



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

**IMPACTO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DOS OBJETOS  
NOS MOVIMENTOS DE ALCANCE EM LACTENTES  
SAUDÁVEIS DE 4 A 6 MESES DE IDADE**

**Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha**

São Carlos - SP  
2006

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**IMPACTO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DOS OBJETOS NOS MOVIMENTOS  
DE ALCANCE EM LACTENTES SAUDÁVEIS DE 4 A 6 MESES DE IDADE**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Fisioterapia, área de concentração: Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia.

Aluna: Nelci Adriana C. F. Rocha  
Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eloísa Tudella

São Carlos  
2006

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

R672ip

Rocha, Nelci Adriana Cicuto Ferreira.

Impacto das propriedades físicas dos objetos nos movimentos de alcance em lactentes saudáveis de 4 a 6 meses de idade / Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha. -- São Carlos : UFSCar, 2006.

192 p.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2006.

1. Lactentes. 2. Alcance manual. 3. Propriedades dos objetos. 4. Affordances. I. Título.

CDD: 613.0432 (20<sup>a</sup>)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA PARA DEFESA DE TESE DE DOUTORADO DE **NELCI ADRIANA CICUTO FERREIRA ROCHA**, APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, EM 10 DE FEVEREIRO DE 2006.

BANCA EXAMINADORA:

Eloísa Tudella  
DFisio/UFSCar

Deisy das Graças de Souza  
DPsico/UFSCar

Maria Stella Coutinho de Alcântara Gil  
DPsico/UFSCar

José Ângelo Barela  
UNESP/Rio Claro

Vanda Maria Gimenes Gonçalves  
UNICAMP/Campinas

## DEDICATÓRIA

A Deus, pai todo poderoso, pelo dom da vida, por guiar e abençoar todos os momentos de minha caminhada, dando-me saúde, paciência, perseverança, paz e sabedoria.

“Senhor, não recebi tudo o que pedi, mas recebi tudo de que precisava”.

Aos meus filhos, Fellipe e Giovanni, por existirem em minha vida, pela compreensão das minhas ausências, pelo carinho nos momentos de tensão, ansiedade e cansaço. Amo muito vocês. Vocês são minha fortaleza.

Ao meu marido, Maurício, que de muitas maneiras contribuiu ajudando-me a escrever parte da minha vida, