte das suas atividades através da captação de informação pelo sistema visual. Tal captação é determinada pelas suas intenções e capacidades e pelas informações disponíveis no ambiente que o envolve (Chemero, 2003).

1.1.6. Hipotonia: Definição e Classificação

O termo hipotonia pode ser usado com o significado de diminuição do tônus muscular, diminuição da força muscular ou hiperlaxidão ligamentar e aumento das amplitudes articulares. Uma criança é geralmente considerada de hipotónica se ela assumir uma postura de “rã”, se for incapaz de manter uma postura normal contra a gravidade, exibir uma resistência diminuída à mobilização passiva e se tiver uma excessiva amplitude articular (Gowda, Parr, & Jayawant, 2007).

A avaliação do tônus envolve tanto a observação da postura de repouso (tônus passivo) e a avaliação da resistência dos membros aos movimentos passivos ou alterações na postura (tônus ativo). A idade gestacional da criança, a idade pós-natal e o nível de estado de alerta tem uma maior influência no tônus e a observação clínica pode ser interpretada no contexto destes fatores (Hill, 2005).

Tem sido provado que o controlo postural atípico influencia o desenvolvimento perceptivo-motor, afetando adversamente condições para tarefas específicas, orientação da linha média, a qualidade da função da mão, a marcha e a coordenação e desta maneira interferir com futuras funções cognitivas como o escrever (Groot, 2000).

1.1.7. Revisão de estudos

1.1.7.1. *Desenvolvimento do alcançar em Infantes*

Rochat (1995), reportou 3 estudos em que as crianças foram distinguidas e comparadas com base nas suas capacidades relativas para manter a posição de sentada, sem nenhum suporte externo. O 1º estudo demonstrou que o “alcançar” em crianças que já se sentam independentemente é coordenado com uma inclinação para a frente do tronco enquanto para as crianças que não se sentam isso não acontece. O 2º estudo demonstrou que as crianças que não se sentam, às quais é fornecido apoio na coxa também mostram sinais de coordenação entre o alcançar com a mão e a inclinação do tronco para a frente. O 3º estudo compara crianças que não se sentam, quase que se sentam e que se sentam independentemente, na forma como alcançam vários objetos espalhados no seu espaço de alcance. Os resultados demonstram a expansão do mapeamento do espaço de alcance da criança e o uso da mão como função de habilidade para se conseguir sentar. Os resultados das 3 experimentações demonstraram que a propensão das crianças em levar as suas mãos em contacto com o objeto no meio ambiente é um envolvimento de todo o corpo.

Também se verificou que existem diferenças iniciais de habilidade motora em crianças nascidas com menos de 33 semanas de idade gestacional e crianças a termo. Foi realizado um estudo com 26 crianças, onde se comparou o surgimento de capacidade em crianças nascidas a termo e crianças nascidas com menos de 33 semanas de idade gestacional e se avaliou a eficácia de um programa de treino do movimento sobre a emergência de capacidade nesta população de prematuros. Estas foram aleatoriamente designados para receber 20 minutos de treino de movimento diário (grupo PT-M) ou treino social quotidiano (grupo PT-S) e foram comparados com 13 bebés nascidos a termo (grupo FT-S). O movimento alcançar e interações de objetos/mão foram testados a cada semana durante 8 semanas. Em cada visita, as crianças tiveram seis oportunidades de 30 segundos para contactar com um brinquedo na linha média. Os grupos FT-S e PT-M alcançaram mais cedo e de forma mais consistente do que o grupo PT-S. Especificamente, os indivíduos do grupo FT-S contactaram com o brinquedo mais tempo (maior duração) e com uma superfície ventral aberta da sua mão. O grupo PT-M demonstrou um aumento no número de contactos objeto/mão, o número de alcances consistentes, e a percentagem de tempo interagindo com o brinquedo e a superfície de contacto objeto/mão. Este projeto demonstra que existem diferenças iniciais de habilidade motora em crianças nascidas com menos de 33 semanas de idade gestacional. Um programa de treino diário do

cuidador, no entanto, é eficaz em diminuir alguns, mas não todas dessas diferenças, a curto prazo (Heathcock, Lobo, & Galloway, 2008).

Van der Fits et al. (1999) focaram-se nas alterações de desenvolvimento nos ajustes posturais que acompanham movimentos de alcançar em infantes saudáveis. Foi feito um estudo longitudinal com 10 crianças entre os 6 e 18 meses de idade. Durante cada sessão, superfícies múltiplas de eletromiograma dos músculos do braço, pescoço, tronco e coxa do lado direito do corpo foram registadas durante o alcançar com a mão direita em duas posições (sentado “em pé”, numa cadeira para bebé e sentado com membros inferiores a 90º do tronco sem suporte). Simultaneamente, toda a sessão foi filmada. Dados de comparação estavam presentes para as mesmas crianças entre os 3-5 meses. Adicionalmente, 18 infantes (8-15 meses) foram avaliados uma vez durante tarefas de alcançar semelhantes, mas nestes infantes a atividade eletromiográfica dos músculos do pescoço e tronco foram registados dos dois lados. Os dados encontrados revelaram duas transições no desenvolvimento dos ajustes posturais. A primeira transição esteve presente aos cerca de 6 meses de idade. Com esta idade, os músculos posturais eram frequentemente ativados durante os movimentos de alcançar. Aos 8 meses uma ampla atividade postural reapareceu e os infantes desenvolveram a capacidade de apropriar os ajustes posturais aos constrangimentos de uma tarefa específica tais como a velocidade do movimento dos braços ou a posição de sentado no início do movimento de alcançar. A segunda transição ocorreu entre os 12 e 15 meses de idade. Antes dos 15 meses os infantes não mostraram atividade postural antecipatória consistente mas a partir dos 15 meses em diante sim, principalmente nos músculos do pescoço (Van der Fits, Otten, Klip, Van Eykern, & Hadders-Algra, 1999).

1.1.7.2. *Constrangimentos do envolvimento e da tarefa*

O envolvimento constrange, por si só, o tipo e frequência de movimentos no bebé. Quando colocados recém-nascidos (1 a 7 dias) durante 1 minuto em 4 condições ambientais diferentes: na posição vertical numa banheira cheia de água, com a água ao nível do pescoço; numa posição vertical com a água ao nível da cintura; na posição supina fora de água; e na posição vertical fora de água verificou-se primeiro que a frequência da ocorrência dos vários movimentos dos membros superiores é maior fora de água do que na água. Segundo, para aqueles que estavam fora de água a ocorrência dos movimentos espontâneos dos membros superiores é maior na posição vertical em comparação com a de supino. Terceiro, a criança mostrou mais movimentos ativos dos membros superiores na posição vertical fora de água em

comparação com os 2 ambientes dentro de água e na posição supino. Estes resultados demonstram que diferentes constrangimentos ambientais influenciam os movimentos espontâneos dos membros superiores. A partir de uma perspectiva de sistemas dinâmicos, significa que a criança tem dois tipos de comportamento: um dentro de água e outro fora de água. Por outras palavras, mudando o ambiente da criança (mas no mesmo nível de maturação) pode levar de um comportamento para outro. Com esta abordagem, a criança é considerada como um sistema complexo aberto. Neste sistema complexo, uma alteração no ambiente pode dar origem à criação espontânea de uma nova ordem ou modo de comportamento através de auto-organização. A auto-organização significa que o sistema tem a habilidade de adquirir uma nova estrutura espacial, temporal ou funcional por si própria. A capacidade de um sistema se organizar sozinho é mais importante quando uma mudança qualitativa ou quantitativa ocorre, por exemplo, a mudança na condição fora de água. Tal alteração é chamada de transição de fase. Este estudo mostra que a maturação do sistema nervoso central não é o único fator mas também o meio ambiente desempenha um papel importante. De facto, os resultados sugerem fortemente que o comportamento espontâneo observado não é apenas um reflexo da maturação do sistema nervoso mas também uma alteração na interação dos constrangimentos orgânicos e ambientais (Kawai et al., 1999).

1.1.7.3. *Desenvolvimento do sentar em Infantes*

A investigação tem apontado para dois níveis padronizados de ativação postural. O estudo de Hirschfeld and Forssberg (1994) examinou se as respostas posturais surgem na criança (5 a 8 meses) de uma forma predeterminada antes de conseguirem sentar-se independentemente, e como estas posturas diferem das dos adultos. As crianças que se conseguiam sentar independentemente e as que não o conseguiam fazer foram expostas a perturbações de superfície (translação e rotação) enquanto o movimento do corpo e as respostas eletromiográficas foram registadas. As perturbações que provocaram um balanço do corpo para trás (isto é translação para a frente e rotação das pernas) suscitaram padrões consistentes de atividade muscular dos músculos anteriores da coxa, tronco e pescoço nas crianças que se sentam independentemente. Uma grande atividade tónica dos músculos posteriores do tronco e pescoço foi inibida no início da atividade muscular dos músculos anteriores. A análise cinemática demonstrou que a retroversão da bacia foi o primeiro movimento a ocorrer, enquanto o movimento da cabeça (deslocamento linear e angular) era irregular e ocorria após o movimento da bacia. As perturbações na posição oposta, causando

um balanço para a frente evocaram respostas variáveis nos músculos dorsais do tronco e pescoço, sugerindo que o nível de excitabilidade para as respostas posturais foi definido de acordo com os limites de estabilidade do corpo. As crianças que não conseguiam sentar-se independentemente foram testadas, e o apoio em torno da cintura, dado pelas mãos do experimentador, era dado antes do início da perturbação da plataforma. As respostas posturais eram suscitadas nos músculos anteriores após um balanço para trás em todas as crianças e em cerca de 60% dos ensaios. Muitas vezes, apenas alguns dos músculos anteriores foram ativados. Nenhuma resposta distinta foi evocada durante as perturbações que provocaram um balanço para a frente. Estes resultados sugerem que a rotação para trás da bacia desencadeia ajustamentos posturais em crianças que se sentam independentemente; uma forma básica de ajustamento postural se desenvolve de uma pré-determinada maneira antes da criança se sentar independentemente. A estrutura básica da ativação dos músculos anteriores assemelha-se à dos adultos, enquanto a ativação dos músculos posteriores (inibição) difere em vários aspetos. Estes resultados estão de acordo com um modelo recente de geradores de padrões centrais para as respostas posturais consistindo em 2 níveis operacionais. No primeiro nível, que é desencadeado pela rotação para trás da bacia, o padrão básico de ativação é gerado. No segundo nível, o padrão é moldado e aperfeiçoado por meio de interações multissensoriais de todos os sistemas sensoriais ativados. O padrão básico nos recém-nascidos mais novos pode ser produzido principalmente por redes neurais no primeiro nível, enquanto a função de modulação se desenvolve durante a prática, a formação da função que está sendo submetida a um processo de aprendizagem em que respostas adequadas são formadas em conjunto com o estabelecimento de uma representação interna neural para se sentar.

Assim sendo, os ajustes posturais são organizados em 2 níveis funcionais de controlo. O primeiro nível envolve a direção-especificidade: quando o corpo oscila para a frente, a atividade dos músculos dorsais é induzida para prevenir uma futura queda; quando o corpo oscila para trás os músculos recrutados são primeiramente os ventrais. O segundo nível de controlo tem a ver com a adaptação a atividade da direção-especificidade em relação à especificidade da situação, por exemplo, ao mudar a ordem da direção-especificidade os músculos são recrutados ou alteram os graus de liberdade da co-ativação dos antagonistas (Hedberg, Brogren, Forssberg, & Hadders-Algra, 2005).

1.1.7.4. Treino e desenvolvimento do controlo postural

Um estudo de Hadders-Algra, Brogren, and Forssberg (1996a) abordou a questão de saber se o treino de equilíbrio diário pode afetar o desenvolvimento de ajustes posturais em crianças no sentar. 20 infantes saudáveis com 5-6, 7-8 e 9-10 meses de idade foram submetidas a estimulação diária de equilíbrio (3 vezes por dia durante 5 minutos), através da apresentação de um brinquedo na zona limite de alcançar sem cair. Foram registadas eletromiografia de superfícies múltiplas (EMG) e análise cinemática enquanto o infante era exposta a pequenos e grandes deslocamentos da plataforma na horizontal para a frente e para trás. Os resultados revelaram que nos mais novos, quando nenhuma das crianças era capaz de se sentar independentemente, o padrão de ativação dos músculos era de direção específica e mostrou uma grande variação. Estas variações diminuem com o aumento da idade, resultando na seleção de respostas mais completas. O treino facilitou a seleção das respostas tanto durante as translações para a frente como para trás. Isto sugere um efeito do treino no primeiro nível do modelo gerador do padrão central (CPG) do controlo postural. O treino também afetou o desenvolvimento da modulação das respostas durante a translação para a frente. Acelerou o desenvolvimento: da capacidade de modular a amplitude da EMG em relação á velocidade da plataforma e da posição inicial de sentado; da atividade antagonista; e um início da resposta por parte das zonas mais distais do corpo. Estes resultados indicam um efeito do treino no 2º nível do modelo CPG do controlo postural. Este estudo demonstrou evidência neurofisiológica que um treino de equilíbrio diário pode acelerar o desenvolvimento do controlo postural. O efeito ocorreu em ambos os níveis de modelo CPG, isto é o treino facilitou a seleção dos padrões de resposta direção-especificidade mais completos e acelerou o desenvolvimento da modulação das respostas.

Ciganetti et al (2011) examinaram como o controlo postural sentado em crianças de desenvolve nas direções ântero-posteriores (AP) e médio-laterais (ML) de balanço, e se este controlo já é como o do adulto durante a última fase da aquisição do sentar na criança. Os dados de COP foram adquiridos de 14 crianças saudáveis (desde o início do sentar até ao sentar de forma independente) e 21 adultos sentados numa plataforma de forças. O atrator de dimensionalidade (CoD: dimensão correlação), o atrator de predictibilidade (LyE: expoente de Lyapunov) e variabilidade de oscilação (Fife et al.) foram calculados através dos dados do COP para avaliar o controlo postural. Na direção AP o sentar foi dominado pelas crianças, pela diminuição dos graus de liberdade do sistema postural (diminuição do CoD), usando uma oscilação mais previsível e estável (diminuição do LyE) e um aumento da

variabilidade da oscilação (aumento do RMS). O controlo do sentar tornou-se praticamente simples, estável e exploratório com o desenvolvimento da criança. Isto pode sustentar a hipótese de que a postura sentada serve como base para o desenvolvimento de habilidades motoras como o alcançar. Na direção ML, só a variabilidade das oscilações diminuiu com o desenvolvimento, possivelmente devido as alterações nas dimensões do corpo da criança. No conjunto, estes resultados indicam que no início do desenvolvimento o foco é mais na direção AP do que ML. O controlo postural no adulto foi mais adaptável do que na criança em ambas as direções, envolvendo mais graus ativos de liberdade de movimentos e menos padrões de oscilação previsíveis. Identificar os fatores que tornam o sistema postural dinâmico no adulto requer futuras pesquisas (Cignetti et al., 2011).

Outro estudo com objetivo de descobrir se o desenvolvimento de ajustes posturais ocorre por de meio de um acoplamento de respostas musculares simples, tais como os reflexos de estiramento, ou através da seleção de um repertório inato de padrões de repostas de geradores centrais. As respostas posturais durante o sentar numa plataforma móvel foram avaliadas em 11 crianças saudáveis com 5-6, 7-8, e 9-10 meses de idade. Superfícies múltiplas de EMG e cinemática foram gravadas enquanto a criança era exposta a deslocamentos lentos e rápidos para a frente e para trás na plataforma. Para os mais jovens os padrões de ativação muscular direção-específica estavam presentes. A deslocação para a frente resultou predominantemente na flexão dos músculos do pescoço, do reto abdominal, do reto femoral enquanto os músculos extensores do pescoço, dorsais e lombares, ísquio-tibais mostraram quantidades variáveis de inibição. Durante as deslocações para trás os músculos extensores do pescoço, dorsais e lombares e isquiotibiais eram preferencialmente ativados. A atividade muscular não pode ser explicada por simples mecanismos de reflexo, mas é provável que reflitam a maturação da atividade motora produzida centralmente de uma certa forma. No entanto, a indicação de uma contribuição de mecanismos de reflexos de estiramento estão também presentes. Com o aumento da idade a variação nos padrões de ativação dos músculos diminui, resultando na seleção dos padrões mais completos. A capacidade para modular a amplitude da seleção, mais completa durante os padrões de deslocamentos para a frente, com respeito á velocidade da plataforma e a posição inicial da bacia surgiu entre os 9-10 meses (Hadders-Algra et al., 1996b).

Por fim, em outro estudo foi avaliado o desenvolvimento do controlo postural sentado, longitudinalmente, em cinco crianças normais em três fases do sentar: Fase 1-quando a criança consegue segurar a sua cabeça e a porção superior do tronco, mas não consegue sentar de forma independente; Fase 2- quando consegue sentar-se de forma independente

por breves períodos de tempo; Fase 3- quando consegue sentar-se de forma independente. Métodos de dinâmica não linear foram usados para analisar os dados dos centros de pressão (COP) durante o sentar em termos de estabilidade do sistema neuromuscular (exponente de Lyapunov), dimensões do movimento (corelação da dimensão) e complexidade/ regularidade (Approximate Entropy). Os resultados indicaram mudanças significativas nas medidas não lineares ao longo do tempo, com um aumento da estabilidade e um aumento na regularidade revelando estratégias mais estáveis e periódicas para manter o controlo postural. A dimensionalidade diminuiu da fase 1 para a fase 2, indicando uma restrição dos graus de liberdade. Consequentemente, a dimensionalidade aumentou da fase 2 para a fase 3, indicando uma libertação dos graus de liberdade com o aparecimento da posição sentada de forma independente. A análise não linear das séries temporais do COP apoia a perspetiva de que o desenvolvimento do controlo postural é um processo dinâmico pelo qual a criança aprende a controlar graus de liberdade do corpo para alcançar a postura de sentada (Harbourne & Stergiou, 2003).

1.1.7.5. Medidas de Avaliação do Controlo Postural

As pequenas mudanças no controlo postural são difíceis de quantificar usando as ferramentas de avaliação estandardizadas na infância. Um estudo de Kyvelidou et al. (2010) com o objetivo de identificar medidas de variabilidade de oscilações posturais na posição de sentado mostrou que estas são significativamente diferentes entre as crianças com desenvolvimento normal, atraso do desenvolvimento ou hipotónicas, e crianças que mais tarde foram diagnosticadas com paralisia cerebral espástica ou atetóide. Para tal, 65 crianças foram avaliadas quando elas tinham acabado de desenvolver a habilidade de sentar através dos dados de centro de pressão (COP) usando medidas de quantidade e organização temporal da variabilidade do COP. Os resultados indicaram que as medidas de variabilidade do COP poderiam diferenciar entre crianças com atraso de desenvolvimento e crianças com PC e adicionar a descrição do comportamento postural sentado. Este método de avaliação de controlo postural sentado pode ser uma ferramenta objetiva para ajudar a descrever características distintas de atraso de desenvolvimento numa criança, e pode ajudar no desenho de intervenções terapêuticas seletivas para melhorar o controlo postural de crianças com atraso de desenvolvimento (Kyvelidou, Harbourne, & Stergiou, 2010).

Sentar-se independentemente é a primeira postura controlada durante o desenvolvimento e também pode ser analisada por dinâmica não linear. Harbourne et al. (2009) mostraram que a

análise não linear do controlo postural da posição de pé em adultos saudáveis revela uma estrutura caótica de séries temporais do centro de controlo. Então desenvolveram um estudo com o objetivo de descrever fatores que podem ser interpretados para uso clínico em avaliar o controlo postural para crianças, e determinar se a análise não linear fornece informação adicional sobre o controlo postural não quantificado por medidas lineares standardizadas. Quatro fatores foram identificados: a área do balanço postural e a variabilidade global do balanço (linear); a complexidade do balanço na direção ântero-posterior (não linear); a variabilidade da força ou velocidade (linear); e a complexidade do balanço na direção médio-lateral (não linear). As medidas não lineares, que são usadas para avaliar a complexidade de muitos sistemas psicológicos, descrevem a variabilidade do controlo postural que não é descrito por medidas lineares. As medidas não lineares podem ser críticas em determinar o desenvolvimento do sistema de controlo postural em crianças e pode ser útil num diagnóstico precoce de desordens de movimento. A avaliação da dinâmica não linear do controlo postural revela uma estrutura caótica do controlo postural na infância, que pode ser um indicador de controlo postural saudável de todo o desenvolvimento (Harbourne, Deffeyes, Kyvelidou, & Stergiou, 2009).

1.1.8. Terapêutica

A intervenção precoce tem vindo a ganhar preponderância nas últimas décadas. A principal vantagem de intervir no início de vida é que o cérebro é considerado como tendo muito plasticidade nesse momento (Kolb, Brown, Witt-Lajeunesse, & Gibb, 2001). A plasticidade elevada pode ser esperada entre 2-3 meses de vida até aos 6-8 meses. A maior importância da desvantagem em iniciar a intervenção quando a desordem se tornou inigualável é que ela é visível já numa fase tardia relativamente à plasticidade do cérebro (Hadders-Algra, 2001). De facto, estudos anteriores indicaram que os programas de intervenção antes do 9º mês trazem mais melhorias tanto nos programas motores como nas habilidades pessoais (Shonkoff & Hauser-Cram, 1987). Com base nisto, parece sábio iniciar a intervenção o mais cedo possível.

A intervenção precoce é aplicada a crianças com riscos biológicos de vir a desenvolver problemas ou com crianças com atraso do desenvolvimento. A intervenção precoce consiste em providenciar à criança serviços multidisciplinares desde o nascimento até aos 5 anos de idade a fim de proporcionar à criança saúde e bem-estar, melhorar as suas competências, minimizar o atraso do desenvolvimento, remediar as desordens existentes ou emergentes,

prevenir a deterioração funcional e promover um bom apoio e adaptação familiar (Blauw-Hospers & Hadders-Algra, 2005).

Assim sendo, o papel da Fisioterapia na intervenção precoce é o de proporcionar um ambiente rico em perceções em que o bebé descobre, através de exploração ativa, estratégias que são valiosas para o sucesso funcional. De seguida serão enumerados alguns princípios de tratamento usados num ambiente de brincadeira com o infante pela *Tscharnuter Akademie for Movement Organization*:

- 1- Todos os movimentos são iniciados pela criança; a atenção da criança é necessária para a tarefa de modo que a tarefa tem de ter valor para a criança;
- 2- O ambiente está configurado para exigir mudanças muito pequenas nas habilidades;
- 3- O objetivo é ajudar a criança a reunir informações sobre as possibilidades de movimento e adaptar-se a pequenas mudanças na distribuição de forças;
- 4- Os erros são esperados e permitidos para que a aprendizagem ocorra;
- 5- Um aumento na variabilidade dos movimentos é desejada e incentivada (Tscharnuter, 2002).

As pistas fornecidas durante a intervenção orientam a crianças para informações específica propriocetivas, tácteis e de pressão para realizar uma tarefa. Uma parte crucial da abordagem requer a iniciação da ação pela criança, com o fisioterapeuta auxiliando em pequenos incrementos mas não dirigindo o movimento. Este auxílio na tarefa deve ser diminuído ao longo do tempo. As informações e a percepção da informação para guiar o movimento são importantes na construção das habilidades. Outro aspeto da intervenção percepção-motora é o contacto físico. O toque e as pistas informacionais para a percepção de orientação são também bem estabelecidos em pesquisas sobre controlo postural. As crianças aprendem a controlar o seu corpo através de múltiplos contextos, erros e estratégias dos quais os parâmetros que são bem-sucedidos para a tarefa específica são selecionados. A adaptação e seleção das estratégias de acordo com as exigências ambientais (incluindo o próprio toque do cuidador) são suportadas pela percepção-ação e pelas perspetivas teóricas ecológicas que adicionam para a nossa compreensão do controlo postural em populações especiais (Harbourne, Willett, Kyvelidou, Deffeyes, & Stergiou, 2010b).

Diversas intervenções terapêuticas foram desenvolvidas para controlar o tónus muscular anormal, incluindo os tratamentos farmacológicos, cirúrgico e físico. O tipo de tratamento escolhido depende de diversos fatores, incluindo distribuição, severidade e cronicidade (Cook & Woollacott, 2003).

As técnicas de estimulação sensorial podem ser usadas para facilitar o tónus muscular. Por exemplo, o gelo pode facilitar o tónus muscular quando é aplicado rapidamente, num breve deslizamento sobre o músculo. Os vibradores também têm sido usados para facilitar a atividade do músculo. O alongamento rápido de um músculo também facilita a sua ativação através do reflexo de alongamento. Os toques rápidos ou as punções também facilitam a atividade muscular (Cook & Woollacott, 2003).

1.2. Apresentação do Problema

Durante a prática clínica é frequentemente confrontar-se com crianças com atrasos do desenvolvimento motor, sendo que se verificou que as crianças têm adotado outro tipo de comportamento, mais motivador, perante um estímulo externo.

Sendo que segundo a Teoria das *Affordances* o individuo comporta-se em função do que a percepção lhe permite, os objetos dispostos no envolvimento congregam em si próprios a *affordance* do que lhes é típico. Pode-se assim dizer que existe uma combinação invariante de múltiplas variáveis do envolvimento, que permite um determinado comportamento da parte de um determinado animal (Gibson, 1979). Sendo assim, quando a criança está perante um brinquedo dentro da sua zona limite de alcance, está a sentir o desejo de alcançá-lo e de interagir com ele.

Se a regulação de constrangimentos extrínsecos propicia desenvolvimento da coordenação motora (Newell, 1986), então a aprendizagem motora é um processo que aumenta a coordenação entre a percepção e a ação, de maneira consistente com as restrições da tarefa e do ambiente. Durante a prática existe uma busca de estratégias ideais para a execução da tarefa, dadas as restrições. Uma parcela da busca destas envolve não apenas a descoberta de uma resposta motora adequada para a tarefa, mas também o ato de identificar as dicas perspectivas mais adequadas. Assim, os sistemas de percepção e ação estão incorporadas ou mapeados numa solução ideal da tarefa.

Uma terapêutica baseada numa estimulação funcional resultou num aumento da estabilidade e um aumento na regularidade revelando estratégias mais estáveis e periódicas para manter o controlo postural. A análise não linear das séries temporais do controlo postural apoia a perspectiva de que o desenvolvimento do controlo postural é um processo dinâmico pelo qual a criança aprende a controlar graus de liberdade do corpo para alcançar a postura de sentada. A

realização da posição de sentar independente parece acontecer sem esforço e ser apenas uma parte normal do processo de maturação. Uma vez que uma criança consegue controlar a cabeça e o tronco na posição de sentado, os braços estão abertos à exploração e às atividades funcionais. No entanto, a posição sentada independente requer estabilização dinâmica de todos os segmentos ligados ao corpo, e é um processo complexo de aprendizagem e adaptação a várias forças do ambiente (Harbourne et al., 2009).

A questão é se uma criança, que ainda não possui controlo postural sentada, quando colocada num determinada ambiente, sujeita a estímulos extrínsecos – brinquedo- irá alterar o seu comportamento.

1.3. Objetivo do Trabalho

Objetivo Geral:

O objetivo deste trabalho é de verificar se a presença de um constrangimento da tarefa (alcançar para agarrar um brinquedo) propicia alteração melhorada da estabilidade da postura de sentado na criança.

Objetivos Específicos:

Investigar se o desenvolvimento do controlo postural na posição de sentado tem origens deterministas, e determinar como estas podem ser caracterizadas através de análise cinemática.

- Verificar se a estimulação funcional propicia estabilidade postural.
- Identificar como as alterações posturais evoluem ao longo do tempo;
- Identificar se existem diferenças de controlo postural com e sem a estimulação num bebé hipotónico e num bebé controlo.

1.4. Hipótese Levantada

Hipótese 1: Na presença de objeto para agarrar a postura de sentado é significativamente mais estável que na sua ausência?

Hipótese 2: Existem alterações do controlo postural ao longo do tempo no bebé hipotónico?

Hipótese 3: Existem diferenças de controlo postural com estimulação no bebé hipotónicos e no bebé com tónus normalizado.

2. Metodologia

Neste capítulo do trabalho será apresentada a caracterização da amostra, os materiais a utilizar, as tarefas, procedimentos e protocolos, e o desenho experimental do projeto.

2.1. Caracterização da Amostra

A amostra é constituída por um bebé portador de hipotonia, diagnosticada pelo Pediatra (Ver anexo 1), disponível para intervenção terapêutica proposta, com consentimento informado voluntário de encarregado de educação (Ver anexo 2). O bebé iniciou a Fisioterapia com 8 meses, com uma frequência de 2 vezes por semana com a duração de 30 a 40 minutos cada sessão. Possuía um bom controlo da cabeça mas não tinha equilíbrio sentado sem apoio.

O bebé controlo seleccionado tinha a mesma idade do que o hipotónico no primeiro momento de recolhas do estudo (bebé hipotónico 9 meses e 11 dias no primeiro momento e 10 meses e 5 dias no segundo momento de recolhas enquanto o controlo tinha 9 meses e 4 dias). Ambos os bebés nasceram de parto normal e a termo, com índice de Apgar 9/10. Foi também explicado aos encarregados de educação do bebé controlo o objetivo do estudo e estes aceitaram voluntariamente participar (Ver anexo 3).

Os critérios de inclusão para as crianças no início do estudo foram a capacidade da criança segurar a cabeça quando apoiada no tronco e a iniciação da capacidade para alcançar objetos suportada na posição de sentada. Os critérios de exclusão para as crianças incluídas foram diagnosticados com deficit visual, ou diagnosticados com problemas neuromusculares. As crianças irão ser acompanhadas até conseguirem se sentar independente.

2.2. Materiais a Utilizar

Os materiais a utilizar são uma câmara e cassete, um tripé, um cubo de calibração, refletores (3), um body escuro para o bebé, um holofote, um colchão e brinquedos (piano e rolo de espuma) (Ver Fig. 1)

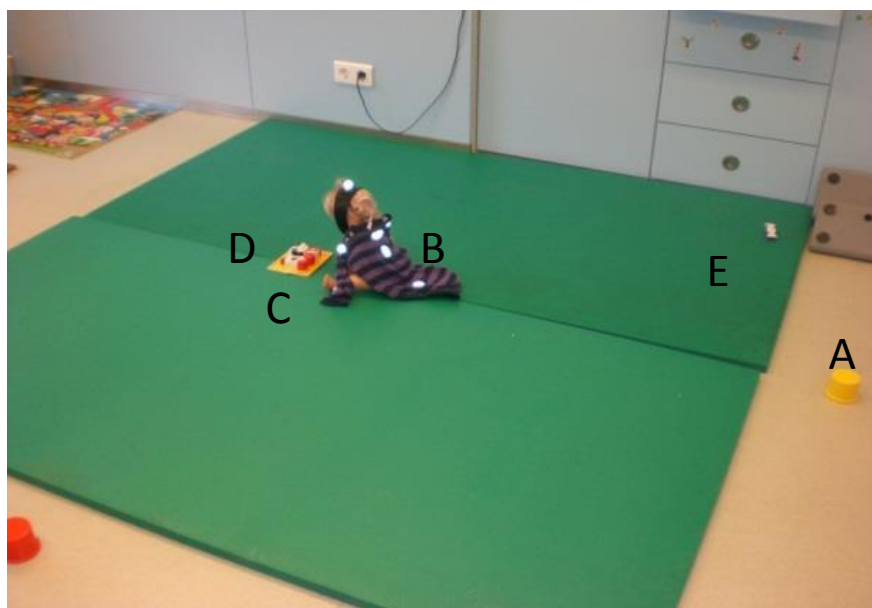


Figura 1 – Sala em que é realizado o estudo

(Legenda- A: Câmara; B: Criança; C: Brinquedo; D: Experimentador; E: Projetor de Luz)

2.3. Tarefas, Procedimentos e Protocolos

As crianças tiveram disponibilidade de tempo para se acostumar com o ambiente do ginásio de Fisioterapia, assim como da Experimentadora em cada sessão, e a preparação e recolha de dados foi realizada com um ou ambos os parentes ao lado. Foram utilizados um conjunto padrão de brinquedos infantis para distração e conforto. A criança foi sempre confortada quando necessário para que um estado calmo, de alerta seja mantido.

A criança foi vestida com um body de cor escura com refletores localizados a nível da sétima cervical (C7), da sétima dorsal (D7) e da quinta vértebra lombar (L5). Foi colocado um projetor de luz estrategicamente para melhor conseguir focar os refletores. A câmara foi colocada atrás da criança para conseguir capturar imagens no plano frontal e assim conseguir obter as oscilações médio-laterais que apresentava.

Uma câmara de vídeo, marca Canon, modelo Legria hf16, fixa num tripé, e alinhada com a linha mediana dorsal da criança, registou o percurso dos três refletores. A deslocação no plano frontal dos refletores foi posteriormente registada através do *software* Kinovea 0.8.15.

A Experimentadora esteve sempre junto a criança (Ver Figura 2), para sua segurança, e sempre que foi necessário houve contacto físico entre a criança e a mão da Experimentadora. Este

procedimento foi particularmente importante para a criança com hipotonia, decorrente da dificuldade que tinha em manter a posição sentada.



Figura 2 – Momento de recolha de dados, com criança com hipotonia, na condição com estimulação

Inicialmente foi avaliado, uma vez o bebé estável e calmo, o controlo postural na posição de sentado sem interação com experimentadora ou brinquedo- condição sem estimulação (Ver Fig.3). Depois foi avaliado o controlo postural na mesma posição mas desta vez com interação do brinquedo- condição com estimulação. Para melhor e mais honesta comparação de ambos os momentos, o tempo e o número de dados foi exatamente o mesmo para os momentos com e sem estimulação, em ambos os bebés. Com o bebé sem hipotonia (bebé que funcionou como controlo), as brincadeiras realizadas foram as mesmas que com o bebé com hipotonia (caso de estudo) para uma comparação entre os dois bebés mais adequada.



Figura 3 – Momento de recolha de dados, com criança sem hipotonia, na condição sem estimulação e com registo Kinovea de deslocação dos marcadores.

Como as recolhas foram realizadas em contexto semi-ecológico, regulando-se pela disponibilidade, a maioria das vezes momentânea e pontual, de não interação (condição sem estimulação) ou de interação regulada pela experimentadora (condição com estimulação), os episódios que constituíram amostra em ambos os bebés foram selecionados a partir das filmagens obtidas, mediante protocolo estabelecido. Foram obtidos quatro episódios situações com e sem estimulação para o bebé hipotónico e, consequentemente, emparelhadas com episódios equivalentes em número, duração, condição e tipo, do bebé controlo (sem hipotonia). Para episódios sem estimulação obtivemos sequências de 6,13s (185 imagens); 7,70s (232 imagens); 8,23s (248 imagens); e, 10,83s (326 imagens). Para episódios com estimulação obtivemos sequências emparelhadas para ambos os bebés: criança interagindo com um piano de brincar, à altura dos seus ombros, dentro do seu espaço pessoal (6,13s); criança interagindo com um rolo de espuma, percutindo nele, à altura dos ombros, dentro do seu espaço pessoal (7,70s); criança interagindo com um rolo de espuma, percutindo nele, à altura dos ombros, no seu espaço peri pessoal (8,23s) (Ver Fig.4)); criança interagindo com um piano de brincar à altura do seu olhar, dentro do seu espaço pessoal (10,83s). Estes episódios refletem a intencionalidade estabelecida, *a priori*, de analisar resposta postural sentada em níveis e a distâncias variados.



Figura 4 – Momento de recolha de episódio de criança hipotónica interagindo com um rolo de espuma, percutindo nele, à altura dos ombros, no seu espaço peri pessoal, já com registos Kinovea.

Houve um segundo momento de recolha para o bebé hipotónico, passados 18 dias da primeira recolha. Foram registados três episódios, em todos o bebé interagiu com o piano, no chão, no

seu espaço peri pessoal (duração e número de dados por episódio: 5,76s, 145 imagens; 6,96s, 175 imagens; 9,80s, 233 imagens) (Ver Anexo 4).

2.4. Desenho Experimental

2.4.1. Tipo de Estudo

Trata-se de um estudo de caso, com amostra de controlo emparelhada; pré-experimental. Havendo dois momentos de recolha na criança hipotónica, e reconhecendo ameaças de interpretação decorrentes de processos maturativos de aprendizagem, é possível análise pré pós (Ver Fig.5), principalmente, tendo em consideração que esta criança foi alvo de intervenção fisioterapêutica com base no pressuposto teórico de estimulação funcional da postura de sentado, com tarefas em ginásio e prescritas para casa, como as ilustradas e descritas nos episódios analisados da condição com estimulação.

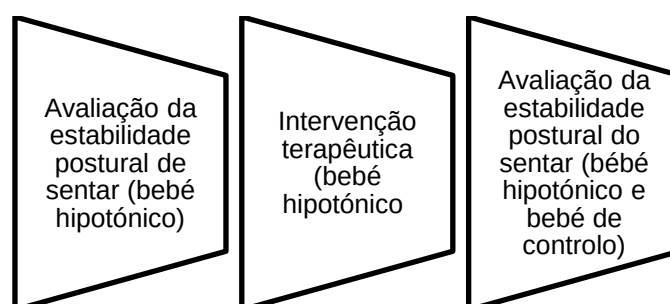


Figura 5 - Fases do estudo.

A criança de controlo foi testada após todas as recolhas da criança hipotónica (caso), de modo a assegurar episódios emparelhados.

2.4.1.1. Notação Experimental

Tabela 1 – Notação experimental (N – criança hipotónica, C – criança controlo, O - momentos de observação, X – processo terapêutico).

N	O _{sem estimulação}	O _{com estimulação}	X	O _{sem estimulação}	O _{com estimulação}
C				O _{sem estimulação}	O _{com estimulação}

2.4.2. Limitações

Este estudo poderá ser altamente condicionado por ameaças à sua validade interna, nomeadamente, maturação da criança, que teria sido parcialmente controlável com aumento do tamanho da amostra, e, aprendizagem, que só seria parcialmente controlável com definição pormenorizada de programa de estimulação em ginásio e em casa. Sendo um estudo de caso, a amostra é obviamente pequena para poder ser representativa, tanto como padrão de respostas posturais em contexto não funcional e funcional (ambas as crianças), bem como indicadora de potencial de modelo de intervenção terapêutica (criança hipotónica).

2.4.3. Plano Operacional de Variáveis

A Tabela 2 apresenta o plano de operacionalização das variáveis do estudo.

Tabela 2 – Plano de operacionalização de variáveis.

Variável Independente	Tipo	Variável Dependente	Tipo
Constrangimento da Tarefa	Nominal	Cinemática do Tronco	Intervalar

2.4.4. Tratamento de Dados

A deslocação no plano frontal dos refletores foi posteriormente registada através do *software* Kinovea 0.8.15. Os dados foram tratados através de rotinas de MATLAB, para análise dos gráficos de série temporal e de recorrências, e para determinação dos parâmetros: percentagem de determinismo, entropia, entropia relativa, comprimento máximo e médio da linha, e tendência. Foram respeitados os seguintes critérios: i) dimensão do *embedding* 12; ii) reescalonamento médio da distância do raio; iii) seleção da percentagem de raio com pelo menos 1% de recorrência. Se o *embedding* escolhido for demasiado alto, o efeito de ruído pode ser ampliado. Webber recomendou, para análise de dados fisiológicos, um *embedding* entre os 10 e os 20 (Riley, Balasubramaniam, & Turvey, 1999).

É possível representar a sequência de oscilações posturais num gráfico de séries temporais e quantificar a frequência com que determinados valores se repetem. Um gráfico de séries

temporais não é mais de que a sequência de dados recolhidos. Se há repetição de determinados valores, ao longo do tempo (recorrência), esta pode ser representada num gráfico de recorrências (Gao & Huaqing, 2000). Este gráfico possui uma linha diagonal, que é a repetição do próprio dado. As restantes representações no espaço do gráfico, que é simétrico relativamente à grande diagonal, podem ser variadas, tais como pontos, linhas diagonais, linhas verticais ou horizontais, que em conjunto podem produzir padrões mais complexos, como um axadrezado formas ramificadas ou várias listas espaçadas e paralelas; que indiciam certa complexidade e/ou periodicidade de comportamento do sistema analisado. Por exemplo, periodicidade, através de longas linhas diagonais, paralelas à grande diagonal, refletem uma estrutura rítmica nos dados. Pequenos segmentos de linhas diagonais, paralelas à grande diagonal, revelam repetições sistemáticas da série temporal e são indiciadoras de determinismo. Em termos de dinâmica do atrator²(Turvey, 1990), significa que o sistema revisita a mesma região do atrator em momentos diferentes (Riley et al., 1999). A quantificação destas recorrências permite várias medições: i) percentagem de determinismo- percentagem de pontos recorrentes adjacentes que repetidamente revisitam a mesma região do atrator, que é o que essencialmente determinismo significa; ii) entropia- probabilidade de frequência de linhas diagonais com certos comprimentos para lá do expectável; quanto mais periódico o sistema for menor será o valor de entropia; iii) tendência- quantificação do empalidecer progressivo de pontos em relação à grande diagonal; valores (habitualmente negativos) próximos de zero significam estacionaridade (Webber & Zbilut, 2005).

A análise de quantificação de recorrência (RQA) é um método de análise não linear dos dados para a investigação de sistemas dinâmicos. Quantifica o número e a duração das recorrências de um sistema dinâmico representado pela sua fase de trajetória no espaço. Um dos processos do RQA é identificar pontos que são vizinhos no espaço reconstruído. Pontos separados no tempo mas que são espacialmente vizinhos no espaço reconstruído reflete recorrência no tempo – com o decorrer do tempo e a evolução da dinâmica observada, os pontos de dados retomam a mesma região da fase temporal (eles recorrem). A RQA é adequada para sinais não estacionários e quantifica estruturas dinâmicas (deterministas) e não estacionárias (Riley et al., 1999). No entanto, este instrumento não deve ser considerado adequado para testar tratamentos, mas sim para detetar alterações de estado do sistema analisado.

² Segundo Turvey (1990), um atrator é um estado preferencial ou sequência de estados em que um sistema passa de uma condição arbitrária inicial para seguintes distúrbios arbitrários.

2.4.5. Tratamento Estatístico

Os dados recolhidos através do *software* Kinovea 0.8.15 foram tratados para a análise linear, em que se calculou o valor mínimo, máximo, intervalo de diferença entre mínimo e máximo, a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação. Foram escolhidos estes parâmetros estatísticos descritivos, principalmente os de dispersão, para complementar a informação obtida pelo método não linear. Os parâmetros de dispersão poderão fornecer indicações gerais sobre valor da estabilidade postural, em ambas as condições experimentais (com e sem estimulação), em ambas as crianças (com e sem hipotonia), e ao longo do tempo (momentos de recolha na criança hipotónica).

Para análise linear foram recolhidos os mesmos dados através do *software* Kinovea 0.8.15 e foram tratados através de rotinas de MATLAB. Os resultados obtidos foram analisados através do programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) 20.0. Foi feita análise descritiva dos parâmetros do RQA e uma análise inferencial não paramétrica emparelhada (*Wilcoxon*) entre parâmetros RQA nos dois momentos de recolhas na criança hipotónica. Para testar as hipóteses, foi utilizado um nível de significância de $z \leq 0,05$, bicaude.

3. Análise e Interpretação dos Resultados

De seguida serão descritos os resultados obtidos através das análises realizadas no bebé hipotónico e no controlo. Foram analisados os três marcadores isoladamente, C7, D7 e L5 e compararam-se os momentos sem e com estimulação. Analisou-se também a evolução do bebé hipotónico ao longo do tempo e por fim comparou-se o bebé hipotónico com o controlo. Foi feita uma análise linear e uma análise não linear.

3.1. Análise Linear

As técnicas lineares podem ser usadas para descrever o quanto a criança se desloca (quantidade de movimento) em torno dela. Foram então utilizadas medidas lineares para avaliar a oscilação postural, das quais foram incluídas: o valor mínimo, máximo, diferença entre este dois, a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação (Ver Anexo 5). Estes parâmetros foram seleccionados de acordo com Chiari et al. (2002), como sendo relativamente independentes de fatores biomecânicos (como o peso e a altura), que se esperam mudar com o desenvolvimento. Estas medidas lineares caracterizam a quantidade de variabilidade de movimentos presentes nos dados (Deffeyes et al., 2009).

De seguida serão apresentados os resultados com e sem estimulação para o bebé hipotónico no momento 1 (ver tabela 3), e no momento 2 (ver tabela 4) e para o controlo (ver tabela 5).

Tabela 3 – Medidas Lineares para o bebé hipotónico no Momento 1.

	Bebé Hipotónico Momento 1								
	C7		Diferença SE→CE	D7		Diferença SE→CE	L5		Diferença SE→CE
	SE	CE		SE	CE		SE	CE	
Diferença intervalo	9,93	7,16	↘	7,50	6,28	↘	1,69	1,42	↘
Média	4,69	3,63	↘	4,06	3,36	↘	0,90	0,72	↘
Desvio Padrão	2,64	1,82	↘	1,99	1,67	↘	0,39	0,32	↘
Coeficiente Variação	1,13	0,55	↘	0,48	0,58	↗	0,44	0,56	↗

Para o Momento 1 (ver tabela 3) pode-se verificar que, com a estimulação, o intervalo de movimento, a média e o desvio padrão diminuíram e o coeficiente de variação aumentou em todos segmentos corporais analisados. Isto significa que com a estimulação a criança foi se tornando mais estável apresentando menos oscilações.

Tabela 4 – Medidas Lineares para o bebé hipotónico no Momento 2.

	Bebé Hipotónico Momento 2								
	C7		Diferença SE→CE	D7		Diferença SE→CE	L5		Diferença SE→CE
	SE	CE		SE	CE		SE	CE	
Diferença intervalo	9,00	5,05	↘	5,31	5,13	↘	1,49	2,57	↗
Média	5,01	3,29	↘	2,93	2,17	↘	0,82	1,32	↗
Desvio Padrão	2,51	1,82	↘	1,43	1,22	↘	0,35	0,66	↗
Coeficiente Variação	0,50	0,54	↗	0,51	0,55	↗	0,43	0,47	↗

Para o Momento 2 (ver tabela 4) pode-se verificar que com a estimulação o intervalo de movimento, a média e o desvio padrão diminuíram em C7 e D7 mas aumentou em L5. O coeficiente de variação aumentou em todos os segmentos. Estes resultados não seriam de esperar, uma vez que L5 é uma articulação com poucos graus de liberdade e requer estabilização na posição de sentado. Pensa-se que o bebé hipotónico estaria a tentar “descongelar” os graus de liberdade, para testar os seus limites e novas posições (esta teoria será descrita mais abaixo).

Tabela 5 – Medidas Lineares para o bebé Controlo.

	Bebé Controlo								
	C7		Diferença SE→CE	D7		Diferença SE→CE	L5		Diferença SE→CE
	SE	CE		SE	CE		SE	CE	
Diferença intervalo	9,32	7,90	↘	7,02	7,43	↗	1,82	1,35	↘
Média	3,67	2,04	↘	2,58	4,15	↗	0,66	0,77	↗
Desvio Padrão	2,19	2,04	↘	1,60	2,07	↗	0,41	0,31	↘
Coeficiente Variação	0,62	0,44	↘	0,58	0,52	↘	0,61	0,49	↘

Para o bebé controlo (Ver tabela 5) verificou-se que com a estimulação o intervalo de movimento, a média, desvio padrão e coeficiente de variação diminuíram com a estimulação em C7 e L5 (com exceção na média em L5) mas aumentou em D7 (com exceção ao coeficiente de variação). Isto talvez porque o bebé controlo já não necessitava de tanta estabilização dos segmentos corporais mais estabilizadores uma vez que já estava mais seguro e então aumentou os graus de liberdade desta articulação para melhor interagir com o brinquedo.

3.1.1. Síntese

Verificou-se que as mediadas lineares nas oscilações posturais do sentar são diferentes na criança hipotónica e na criança controlo nos marcadores D7 e L5 no que diz respeito a área de balanço postural e na variabilidade global do balanço. A criança controlo oscilou mais mas foi menos variável.

Geralmente, os valores relativos das medidas lineares são interpretados como quantificadores da estabilidade e da saúde. Valores mais altos usualmente indicam instabilidade, enquanto valores mais baixos indicam melhores habilidades e estabilidade (Harbourne, Deffeyes, Kyvelidou, & Stergiou, 2009).

As medidas lineares podem representar a quantidade e a globalidade da variabilidade das oscilações posturais, mas não a coordenação das estruturas dependentes do tempo da oscilação. Visto desta forma, o grande intervalo de oscilação pode estar presente com um controlo postural estável, como uma pessoa que é capaz de ir até aos limites dos limites da base de suporte de forma segura. Pelo contrário, um grande intervalo pode estar presente em pessoas com grandes dificuldades em manter o centro de massa dentro da base de suporte, e que é mais propícia a perder o equilíbrio (Harbourne et al., 2009).

Pensa-se que terá sido o que aconteceu com a criança controlo, quando aumentou o intervalo de oscilações, uma vez que esta estava segura que não iria perder o equilíbrio.

Como as crianças aprendem a sentar-se de forma adaptativa, eles aprendem a fazer pequenas transferências de peso com um aumento da amplitude de movimento. Pequenas transferências de peso permitem a criança alcançar e ver o mundo, bem como começar a transição de sentar para gatas (Harbourne et al., 2010b).

Uma criança pode ter uma grande quantidade de oscilação postural devido a um mau controlo do movimento, ao passo que outra criança pode apresentar uma grande oscilação postural por estar a explorar o ambiente após ter aprendido boas habilidades de controlo postural. Assim, as medidas de quantidade de movimento, não indicam necessariamente o progresso que o lactente faz no controlo do movimento. O que é necessário são medidas de qualidade, a fim de desenvolver um entendimento mais completo do desenvolvimento do controlo postural (Deffeyes et al., 2009).

Este tipo de análise é limitado, uma vez que apenas indicam a quantidade de variabilidade e não a natureza da variabilidade no sistema.

3.2. Análise não Linear

As ferramentas não lineares podem ser aplicadas para medir o desenvolvimento do controlo postural sentado e podem detetar alterações que são concorrentes com alterações de habilidades funcionais. Embora as alterações nas medidas lineares indicam flutuações na variabilidade, as alterações nas medidas não lineares indicam um aumento na complexidade do controlo do sistema postural para valores normativos. Um aumento na complexidade será consistente com o aumento da variedade de estratégias posturais e de movimentos presentes na criança e um surgimento de novas capacidades no sentar e chegar fora da zona da base de apoio. As ferramentas de medição provenientes de dinâmica não linear caracterizam a complexidade da variabilidade do movimento fornecendo meios úteis para testar o desenvolvimento motor (Stergiou, Harbourne, & Cavanaugh, 2006).

Para tal foi feita uma análise de quantificação de recorrência (RQA) que é um método de análise não linear dos dados para a investigação de sistemas dinâmicos. Quantifica o número e a duração das recorrências de um sistema dinâmico representado pela sua fase de trajetória no espaço. A RQA é adequada para sinais não estacionários e quantifica estruturas dinâmicas (deterministas) e não estacionárias (Riley et al., 1999).

A análise de recorrência e do determinismo permitem detetar qualitativa e quantitativamente a dinâmica de um sistema. São ferramentas ideais para a quantificação da qualidade da oscilação postural, tornando-se assim clinicamente úteis para estudar o desenvolvimento do controlo motor em crianças (Deffeyes et al., 2009).

3.2.1. Análise Qualitativa

Antes de falar em medidas quantitativas derivadas dos gráficos de recorrência é importante ter em conta as características qualitativas. A distinção básica pode ser feita entre tipo e textura (Riley et al., 1999).

Através da visualização dos gráficos de recorrência (Ver Anexo 6 e Figura 6) pode-se observar algumas diferenças básicas nos gráficos sem relativamente a com estimulação, assim como diferenças ao longo do tempo e no bebé controlo. Assim, com a estimulação, relativamente a textura:

- Verifica-se uma heterogeneidade no gráfico que se refere a uma distribuição heterogénea dos pontos ao longo do gráfico o que resulta num gráfico não uniforme. Isto significa que é uma estrutura dinâmica, não aleatória.
- Verifica-se deriva, que se refere-se a uma tendência do gráfico a aclarar com o aumento da distância da diagonal principal (quanto o mais longe da diagonal, menos pontos). O aclarar é uniformemente progressivo, podendo refletir não estacionaridade sob a forma de um “trend” gradual.
- Por fim, a não periodicidade, pois, se tal acontecesse, haveria presença de longas linhas diagonais paralelas à principal diagonal. O que não seria de esperar, uma vez que a o controlo postural da criança é dinâmico.

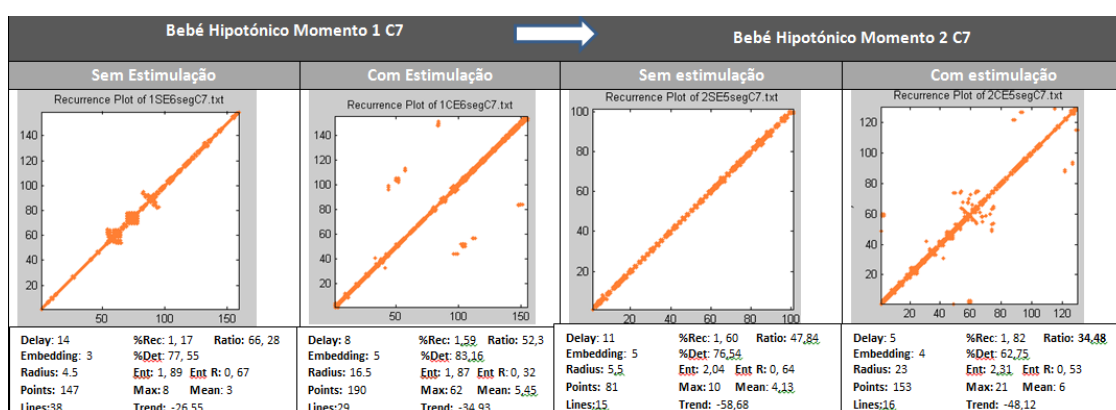


Figura 6 – Gráficos de Recorrência com e sem estimulação ao longo do tempo

Relativamente a textura, vários tipos podem ser identificados. Primeiro, quando se verifica um ponto recorrente isolado, tal reflete aleatoriedade, comportamento caótico. Em segundo lugar, segmentos de linha curta também podem ser observados, sendo estes segmentos

diagonais e paralelos à principal diagonal, isto significa que os padrões das sequências vetoriais na série temporal repetem-se várias vezes ao longo do período de observação, isto indica determinismo. Em termos de dinâmica do atrator, isto significa que o sistema revisitou a mesma região do atrator por diversas vezes. Vários segmentos diagonais ascendentes podem ser observados. Quando os segmentos estão diagonais e perpendiculares à principal diagonal, as sequências vetoriais em diferentes localizações na série são imagens de espelho uma da outra. Isto é esperado para oscilações simples. Quando os segmentos são horizontais ou verticais, as sequências vetoriais isoladas correspondem a uma sequência repetida de vetores mais longes ao longo da dinâmica (separadas pelo tempo).

Podem também ser observadas bandas de espaço em branco (sem pontos recorrentes), que indicam uma atividade transitória ou uma mudança abrupta de nível, e pode refletir uma mudança de estado subjacente.

3.2.1.1. Síntese

Sendo assim, pode-se concluir que os gráficos com estimulação contêm pontos de recorrência isolados e singulares (indicadores de presença de ruído), segmentos de linhas diagonais para cima, assim como segmentos de linhas para baixo e segmentos de linha perpendiculares da grande diagonal (indicadores de estrutura determinística) e bandas de espaço branco (indicador de comportamento transitório a curto prazo).

3.2.2. Análise Quantitativa

Embora a observação visual dos gráficos de recorrência pode ser reveladora, um avanço significativo foi a quantificação de parcelas de recorrência (RQA). Cinco medidas podem ser obtidas por RQA: a percentagem de recorrência (%RECUR), a percentagem de determinismo (%DET), a razão entre estas quantidades (RATIO), a entropia, e a tendência (TREND). Todas estas variáveis são calculadas com base em pontos recorrentes em apenas uma metade triangular do gráfico de recorrência. Para além destas também foram determinados o número de pontos e linhas de recorrência, a linha máxima e a linha média (Ver Anexo 7).

3.2.2.1 Bebê hipotónico com e sem estimulação 1º momento

Tabela 6 – Bebê Hipotónico com e sem estimulação no 1ºMomento.

	Bebé Hipotónico C7		Bebé Hipotónico D7		Bebé Hipotónico L5	
	Média	Diferença SE→CE	Média	Diferença SE→CE	Média	Diferença SE→CE
Pontos Recorrentes SE	203,75	↗	331,50	↗	536,00	↗
Pontos Recorrentes CE	369,00		447,75		734,75	
Linhas SE	40,00	↗	44,50	↗	114,50	↗
Linhas CE	50,75		69,50		162,50	
%REC SE	1,26	↗	1,80	↗	3,11	↗
%REC CE	1,82		1,97		3,26	
%DET SE	87,24	↗	88,90	↘	86,20	↘
%DET CE	90,18		82,81		77,42	
Ratio SE	70,94	↘	53,93	↘	41,84	↘
Ratio CE	52,40		48,24		25,25	
Entropia SE	2,11	↗	2,48	↘	2,47	↘
Entropia CE	2,31		2,45		1,94	
Entropia Relativa SE	0,47	↘	0,42	↗	0,60	↘
Entropia Relativa CE	0,35		0,51		0,37	
Linha Máxima SE	34,50	↗	104,00	↘	30,25	↗
Linha Máxima CE	115,00		67,00		56,75	
Linha Média SE	4,41	↗	6,48	↘	4,21	↘
Linha Média CE	6,44		5,73		3,66	
Trend SE	-26,04	↗	-34,97	↘	-49,21	↗
Trend CE	-34,55		-26,40		-49,90	

Verificou-se que em todos os segmentos corporais estudados houve um aumento de número de pontos e linhas recorrentes com a estimulação (Ver Fig.7). Isto poderá significar que a criança se tornou mais periódica. Um maior número de pontos e linhas recorrentes revela periodicidade, através de longas linhas diagonais, paralelas à grande diagonal, e que reflete uma estrutura rítmica nos dados (Riley et al., 1999).

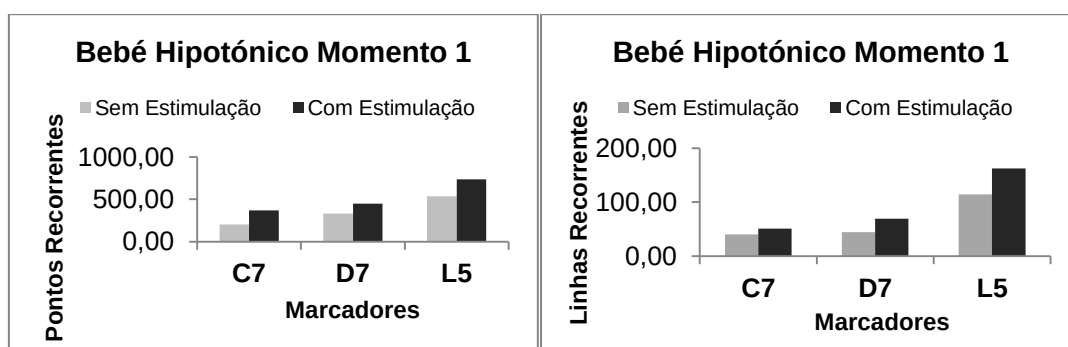


Figura 7 – Pontos e Linhas Recorrentes Momento 1

Houve uma diminuição no Ratio em todos os segmentos corporais (Ver Fig.8). O RATIO (%DET:%RECUR) pode ser útil na deteção de alterações no estado fisiológico. A análise de recorrência e do determinismo permitem detetar qualitativa e quantitativamente a dinâmica de um sistema (Riley et al., 1999). Assim sendo, pode-se concluir que com a estimulação houve alteração de estado, a criança tornou-se mais complexa, apresentando mais instabilidade. Apesar de se ter verificado um aumento de pontos e linhas recorrentes, ela ainda não está estável.

Há que destacar que em C7 a criança apresentou valores mais altos de determinismo com a estimulação. Sendo assim, teve um comportamento mais complexo. Um comportamento com um sinal menos previsível (recorrência mais baixa) e menos regular é um comportamento mais complexo (Riley, Kuznetsov, & Bonnette, 2011). Sendo assim, a criança teve um comportamento mais complexo em C7 e menos em D7 e L5, uma vez que é uma articulação mais móvel que acarreta mais dificuldade de controlo postural, podendo ter sido a tarefa ainda muito complicada para ela.

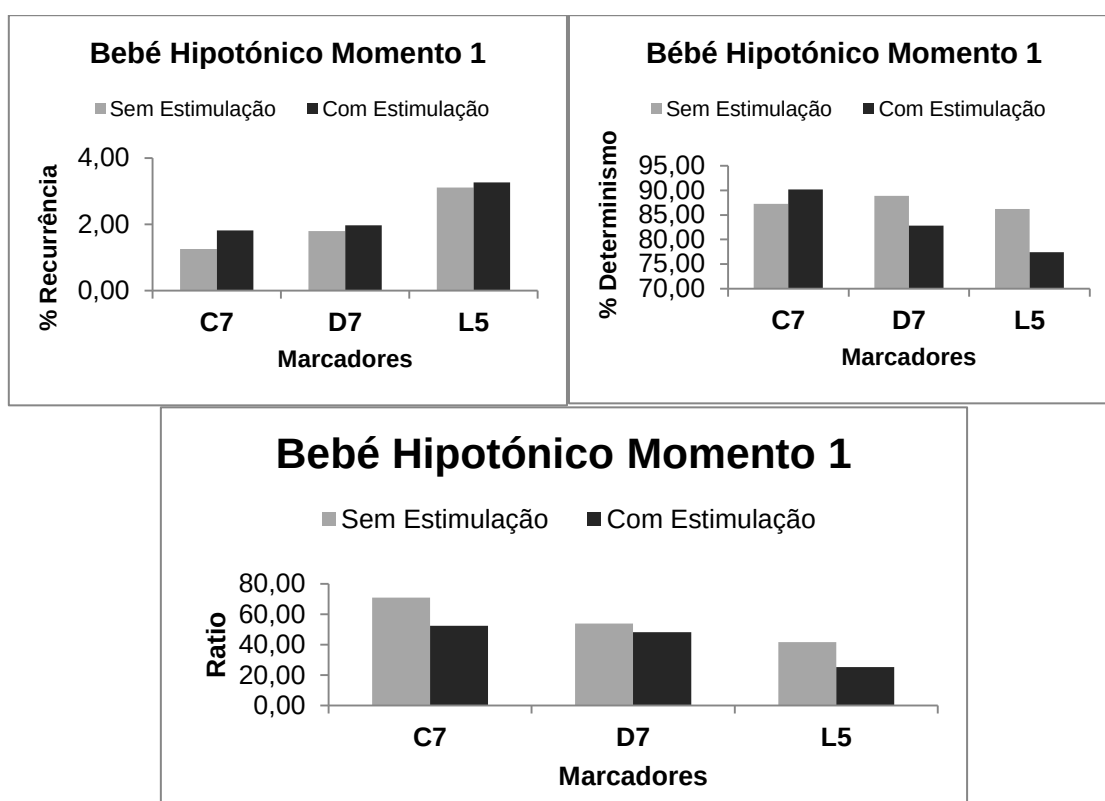


Figura 8 – %Determinismo, %Recorrência e Ratio no bebé Hipotónico Momento 1

Os valores de entropia e entropia relativa não foram iguais para os marcadores selecionados. Em C7 a entropia aumentou com a estimulação, o que pode significar que houve um aumento

da complexidade comportamental. Pelo contrário, em D7 e L5 diminuiu (Ver Fig.9). Tal fenómeno poderá ter acontecido pela teoria de libertação e “congelamento” dos graus de liberdade, o que fez com que para poder interagir com o brinquedo a criança “congelasse” os segmentos do corpo caudais e libertasse os mais cefálicos, a C7, para poder interagir livremente com o brinquedo, sendo que C7 maior que D7 e D7 maior que L5. Com base neste quadro teórico, Harbourne e Stergiou usaram os dados do centro de pressão (COP) para mostrar que os infantes adquirem a postura sentada na direção ântero-posterior (AP) da oscilação por congelamentos e libertação dos graus de liberdade durante a fase intermédia (6 a 7 meses) e tardia (7 a 8 meses) da aquisição do sentar, respetivamente. Além disso, descobriram que o controlo postural torna-se mais estável com o desenvolvimento. Eles postularam que a estratégia de congelamento e libertação dos graus de liberdade permitem ao infante primeiro reunir uma habilidade de sentar de forma segura e depois interagir com o ambiente quando está sentado (Cignetti et al., 2011). Quando o controlo postural é visto como uma habilidade emergente e dinâmica, uma progressão linear da aptidão seria de esperar, com a transição para novos níveis de habilidade, caracterizados por limitar os graus de liberdade para estabilidade do comportamento, ou libertar graus de movimento para uma maior capacidade de adaptação do comportamento. Com a progressão no nível de habilidade para uma forma mais madura, os graus de liberdade serão liberados para uma coordenação mais flexível dos segmentos do corpo com o meio ambiente (Harbourne & Stergiou, 2003).

Fitzpatrick (1998) estudou o bater palmas em crianças de várias idades e descreveu o mesmo processo de montagem da tarefa utilizando uma variedade de diferentes estratégias, seguida por um processo de afinação e refinação para uma melhor solução. Fitzpatrick postulou que as crianças juntam e separam as articulações dos membros quando eles realizam jogos mais complexos de bater palmas. Em outras palavras, elas congelam os graus de liberdade para montar uma habilidade, em seguida, soltem os graus de liberdade para explorar a dinâmica de uma nova capacidade motora de percepção. O processo parece ser o mesmo para o desenvolvimento da habilidade da posição de sentado, como o bebé começa a sentar-se independente, a habilidade é alcançada lentamente, com uma estratégia inicial de congelamento de graus de liberdade. A criança descobre então uma solução para o problema do controlo das articulações dos segmentos do corpo na posição ereta, e é capaz de soltar graus de liberdade para adaptativamente interagir com o ambiente (Harbourne & Stergiou, 2003).

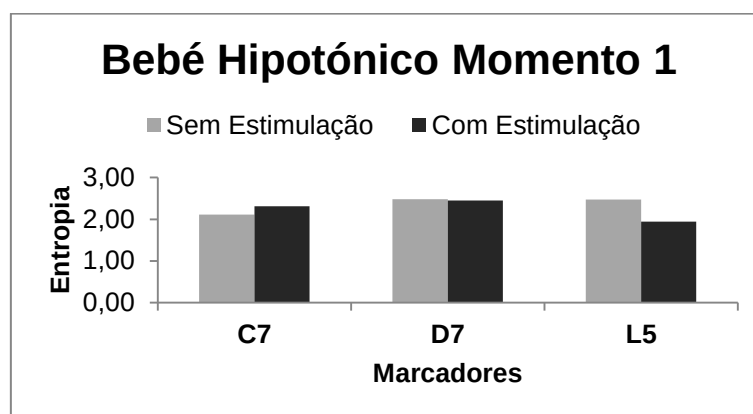


Figura 9 – Entropia Bebé Hipotónico Momento 1

Relativamente a entropia relativa, aumentou em D7 e diminuiu nos outros dois marcadores, C7 e L5, com a estimulação (Ver fig.10). Valores mais baixos de entropia significam que o sistema se tornou mais estável, nesta situação.

A estabilidade é a resposta do sistema postural à perturbação, que pode ser interna devido á própria oscilação do corpo, ou externa, gerada pelo ambiente (Harbourne et al., 2009).

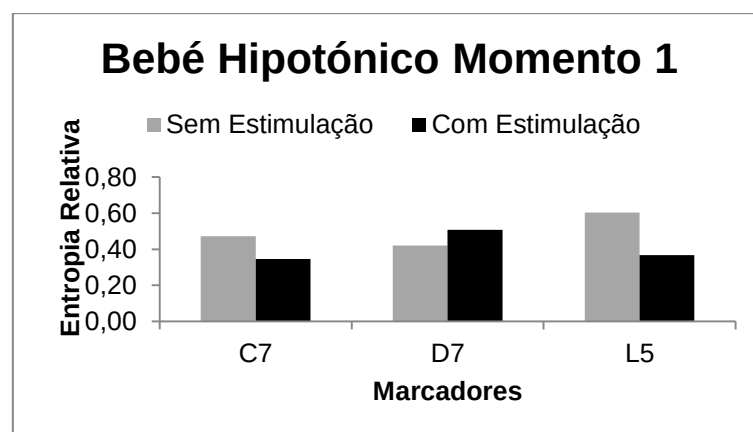


Figura 10 – Entropia Relativa Bebé Hipotónico Momento 1

A linha máxima aumentou em C7 e L5 e diminuiu em D7 (Ver Fig.11). Esta variável escala inversamente com o expoente de Lyapunov (LyE). O LyE é uma medida que avalia com que rapidez diverge as trajetórias nas diferentes fases espaciais. Quanto mais elevado o LyE mais aleatório e complexo é o sinal. Quanto mais baixo, mais periódico é o sinal (R. T. Harbourne & N. Stergiou, 2009). Com o aumento da linha máxima podemos verificar então que o sistema se tornou mais estável, menos caótico, mais complexo, com exceção mais uma vez em D7.

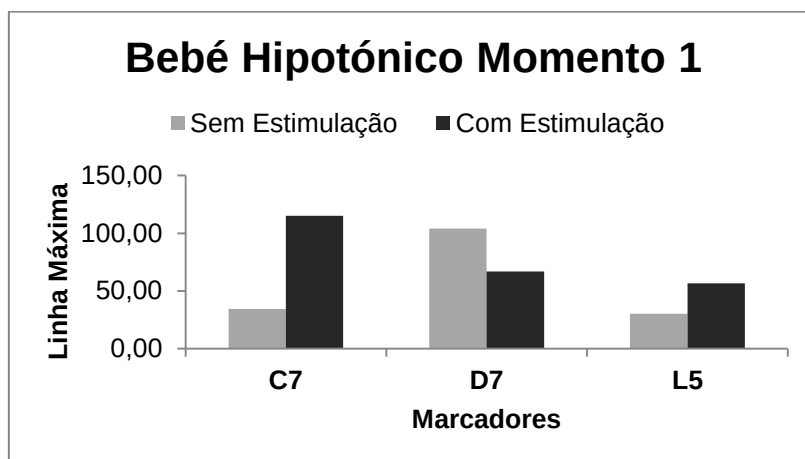


Figura 11 – Linha Máxima Bebé Hipotónico Momento 1

A linha média aumentou em C7 mas diminuiu nos outros dois segmentos corporais (Ver Fig.12). Isto está de acordo com o que aconteceu com os valores de entropia. Em C7 houve um aumento de periodicidade, o sistema revisitou mais pontos vizinhos no espaço com mais frequência, mas isto não aconteceu em D7 nem em L5 talvez pelo que foi explicado anteriormente da libertação de uns graus de liberdade e congelação de outros.

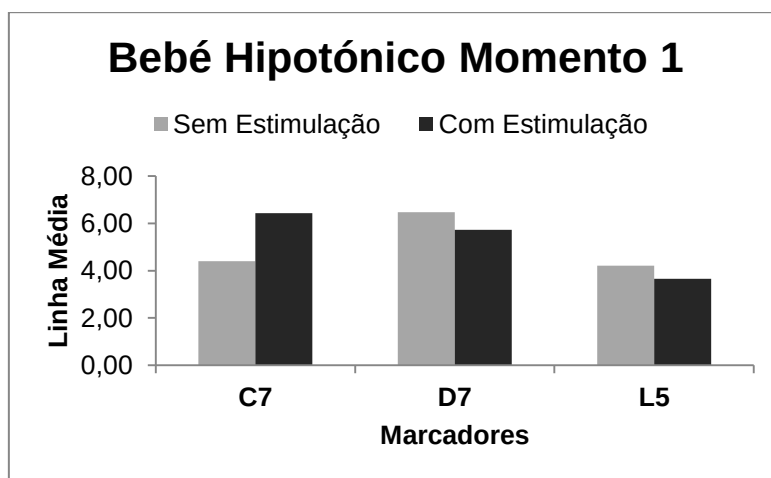


Figura 12 – Linha Média Bebé Hipotónico Momento 1

O trend aumentou em C7 e L5 e diminuiu em D7 com a estimulação (Ver Fig.13). O resultado esperado seria exatamente o oposto. O trend é a quantificação do empalidecer progressivo de pontos em relação à grande diagonal, valores (habitualmente negativos) próximos de zero significam estacionaridade (Webber & Zbilut, 1994). O aumento do *trend* indica que os pontos recorrentes tornaram-se mais heterógenos, tornando-se num sistema menos estacionário, mais periódico. (Riley et al., 1999)

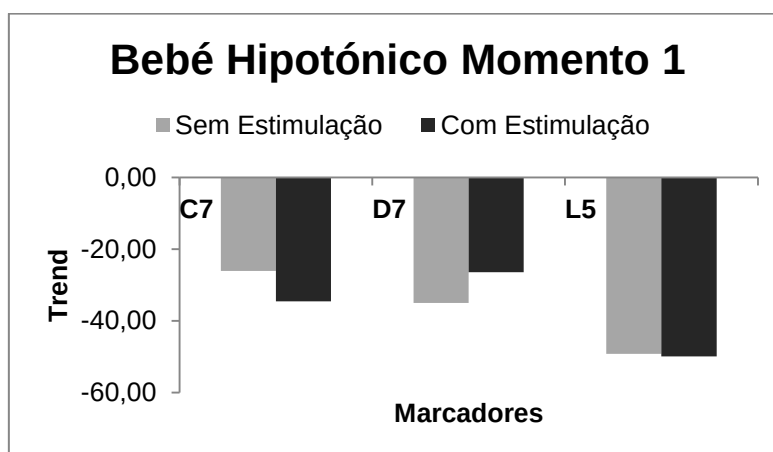


Figura 13 – *Trend* Bebé Hipotónico Momento 1

3.3.1.2 Síntese

Os resultados obtidos no bebé hipotónico com a estimulação estão de acordo com os resultados de Thelen et al. (1993) que descreveram o desenvolvimento do alcance em crianças como um processo descontínuo, em que a habilidade de mover o braço e fechar a mão para um objeto desejado é inicialmente conseguida lentamente, com alta variabilidade e muitos graus de liberdade. Através da exploração das dinâmicas da tarefa de alcançar, as crianças descobrem soluções para o problema dos graus de liberdade dentro da tarefa específica e reduzir a variabilidade do seu movimento para melhor alcançar o sucesso. (Harbourne & Stergiou, 2003)

Em termos de Fisioterapia, a variabilidade descreve o repertório comportamental possível para uma dada função. Dando o exemplo do controlo de equilíbrio sentado numa nova tarefa, se a criança não tem equilíbrio dinâmico sentado e tenta alcançar um brinquedo, imagine a sua primeira tentativa. Provavelmente teria amplas excursões do centro de pressão (COP) na superfície de suporte e amplos movimentos dos segmentos corporais com a tentativa de se equilibrar. Este revela uma grande variabilidade de acordo com muitas medidas, incluindo a cinemática, o movimento do COP, e movimento de centro de massa. As crianças experimentam diferentes e numerosas estratégias que incluem a estimulação ou inibição dos vários segmentos do corpo na tentativa de melhorar o equilíbrio. A velocidade de reação da criança também pode variar. No entanto, estas primeiras tentativas para realizar a tarefa de se equilibrar não serão complexas, apesar de ser altamente variável. A complexidade irá surgir

através de ajustes com estratégias seleccionadas e praticadas para o equilíbrio (Harbourne & Stergiou, 2009).

3.3.2 Bebé Hipotónico ao longo do tempo

Tabela 7 – Bebé Hipotónico ao longo do tempo- Momento 1 e 2.

	Momento1 C7	Momento2 C7	Diferença Momento 1-2 C7	Momento1 D7	Momento2 D7	Diferença Momento 1-2 D7	Momento1 L5	Momento2 L5	Diferença Momento 1-2 L5
	<i>Média</i>	<i>Média</i>		<i>Média</i>	<i>Média</i>		<i>Média</i>	<i>Média</i>	
Pontos Recorrentes SE	203,75	120,67	↘	331,50	125,33	↘	536,00	116,50	↘
Pontos Recorrentes CE	369,00	212,67	↘	447,75	145,33	↘	734,75	167,00	↘
Linhas SE	40,00	19,00	↘	44,50	20,00	↘	114,50	25,50	↘
Linhas CE	50,75	24,67	↘	69,50	22,00	↘	162,50	22,50	↘
%REC SE	1,26	1,30	↗	1,80	1,53	↘	3,11	1,28	↘
%REC CE	1,82	1,60	↘	1,97	1,58	↘	3,26	1,65	↘
%DET SE	87,24	85,81	↘	88,90	88,48	↘	86,20	80,26	↘
%DET CE	90,18	72,44	↘	82,81	83,52	↗	77,42	64,22	↘
Ratio SE	70,94	68,09	↘	53,93	64,38	↗	41,84	62,55	↗
Ratio CE	52,40	45,53	↘	48,24	64,80	↗	25,25	36,64	↗
Entropia SE	2,11	2,38	↗	2,48	2,05	↘	2,47	2,19	↘
Entropia CE	2,31	2,40	↗	2,45	2,10	↘	1,94	1,49	↘
Entropia Relativa SE	0,47	0,57	↗	0,42	0,51	↗	0,60	0,79	↗
Entropia Relativa CE	0,35	0,51	↗	0,51	0,42	↘	0,37	0,41	↗
Linha Máxima SE	34,50	23,33	↘	104,00	35,00	↘	30,25	9,50	↘
Linha Máxima CE	115,00	55,00	↘	67,00	44,67	↘	56,75	24,50	↘
Linha Média SE	4,41	6,02	↗	6,48	5,58	↘	4,21	3,79	↘
Linha Média CE	6,44	6,50	↗	5,73	5,70	↘	3,66	4,92	↗
Trend SE	-26,04	-37,84	↗	-34,97	-44,57	↗	-49,21	-37,15	↘
Trend CE	-34,55	-36,98	↗	-26,40	-45,55	↗	-49,90	-39,04	↘

Verificou-se uma diminuição do número de pontos e de linhas recorrentes em todos os marcadores e nas situações com e sem estimulação (Ver Fig.14). Isto poderá significar que ao longo do tempo a criança tornou-se mais determinística.

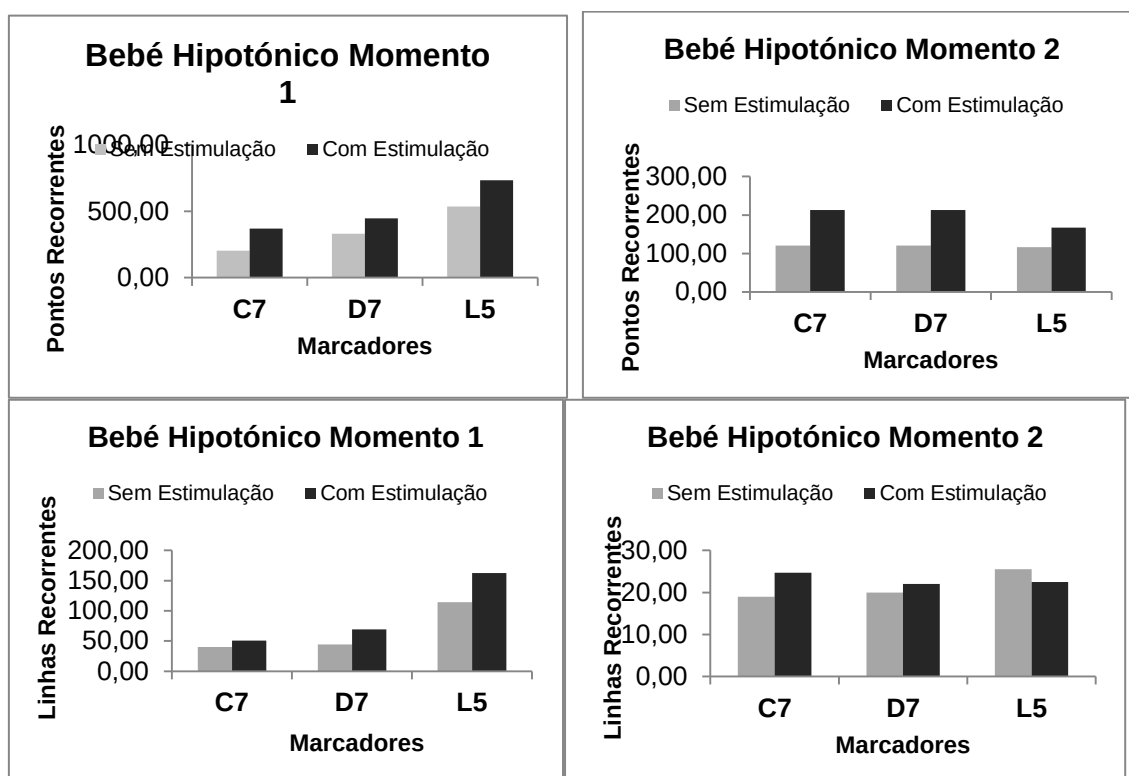


Figura 14 – Pontos e Linhas Recorrentes ao Longo do Tempo

O Ratio em C7 diminuiu em ambas as condições, ao contrário de D7 e L5 que aumentou o Ratio também em ambas as condições (Ver Fig.15). Assim sendo, em C7 pode-se considerar que o sistema se tornou mais instável ao longo do tempo. Este fenómeno deve-se não só a própria maturação da criança mas também a estimulação que ela tem vindo a experienciar. Em D7 e L5 aumentou o Ratio, ou seja a criança apresentou mais estabilidade nos segmentos corporais inferiores. Antes da independência no sentar, as crianças apresentam grandes variações nos padrões de recrutamento de ativação muscular. No entanto, estas variações diminuem ao longo do tempo, permitindo a seleção da sinergia muscular mais adequada e do desenvolvimento do sentar. Estas sinergias em infantes que estão em desenvolvimento normal enquanto aprendem a sentar-se podem ser vistas como uma progressão de um relacionamento coordenativo “em fase” (movem-se na mesma direção) para uma “fora de fase” (movem-se em direção oposta) entre o tórax e os segmentos pélvicos (Kyvelidou et al., 2010).

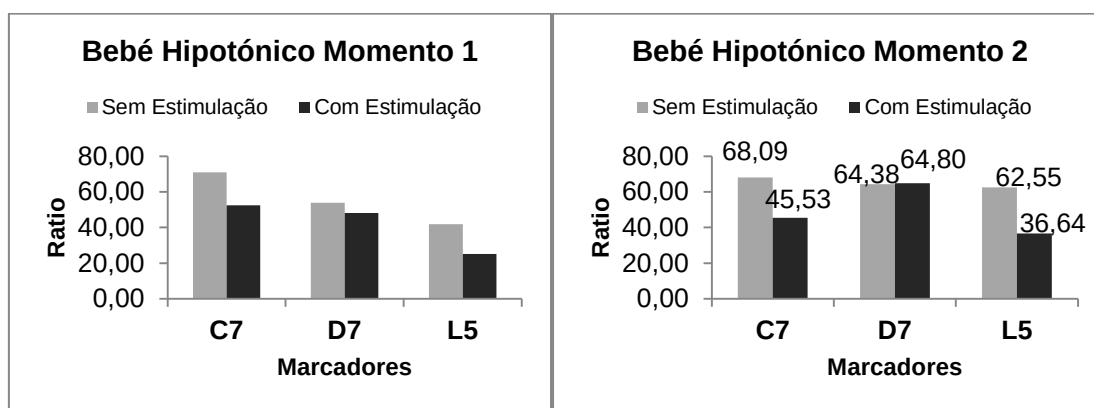


Figura 15 – Ratio ao Longo do Tempo

A entropia aumentou ao longo do tempo em C7 e diminuiu em D7 e L5 (Ver Fig.16). Estes resultados fazem sentido com o que foi referido anteriormente. O sistema tornou-se mais complexo na extremidade, C7, e mais estável na base, D7 e L5.

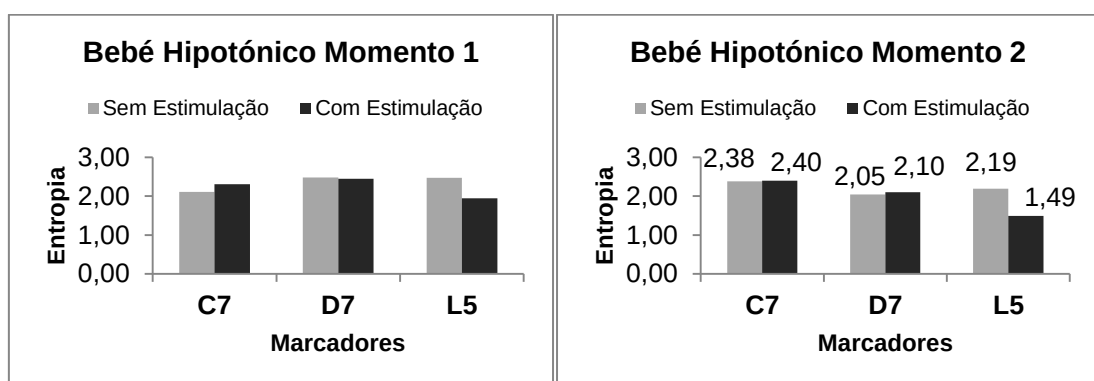


Figura 16 – Entropia ao Longo do Tempo

A entropia Relativa aumentou ao longo do tempo em todas as situações com exceção de uma (Ver Fig.17), em D7 com estimulação, isto poderá significar que o brinquedo já não servia como estímulo.

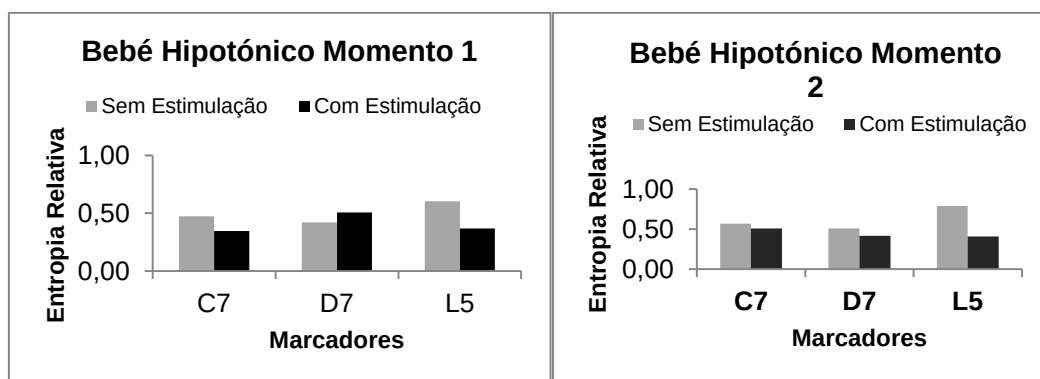


Figura 17 – Entropia Relativa ao Longo do Tempo

A linha máxima diminuiu ao longo do tempo em todas as situações (Ver Fig.18), pois o sistema tornou-se mais determinista.

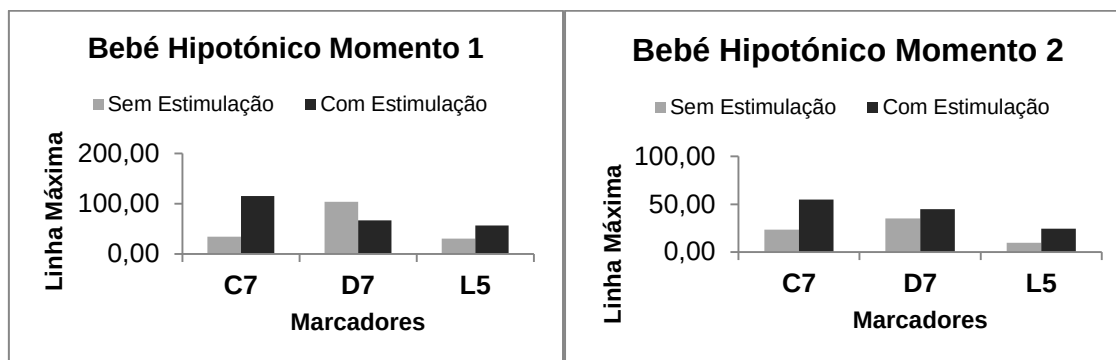


Figura 18 – Linha Máxima ao Longo do Tempo

A linha aumentou em C7 e L5 e diminuiu em D7 (Ver Fig.19).

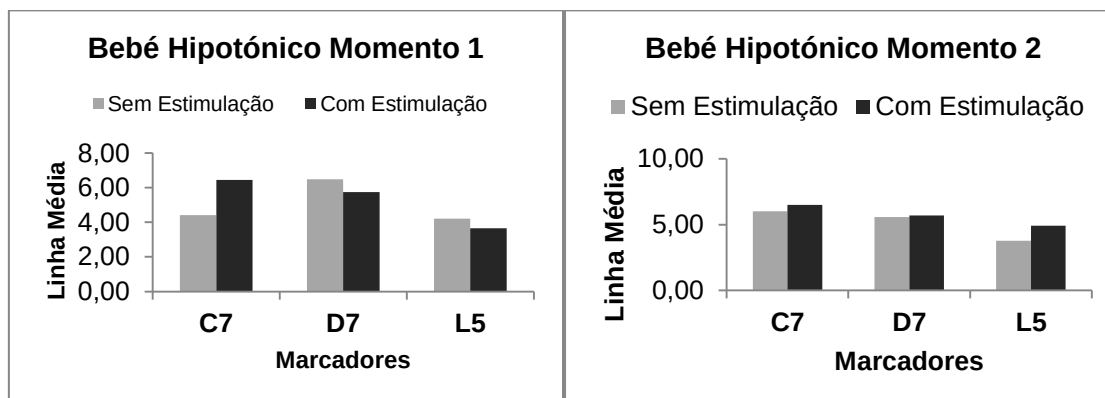


Figura 19 – Linha Média ao Longo do Tempo

O *trend* aumentou em todas as situações em C7 e D7 enquanto diminuiu em L5 (Ver Fig.20). Talvez por L5 ser uma articulação com poucos graus de liberdade, tornando-se já o sistema mais estável. Seguindo o raciocínio de Aruin e Latash, estes assumiram que músculos posturais localizados mais caudalmente estão especialmente envolvidos na manutenção do equilíbrio. Consequentemente, os músculos dos membros inferiores serão solicitados quando o infante está em risco de perder o equilíbrio, aumentando deste modo a sua ativação, ou seja para as crianças que estão sentadas com os membros inferiores a 90º do tronco. Aparentemente, a partir dos 8-9 meses, os infantes são capazes de usar a informação aferente da região pélvica para o ajuste da atividade dos músculos posturais. Possivelmente, estas informações sensoriais são mediadas através de proprioceptores na coluna vertebro-lombar ou por “gravicetores” localizados na região renal (Van der Fits et al., 1999).

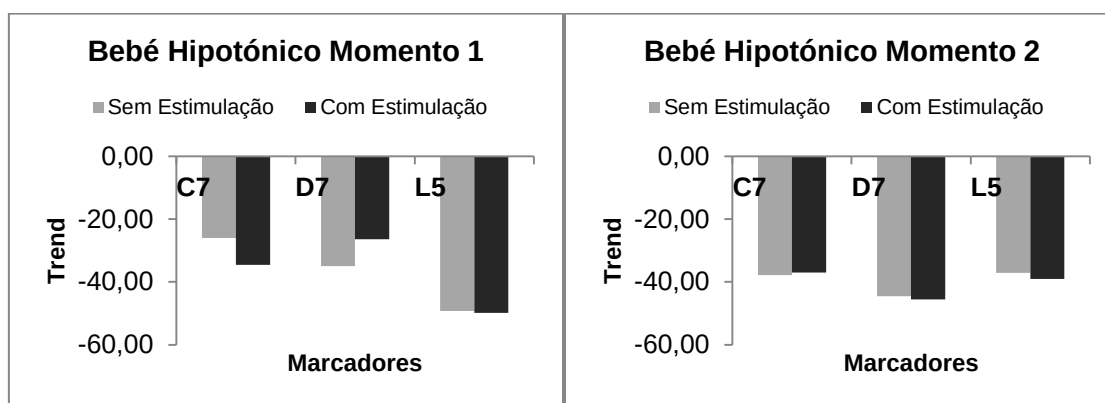


Figura 20 – *Trend* ao Longo do Tempo

3.3.2.1 Síntese

A criança ao apresentar um elevado grau de variabilidade no início de desenvolvimento de uma tarefa, tem uma maior aprendizagem e eventual sucesso na realização da tarefa. E foi exatamente isto que aconteceu, a criança foi se tornando mais estável ao longo do tempo. A variabilidade no início da aprendizagem da tarefa pode parecer um erro porque a tarefa não é executada com eficiência e precisão. No entanto, esta variabilidade inicial é necessária para mapear as possibilidades do movimento para a tarefa (Kyvelidou et al., 2010).

3.3.3 Bebê Hipotónico Vs Bebê Controlo

Tabela 8 – Bebê Hipotónico Vs Bebê Controlo

	Hipo C7	Controlo C7	Diferença Hipo-Controlo	Hipo D7	Controlo D7	Diferença Hipo-Controlo	Hipo L5	Controlo L5	Diferença Hipo-Controlo
	<i>Média</i>	<i>Média</i>		<i>Média</i>	<i>Média</i>		<i>Média</i>	<i>Média</i>	
Pontos Recorrentes SE	203,75	153,00	↘	331,50	126,25	↘	536,00	343,25	↘
Pontos Recorrentes CE	369,00	261,25	↘	447,75	994,50	↗	734,75	1420,25	↗
Linhas SE	40,00	29,75	↘	44,50	18,00	↘	114,50	66,25	↘
Linhas CE	50,75	38,50	↘	69,50	185,00	↗	162,50	207,75	↗
%REC SE	1,26	1,11	↘	1,80	1,63	↘	3,11	3,57	↗
%REC CE	1,82	1,63	↘	1,97	3,87	↗	3,26	7,28	↗
%DET SE	87,24	81,09	↘	88,90	83,65	↘	86,20	81,34	↘
%DET CE	90,18	88,79	↘	82,81	90,30	↗	77,42	76,25	↘
Ratio SE	70,94	73,48	↗	53,93	51,99	↘	41,84	41,53	↘
Ratio CE	52,40	55,94	↗	48,24	42,71	↘	25,25	20,07	↘
Entropia SE	2,11	2,35	↗	2,48	2,20	↘	2,47	1,81	↘
Entropia CE	2,31	2,50	↗	2,45	2,56	↗	1,94	2,45	↗
Entropia Relativa SE	0,47	0,65	↗	0,42	0,59	↗	0,60	0,50	↘
Entropia Relativa CE	0,35	0,52	↗	0,51	0,58	↗	0,37	0,70	↗
Linha Máxima SE	34,50	20,00	↘	104,00	25,00	↘	30,25	37,50	↗
Linha Máxima CE	115,00	38,75	↘	67,00	37,00	↘	56,75	19,00	↘
Linha Média SE	4,41	4,16	↘	6,48	6,16	↘	4,21	3,88	↘
Linha Média CE	6,44	6,36	↘	5,73	4,84	↘	3,66	4,41	↗
Trend SE	-26,04	-24,99	↘	-34,97	-51,56	↗	-49,21	-131,46	↗
Trend CE	-34,55	-39,95	↗	-26,40	-54,59	↗	-49,90	-144,46	↗

Verificou-se um menor número de pontos e linhas recorrentes no bebê controlo em C7 e maior em D7 e L5 com a estimulação (Ver Fig.21). Isto poderá ter acontecido uma vez que o controlo tinha um equilíbrio sentado mais estável, conseguia mobilizar todos os segmentos do corpo, incluindo os mais distais para interagir com o brinquedo, enquanto no hipotónico, era o contrário, tinha que estabilizar os graus de liberdade mais distais para conseguir mobilizar os membros superiores com mais sucesso uma vez que não possuía um equilíbrio estático tão eficaz.

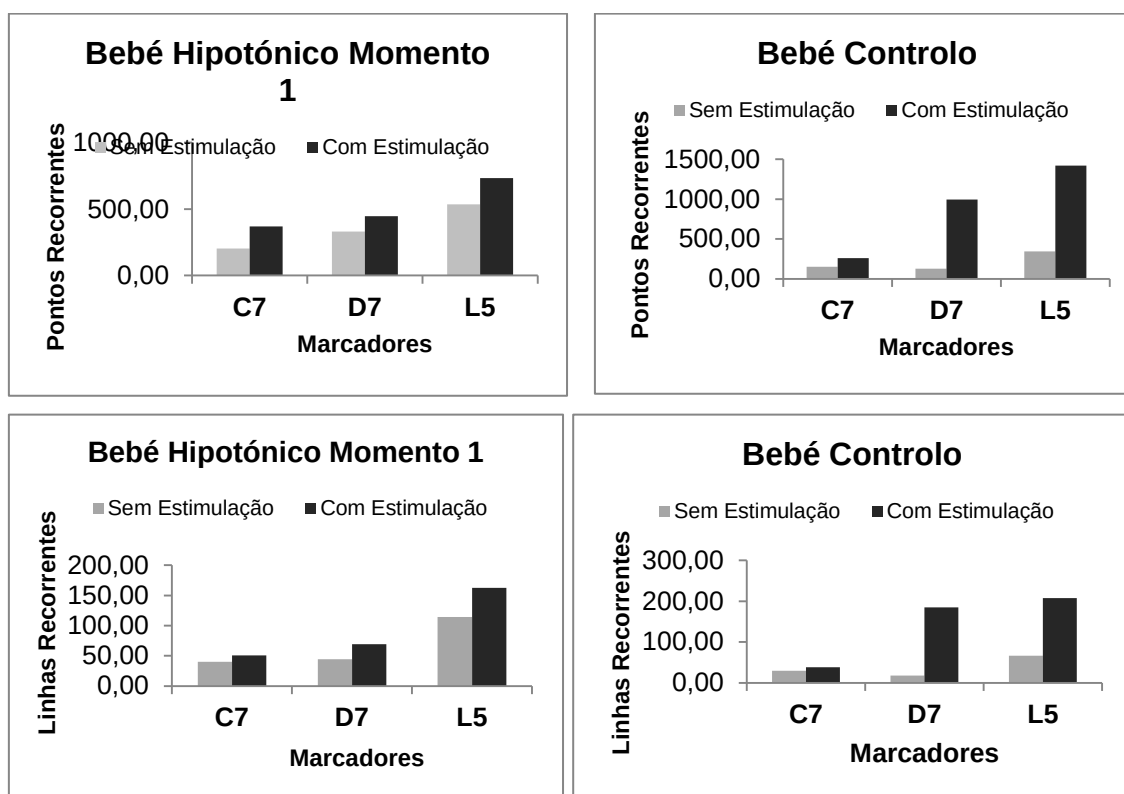


Figura 21 – Pontos e Linhas Recorrentes Hipotónico Vs Controlo

Relativamente ao Ratio (Ver Fig.22), manteve-se o raciocínio, uma vez que aumentou no controlo em C7 enquanto diminuiu em D7 e L5.

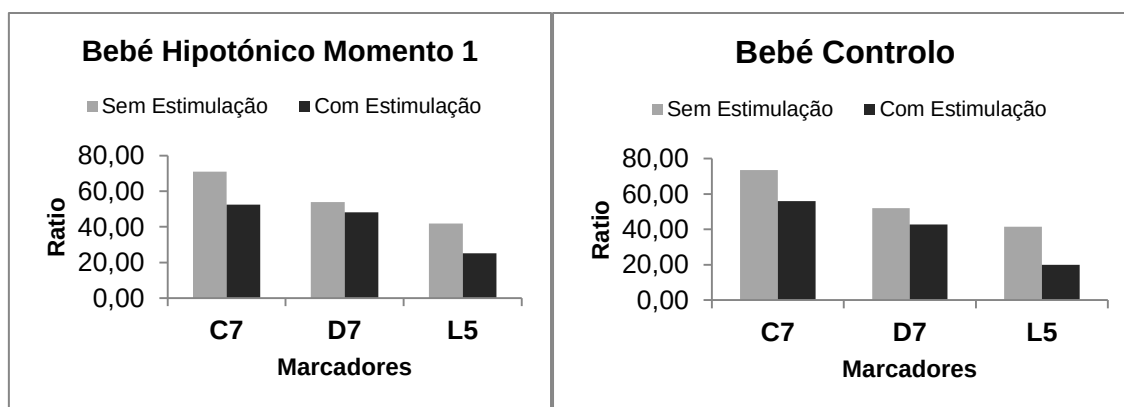


Figura 22 – Ratio Hipotónico Vs Controlo

A entropia é maior no controlo em todas os marcadores, o que não confirma que este é mais complexo (Ver Fig.23). Espera-se que a entropia, medida de complexidade, difira na oscilação postural da criança controlo quando comparadas com a criança hipotónica. Isto é consistente com a noção de que o desenvolvimento de estratégias de controlo postural envolvem uma exploração das muitas soluções possíveis para os graus de liberdade de Breinstein's de

problemas livres para chegar a uma estratégia de controlo com variabilidade ideal (Deffeyes, Harbourne, Stuber, & Stergiou, 2011). Assim sendo verifica-se que o bebé controlo parece estar a explorar estratégias motoras mais variadas, alcançando um nível mais elevado de complexidade na sua oscilação postural. Portanto, o controlo postural saudável é visto como sendo mais complexo como previsto pela variabilidade de movimento ótima.

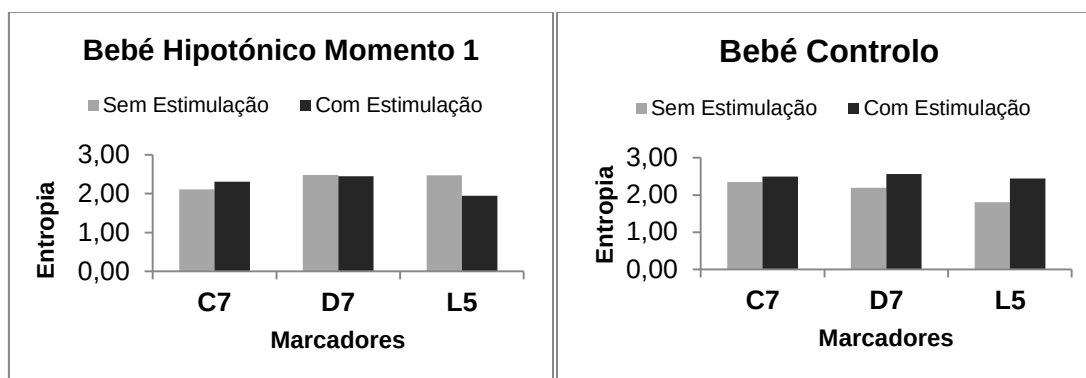


Figura 23 – Entropia Hipotónico Vs Controlo

A entropia relativa é maior no controlo em todos os marcadores (Ver Fig.24), o que nos diz que o controlo estava mais instável. Isto poderá justificar-se por este estar já em fase de transição para uma nova etapa do desenvolvimento, o gatinhar. A criança controlo já estava a experimentar novos graus de liberdade para experienciar novos horizontes. Tal acontecimento pode ser um indicador de transição para um novo comportamento, a capacidade de entrar e sair da posição de sentado. Isto pode ser indicado pelo aumento de complexidade, que pode ser um reflexo do aumento da exploração e do aumento do controlo dinâmico da postura sentada (Kyvelidou et al., 2010).

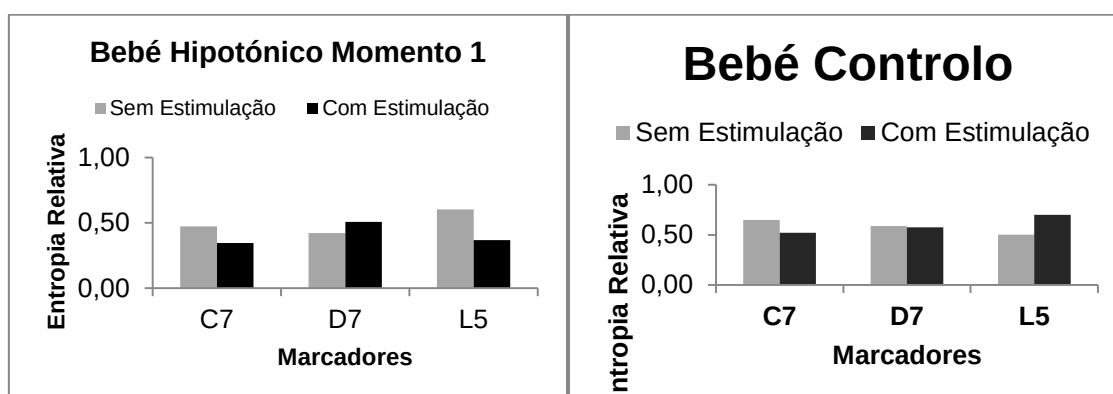


Figura 24 – Entropia Relativa Hipotónico Vs Controlo

A linha máxima foi menor no controlo em todos os marcadores (Ver Fig.25) o que nos indica mais uma vez que o sistema estava mais instável.

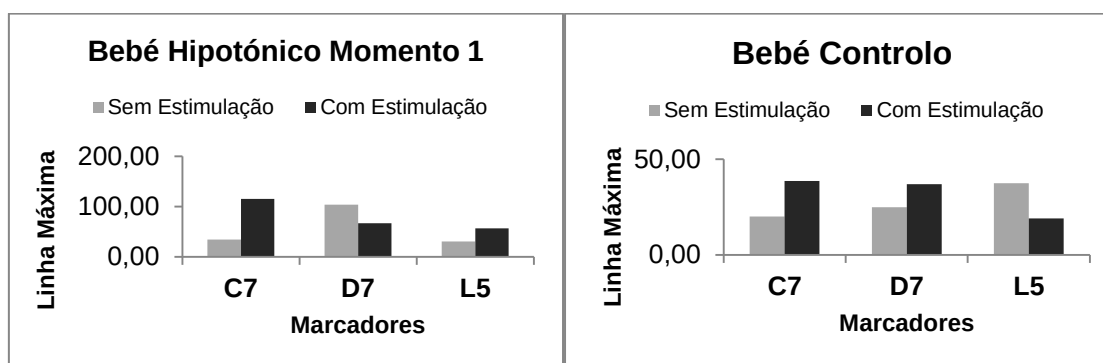


Figura 25 – Linha Máxima Hipotónico Vs Controlo

A linha média foi menor no controlo exceto em L5 (Ver Fig.26).

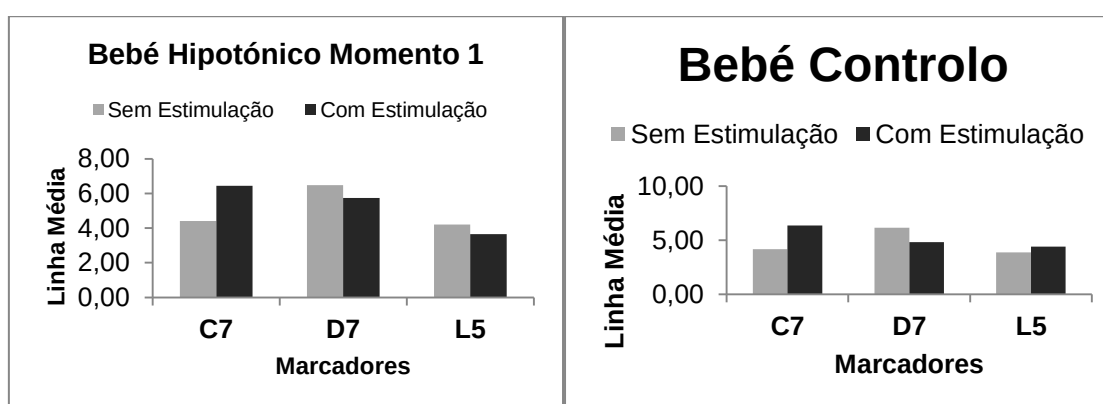


Figura 26 – Linha Média Hipotónico Vs Controlo

O *trend* foi maior na criança controlo em todos os marcadores (Ver Fig.27) provavelmente pelo que foi explicado anteriormente, ela ao querer alcançar novos graus de liberdade provocou mais ruído.



Figura 27– Trend Hipotónico Vs Controlo

3.3.3.1. Síntese

Estes resultados sugerem que as crianças com atraso de desenvolvimento que adquirem a capacidade de sentar, apresentam uma postura mais rígida, indicando uma falta de variabilidade de movimento em particular no plano frontal. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Kyvelidou et al. (2010) em que, crianças com desenvolvimento normal apresentaram mais divergência nas trajetórias de oscilações posturais (maiores valores de LyE), o que indica maior adaptabilidade e flexibilidade para alcançar a habilidade de sentar através da escolha de uma riqueza de soluções posturais. Ao contrário, crianças com atraso de desenvolvimento foram menos flexíveis do que as crianças com desenvolvimento normal (valores menores de LyE). Se considerarmos que as crianças com desenvolvimento normal estão num estado mais ideal de variabilidade, a severidade da condição empurra o sistema ainda mais longe deste comportamento e deste estado ótimo. As intervenções do Fisioterapeuta deveriam visar uma transição para este estado ideal, incorporando os desafios ambientais e melhorar as soluções posturais. Isto poderá em seguida aumentar a adaptabilidade e a flexibilidade.

3.2.3. Análise não paramétrica.

Não foram registadas diferenças significativas em nenhuma das situações. Este fator deve-se a amostra não ser representativa, pois $n=2$. (Ver Anexo 8)

4. Discussão

O objetivo primordial deste trabalho foi de verificar se a presença de um constrangimento da tarefa (alcançar para agarrar um brinquedo) propicia alteração melhorada da estabilidade da postura de sentado na criança. Através da análise dos resultados verificou-se que tal acontece. Aprender a manter a postura de sentado é um importante marco do desenvolvimento motor. A posição de sentado permite a exploração visual do ambiente e serve como uma plataforma estável para alcançar objetos próximos (Deffeyes et al., 2009).

O estudo realizado foi de encontro a pesquisa bibliográfica elaborada. Para melhor compreensão irão ser abordadas as hipóteses formuladas de modo individual.

4.1 Na presença de objeto para agarrar a postura de sentado é significativamente mais estável que na sua ausência?

Verificou-se com a análise linear que a oscilação da criança era menor com a estimulação, o que nos pode indicar que ela estaria mais estável. Através da análise não linear podemos verificar que com a estimulação houve um aumento dos pontos e linhas recorrentes, uma diminuição do ratio, um aumento da entropia e da linha máxima e uma diminuição da entropia relativa, o que significa que com a estimulação a criança se tornou mais periódica, mais complexa, e mais estável. Estes resultados estão de acordo com a teoria dinâmica do desenvolvimento do controlo postural, uma vez que se verificou que com a estimulação houve uma transição para novos níveis de habilidades.

4.2. Existem alterações do controlo postural ao longo do tempo?

Verificou-se através da análise linear que a criança ao longo do tempo oscilou, no geral, menos do que no primeiro momento, tanto sem como com estimulação. Isto significa que o sistema se tornou mais estável. Através da análise não linear verificou-se que ao longo do tempo houve, com e sem estimulação, uma diminuição do número de pontos e linhas recorrentes,

um aumento do ratio, um diminuição da entropia, um aumento da entropia relativa e uma diminuição da linha máxima o que significa que a criança se tornou mais determinística, menos complexa, e mais instável. Estes últimos resultados não estão em concordância com os resultados obtidos na análise linear. Embora as alterações nas medidas lineares indiquem flutuações na variabilidade, as alterações nas medidas não lineares indicam um aumento na complexidade do controlo do sistema postural para valores normativos. Um aumento na complexidade será consistente com o aumento da variedade de estratégias posturais e de movimentos presentes na criança e um surgimento de novas capacidades no sentar e chegar fora da zona da base de apoio.

Com o aumento da amplitude de equilíbrio, o desvio padrão aumenta, indicando uma maior quantidade de variabilidade. No entanto, se usarmos ferramentas não lineares, para examinar as características da variabilidade postural no equilíbrio, podemos verificar que este equilíbrio tornou-se mais regular (com mais repetições do padrão de movimento). Isto faz sentido, uma vez que a criança deve ter alguma estratégia de controlo específica para fazer os ajustes necessários para a manutenção do equilíbrio quando a amplitude de movimento é grande, caso contrário, ela cai. A relação entre as ferramentas lineares e não lineares pode ajudar na compreensão do surgimento do movimento funcional adaptativo (Harbourne & Stergiou, 2009).

As ferramentas lineares para medir a variabilidade fornecem informações sobre a quantidade de um sinal, mas não nos dizem acerca da natureza evolutiva deste sinal. As ferramentas lineares incluem a estatística de intervalos, o desvio padrão e o coeficiente de variação, sendo estes limitados na sua explicação de variabilidade de movimento humano por diversas razões. Uma delas é que dados de diversos ensaios geram uma imagem “média” de um padrão de movimento individual. A média remove as variações temporais do movimento e mascara as verdadeiras estruturas da variabilidade presentes nos padrões de movimento. Além disso, o uso de ferramentas lineares para estudar a variabilidade assume que as variações entre repetições de uma tarefa são aleatórias e independentes (do passado e de repetições futuras), o que já se mostrou ser falso. Finalmente, as ferramentas lineares fornecem diferentes respostas quando comparadas com não lineares olhando à forma como elas avaliam a variabilidade. Por exemplo, as tradicionais medidas lineares para avaliar o equilíbrio postural quantificam apenas a magnitude do equilíbrio e não a evolução temporal dinâmica (ou desequilíbrio) do controlo postural. Apesar de serem usadas em vários estudos, torna-se evidente que as medidas lineares, tais como o intervalo, o desvio padrão do COP, elas não quantificam a estabilidade do sistema de controlo postural, pois é possível ter uma grande

área de COP tendo uma postura estável ou instável. Portanto, medidas lineares de variabilidade não definem com precisão construções importantes para o movimento, como a estabilidade, uma vez que elas são fornecem a percepção da quantidade de variabilidade (Harbourne & Stergiou, 2009).

Segundo Stergiou (2006), a ideia de que a variabilidade diminui com a aquisição de habilidades num determinado contexto (paradigma da aprendizagem motora) e aumenta com a aquisição de habilidades noutro contexto (desenvolvimento de um repertorio comportamental) pode ser explicado pelo modo como a variabilidade foi medida. A quantidade de variabilidade diminui continuamente assim que a aprendizagem motora ocorre quando analisada por ferramentas lineares. Em contraste, a variação em como um comportamento motor surge no tempo é melhor capturado por ferramentas derivadas de dinâmica não linear, para as quais a sequência temporal numa série de dados é a faceta de interesse. Pensa-se que uma série de tempo que emerge numa simples, ordenada e previsível sequência resulta de interações legais entre componentes de sistemas de controlo subjacentes (isto é, fonte determinística). Uma série de tempo que emerge numa sequência totalmente imprevisível (isto é, com ruído) é também considerada simples, na medida em que se acredita ser derivada de forma aleatória. A variação temporal no comportamento motor humano aparece muitas vezes com “ruído” é frequentemente caracterizado por uma estrutura determinista complexa que pode aumentar com a aquisição de habilidades. As ferramentas não lineares são desenhadas para quantificar a complexidade desta variação (Stergiou et al., 2006).

Segundo esta pesquisa sobre controlo postural em criança e adultos, as medidas lineares geralmente diminuem com o aumento do controlo postural. Estas diminuições nas medidas lineares são atribuídas á diminuição na variabilidade, o que no passado, era considerado com sendo um marcador de desenvolvimento de aptidões. No entanto, Harbourne and Stergiou, numa examinação do desenvolvimento do sentar, comparando medidas lineares e não lineares, verificou que as medidas lineares não mudaram significativamente durante o desenvolvimento do sentar, do sentar encostado para o sentar independente. No entanto, as medidas não lineares mudaram significativamente ao longo do tempo. O LyE apresentou valores decrescentes, o que indica aumento da estabilidade ao longo do tempo e a ApEn diminui significativamente no início quando a criança passou de sentar com apoio e independentemente, e depois aumentou novamente quando a criança era completamente independente no sentar (Stergiou et al., 2006).

Com o aumento da idade os movimentos de alcançar tornam-se mais fluentes, o que pode ser menos exigente para o sistema de controlo postural. Simultaneamente, com a diminuição da

atividade postural, ocorrem alterações de desenvolvimento significativas no sistema sensorial em que está envolvido o controlo postural (Van der Fits et al., 1999).

A questão que remanesce é se o progresso da criança está relacionado com o tratamento ou se as suas habilidades no controlo postural se teriam desenvolvido sem tratamento.

4.3. Existem diferenças de controlo postural com e sem estimulação nos bebés hipotónicos e nos bebés com tónus normalizado?

Verificou-se através da análise linear que a criança controlo oscilou, no geral, mais com a estimulação do que a criança hipotónica. Isto significa que se tornou mais instável. Através da análise não linear verificou-se que com a estimulação, a criança controlo apresentou um menor número de pontos e linhas recorrentes em C7 e maior em D7 e L5, menor ratio em D7 e L5 e maior em C7, maior entropia e entropia relativa, e menor linha máxima, o que significa que a criança controlo é mais complexo e instável e menos periódica sendo que em C7 já estava a ganhar mais estabilidade.

Estes resultados vão de acordo com o estudo realizado por Deffeyes (2009), que formulou a hipótese de que as crianças com atraso de desenvolvimento terão uma oscilação postural mais periódica do que as crianças com desenvolvimento típico, hipótese esta que foi confirmada. Na verdade verificou-se que o LyE foi significativamente maior nas oscilações posturais de crianças com desenvolvimento normal. A teoria da variabilidade otimal (Stergiou et al, 2006) não admite necessariamente que o LyE seja menos para uma condição patológica. Em vez disso, sugere que há um valor ótimo e a patologia existe se o valor de LyE for demasiado alto ou baixo. No entanto, para os dados de postura, com um ponto fixo intrínseco dinâmico, a tendência é para uma maior regulação postural do equilíbrio associada a patologia (Vaillancourt e Newell 2002a) (Deffeyes et al., 2009).

Segundo Harbourne et al (2009), a variabilidade é uma característica natural e importante do movimento humano. Existe uma quantidade ideal de variabilidade num sistema biológico que está diretamente associada à saúde. A maturação das habilidades motoras em estados saudáveis está associada com uma quantidade otimal de variabilidade de movimento. Esta variabilidade também tem forma e é caracterizada por uma estrutura caótica. A variabilidade abaixo de movimento otimal caracteriza os sistemas biológicos que são excessivamente rígidos e imutáveis, enquanto acima da variabilidade otimal caracteriza os sistemas que são ruidosos e

instáveis. Ambas situações caracterizam sistemas que são menos adaptáveis às perturbações tais como os que estão associados com o desenvolvimento motor anormal (Harbourne et al., 2009).

Pela perspetiva clínica, o objetivo da fisioterapia deve ser o de promover o desenvolvimento desta quantidade ótima de variabilidade de movimento incorporando um vasto repertório de estratégias de movimento. O desenvolvimento de tal repertório pode ser melhorado pela incorporação de uma multiplicidade de experiências no interior do meio terapêutico. Promover variação complexa no movimento humano contribui para o desenvolvimento motor e não pode ser codificado mas sim determinado pela participação ativa da criança dentro do seu ambiente.

A variabilidade também tem forma e é caracterizada por uma estrutura altamente complexa, caótica. A diminuição ou perda desta quantidade ótima de variabilidade fará o sistema biológico mais rígido. O aumento para além da variabilidade ótima irá fazer o sistema mais ruidoso e instável. Ambas as situações tornam o sistema menos adaptável a perturbações e está diretamente associado com diminuição da saúde. Assim, os sistemas estáveis em adaptação mantêm um rico repertório de estratégias de movimento que contem variabilidade ótima. Acreditam que, uma maior complexidade está associada com um estado comportamental rico, para cada output de sistema seja considerado por uma estrutura caótica. Menos quantidades de complexidade estão associadas com estados periódicos e aleatórios, onde o sistema é demasiado rígido e instável. Pequenas quantidades de previsibilidade estão associadas a um sistema aleatório e ruidoso, enquanto quantidades elevadas estão associadas a um comportamento altamente periódico repetível e rígido (Stergiou et al., 2006).

A falta de variabilidade no movimento leva a um mapeamento anormal do córtex sensorial, que posteriormente, perturba a função motora. Estes mapas neurais (tanto sensoriais como motores) são mais complexos quando a variabilidade de movimento está presente e menos complexos quando a variabilidade é reduzida. Movimentos com ótima variabilidade evitam um mapeamento anormal e contribuem para a neuro plasticidade necessária para manter ou alcançar uma habilidade funcional. Sendo assim, a variabilidade dos movimentos utilizados para as tarefas contribui com informações para o sistema nervoso, que servem para prevenir lesões (Harbourne & Stergiou, 2009).

Portanto, parece que neste sentido, a variabilidade não diminui, mas aumenta, quando nós desenvolvemos e refinamos um estado comportamental estável.

Existe cada vez mais evidência da importância da variabilidade no movimento normal, que revelam variações não como erro mas como uma condição necessária para a função. A variabilidade reflete várias opções para o movimento, prevendo estratégias adaptativas flexíveis que não são dependentes de programas rígidos para cada tarefa ou para cada condição de mudança encontradas. A variabilidade ideal como sendo uma característica central do movimento normal é consistente com uma abordagem não linear. Contra uma suposição terapêutica de que o equilíbrio é um indicador de saúde, as teorias não lineares enfatizam que o desequilíbrio é saudável. Isto significa que o sistema nunca se instala num sistema estável, e as flutuações constantes caracterizam a variabilidade saudável que permite adaptação às alterações do meio. Um sistema dinâmico complexo está em desequilíbrio com o meio e mantém-no ao longo do tempo. Goldberger descreve o equilíbrio total como equivalente a morte do organismo uma vez que implica um estado estático e não dinâmico. Portanto, a saúde é indicada como um equilíbrio dinâmico que não é um estado estático (Harbourne & Stergiou, 2009).

5. Conclusão.

Os resultados deste estudo estão de acordo com a teoria mais recente do controlo motor, com base em sistemas dinâmicos que vê a variabilidade do controlo motor como parte da dinâmica natural do sistema. A aprendizagem motora envolve aprofundar o potencial do sistema associado ao comportamento e assim reduzir a variabilidade. A variabilidade é importante e realmente necessária para o desenvolvimento de habilidades. A variabilidade cria a adaptabilidade que nos permite responder a mudanças no ambiente que nos rodeia e para responder de forma diferente dependendo das situações. Mais importante ainda, a variabilidade não é só a quantidade de variabilidade ou o número de estratégias que são necessárias. A estrutura da variabilidade contribui para a adaptabilidade postural e do movimento de modo que permite o aparecimento de novas habilidades.

Através deste estudo pode-se concluir que a intervenção pediátrica deve proporcionar um melhor ambiente e proporcionar a prática para poder afetar o desenvolvimento de habilidades. As mudanças comportamentais emergem da interação de múltiplos fatores. Por exemplo, o comportamento de alcançar surge não apenas de alterações do sistema nervoso de forma isolada, mas das suas alterações em conjunto com mudanças de desenvolvimento das propriedades corporais, do ambiente físico e social do infante, e da tarefa requerida. A experiência adicional ou o treino dado aos bebés pode ajudar pois resultam em alterações no comportamento motor. O objetivo do fisioterapeuta deverá ser então, o de fomentar o desenvolvimento de um repertório de estratégias de movimento, incorporando uma variedade de experiências dentro do ambiente terapêutico para assim melhorar o desenvolvimento de tal repertório. Sendo assim, é de grande importância promover uma variação complexa do movimento humano que permita o desenvolvimento motor. Portanto, em termos de abordagens de intervenção precoce, os Fisioterapeutas devem reforçar a exploração de múltiplos comportamentos posturais para tornar o comportamento das crianças mais diversificado e portanto adaptável a diferentes condições.

A intervenção perceptivo-motora, focada na criança parece dar maior flexibilidade e capacidade de adaptação da habilidade, o que pode ser traduzido como facilitador do desenvolvimento motor. Conclui-se que planificar a habilidade de sentar num momento em que a criança mostra disponibilidade para aprender o controlo a esse nível e promover mais treino intenso perceptivo motor para uma intervenção de curto prazo pode promover aprendizagem motora

ótimo e um controlo adaptativo do sentar. Este investimento de tempo e esforço podem proporcionar uma ótima aprendizagem motora e um controlo adaptativo do sentar.

Os resultados deste estudo adicionam à evidência que os bebés alcançam dinamicamente a postura sentado, aumentando a estabilidade e regularidade da sua estratégia, e controlando os graus de liberdade para conseguir em primeira a habilidade, e a seguir explorar as adaptações para funcionar no ambiente.

A metodologia utilizada neste estudo pode ser um meio simples de avaliar o controlo postural dinâmico em crianças, que podem ser úteis na avaliação da eficácia de tratamentos para crianças com distúrbios do movimento em desenvolvimento. A informação proveniente das medidas posturais podem auxiliar o fisioterapeuta na tomada de decisão para a sua intervenção e definição de metas. Também é desejável ser capaz de quantificar objetivamente os progressos realizados pela intervenção terapêutica no desenvolvimento da criança, assumindo que a intervenção terapêutica promove a qualidade dos seus padrões de movimento em relação ao desenvolvimento das crianças normais.

Limitações do estudo

O estudo foi limitado por um pequeno número de crianças. Uma maior amostra seria útil para analisar a intervenção precoce focada em melhorar habilidades motoras específicas como o sentar.

A questão que remanesce é se o progresso da criança está relacionado com o tratamento ou se as suas habilidades no controlo postural se teriam desenvolvido sem tratamento.

6. Bibliografia

- Bernstein, N. (1967). *The co-ordination and regulation of movements*.
- Bertenthal, B., & Von Hofsten, C. (1998). Eye, head and trunk control: the foundation for manual development. *Neurosci Biobehav Rev*, 22(4), 515-520.
- Bhat, A., & Galloway, J. (2006). Toy-oriented changes during early arm movements: hand kinematics. *Infant Behav Dev*, 29(3), 358-372. doi: 10.1016/j.infbeh.2006.01.005
- Bhat, A., & Galloway, J. (2007). Toy-oriented changes in early arm movements III: constraints on joint kinematics. *Infant Behav Dev*, 30(3), 515-522. doi: 10.1016/j.infbeh.2006.12.007
- Blauw-Hospers, C. H., & Hadders-Algra, M. (2005). A systematic review of the effects of early intervention on motor development. *Dev Med Child Neurol*, 47(6), 421-432.
- Brett, R. F., Riley, M. A., & Turvey, M. T. (2008). Information, affordances, and the control of action in sport. *Int. J. Sport Psychol*, 40, 79-107.
- Chemero, A. (2003). An Outline of a Theory of Affordances. *ECOLOGICAL PSYCHOLOGY*, 15(2), 181-195.
- Cignetti, F., Kyvelidou, A., Harbourne, R. T., & Stergiou, N. (2011). Anterior-posterior and medial-lateral control of sway in infants during sitting acquisition does not become adult-like. *Gait Posture*, 33, 88-92.
- Cook, A. S., & Woollacott, M. H. (2003). *Controle Motor. Teoria e Aplicações Práticas*.
- Deffeyes, J., Harbourne, R. T., Stuber, W., & Stergiou, N. (2011). Approximate Entropy Used to Assess Sitting Postural Sway of Infants with Developmental Delay. *Infant Behavior & Development*, 34, 81-99.
- Deffeyes, J. E., Harbourne, R. T., Kyvelidou, A., Stuber, W. A., & Stergiou, N. (2009). Nonlinear analysis of sitting postural sway indicates developmental delay in infants. *Clinical Biomechanics* 24, 564-570.
- Diener, H. C., Horak, F. B., & Nashner, L. M. (1988). Influence of stimulus parameters on human postural responses. *J Neurophysiol*, 59(6), 1888-1905.
- Dietz, V., Quintern, J., & Sillem, M. (1987). Stumbling reactions in man: significance of proprioceptive and pre-programmed mechanisms. *J Physiol*, 386, 149-163.
- Fife, S. E., Roxborough, L. A., Armstrong, R. W., Harris, S. R., Gregson, J. L., & Field, D. (1991). Development of a clinical measure of postural control for assessment of adaptive seating in children with neuromotor disabilities. *Phys Ther*, 71(12), 981-993.

- Flash, T., & Hogan, N. (1984). *The Coordination of Arm Movements: an Experimentally Confirmed Mathematical Model*.
- Gao, J., & Huaqing, C. (2000). On the Structures and quantification of recurrence plots. *Physics Letters*, 270, 75-87.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*: Houghton Mifflin.
- Godinho, M. (2002). *Controlo Motor e Aprendizagem- Fundamentos e Aplicações*.
- Gowda, V., Parr, J., & Jayawant, S. (2007). Evaluation of the floppy infant. *PAEDIATRICS AND CHILD HEALTH*, 18(1), 17-21.
- Groot, L. (2000). Posture and motility in preterm infants. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 42, 65-68.
- Hadders-Algra, M. (2001). Early brain damage and the development of motor behavior in children: clues for therapeutic intervention? [Review]. *Neural Plast*, 8(1-2), 31-49. doi: 10.1155/NP.2001.31
- Hadders-Algra, M., Brogren, E., & Forssberg, H. (1996a). Ontogeny of postural adjustments during sitting in infancy: variation, selection and modulation. *J Physiol*, 493 (Pt 1), 273-288.
- Hadders-Algra, M., Brogren, E., & Forssberg, H. (1996b). Training affects the development of postural adjustments in sitting infants. *J Physiol*, 493 (Pt 1), 289-298.
- Harbourne, R. T., Deffeyes, J. E., Kyvelidou, A., & Stergiou, N. (2009). Complexity of Postural Control in Infants: Linear and Nonlinear Features Revealed by Principal Component Analysis. *Nonlinear Dynamics Psychol Life Sci*, 13, 123-144.
- Harbourne, R. T., Deffeyes, J. E., Kyvelidou, A., & Stergiou, N. (2009). Complexity of postural control in infants: linear and nonlinear features revealed by principal component analysis. *Nonlinear Dynamics Psychol Life Sci*, 13(1), 123-144.
- Harbourne, R. T., & Stergiou, N. (2003). Nonlinear analysis of the development of sitting postural control. *Dev Psychobiol*, 42(4), 368-377. doi: 10.1002/dev.10110
- Harbourne, R. T., & Stergiou, N. (2009). Movement Variability and the Use of Nonlinear Tools: Principles to Guide Physical Therapist Practice. *Phys Ther*, 89, 267-282.
- Harbourne, R. T., & Stergiou, N. (2009). Movement Variability and the Use of Nonlinear Tools: Principles to Guide Physical Therapist Practice.
- Harbourne, R. T., Willett, S., Kyvelidou, A., Deffeyes, J., & Stergiou, N. (2010a). A comparison of interventions for children with cerebral palsy to improve sitting postural control: a clinical trial. *Phys Ther*, 90(12), 1881-1898. doi: 10.2522/ptj.2010132

- Harbourne, R. T., Willett, S., Kyvelidou, A., Deffeyes, J., & Stergiou, N. (2010b). A comparison of interventions for children with cerebral palsy to improve sitting postural control: a clinical trial. *Phys Ther*, 90, 1881-1898.
- Heathcock, J. C., Lobo, M., & Galloway, J. C. (2008). Movement training advances the emergence of reaching in infants born at less than 33 weeks of gestational age: a randomized clinical trial. *Phys Ther*, 88(3), 310-322. doi: 10.2522/ptj.20070145
- Hedberg, A., Brogren, E., Forssberg, H., & Hadders-Algra, M. (2005). Development of postural adjustments in sitting position during the first half year of life. *Dev Med Child Neurol*, 47, 312-320.
- Hill, A. (2005). Neonatal Hypotonia. *Current Management in Child Neurology, Third Edition*, 528-534.
- Hirschfeld, H., & Forssberg, H. (1994). Epigenetic development of postural responses for sitting during infancy. *Exp Brain Res*, 97(3), 528-540.
- Kawai, M., Savelsbergh, G. J., & Wimmers, R. H. (1999). Newborns spontaneous arm movements are influenced by the environment. *Early Hum Dev*, 54(1), 15-27.
- Keshner, E. A., Woollacott, M. H., & Debu, B. (1988). Neck, trunk and limb muscle responses during postural perturbations in humans. *Exp Brain Res*, 71(3), 455-466.
- Kolb, B., Brown, R., Witt-Lajeunesse, A., & Gibb, R. (2001). Neural compensations after lesion of the cerebral cortex. [Review]. *Neural Plast*, 8(1-2), 1-16. doi: 10.1155/NP.2001.1
- Kugler, P. N., & Turvey, M. T. (1987). *Information, Natural Law and the Self-Assembly of Rhythmic Movement*: Erlbaum.
- Kyvelidou, A., Harbourne, R. T., & Stergiou, N. (2010). Severity and Characteristics of Development Delay Can Be Assessed Using Variability Measures of Sitting Posture. *Pediatr Phys Ther*, 22, 259-266.
- Macpherson, J. M. (1994). Changes in a postural strategy with inter-paw distance. *J Neurophysiol*, 71(3), 931-940.
- Moore, S. P., Rushmer, D. S., Windus, S. L., & Nashner, L. M. (1988). Human automatic postural responses: responses to horizontal perturbations of stance in multiple directions. *Exp Brain Res*, 73(3), 648-658.
- Newell, K. M., Liu, Y. T., & Mayer-Kress, G. (2003). A dynamical systems interpretation of epigenetic landscapes for infant motor development. *Infant Behavior & Development*, 26, 449-472.
- Piaget, J. (1953). *The Origins of intelligence in the child*. New York: Routledge.

- Riley, M. A., Balasubramaniam, R., & Turvey, M. T. (1999). Recurrence quantification analysis of postural fluctuations. *Gait and Posture*, 9, 65-78.
- Riley, M. A., Kuznetsov, N., & Bonnette, S. (2011). State-parameter-, and graph-dynamics: Constraints and the distillation of postural control systems. *Science & Motricité*, 74, 5-18.
- Rochat, P. (1992). Self-sitting and reaching in 5- to 8-month-old infants: the impact of posture and its development on early eye-hand coordination. *J Mot Behav*, 24(2), 210-220. doi: 10.1080/00222895.1992.9941616
- Rochat, P. (1995). Development of Sitting and Reaching in 5- to 8-Month-Old Infants. *INFANT BEHAVIOR AND DEVELOPMENT*, 18, 3-68.
- Shonkoff, J. P., & Hauser-Cram, P. (1987). Early intervention for disabled infants and their families: a quantitative analysis. [Research Support, Non-U.S. Gov't Research Support, U.S. Gov't, P.H.S.
- Review]. *Pediatrics*, 80(5), 650-658.
- Stergiou, N., Harbourne, R. T., & Cavanaugh, J. T. (2006). Optimal Movement Variability: A New Theoretical Perspective for Neurologic Physical Therapy. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 30, 120-129.
- Tscharnutter, I. (2002). Clinical Application of Dynamic Theory Concepts According to Tscharnutter Akademie for Movement Organization (TAMO) Therapy. *Pediatr Phys Ther*, 14(1), 29-37.
- Turvey, M. T. (1990). Coordination. *American Psychologist Association*, 45, 938-953.
- Van der Fits, I. B., Otten, E., Klip, A. W., Van Eykern, L. A., & Hadders-Algra, M. (1999). The development of postural adjustments during reaching in 6- to 18-month-old infants. Evidence for two transitions. *Exp Brain Res*, 126(4), 517-528.
- Van der Fits, I. B. M., Otten, E., Klip, L. A., Van Eykern, L. A., & Hadders-Algra, M. (1999). The development of postural adjustments during reaching in 6- to 18-month-old infants. *Exp Brain Res*, 126, 517-528.
- von Hofsten, C. (1982). Eye-hand coordination in newborns. *Developmental Psychology*, 18(3), 450-461.
- von Hofsten, C. (1983). Catching skills in infancy. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 9(1), 75-85.
- von Hofsten, C. (1991). Prospective Control: a basic aspect of action development. *Human Development*, 36, 253-270.
- Webber, C. L., & Zbilut, J. P. (2005). Recurrence Quantification Analysis of Nonlinear Dynamical Systems. In M. A. Riley & G. C. Van Orden (Eds.), *Tutorials in Contemporary nonlinear methods for the Behavioral Sciences* (pp. 26-94).

7. Anexos

Os anexos seguem-se em suporte digital num *CD-ROM* junto a tese.

Anexo 1: Ficha Médica do bebé hipotónico.

Anexo 2: Pedido de autorização de estudo para o bebé hipotónico.

Anexo 3: Pedido de autorização de estudo para o bebé controlo.

Anexo 4: Dados *txt* obtidos através do *software* Kinovea.

Anexo 5: Dados Obtidos para análise linear.

Anexo 6: Gráficos de recorrência.

Anexo 7: Dados obtidos para análise não linear.

Anexo 8: Resultados da análise descritiva e não paramétrica dada pelo programa *spss*.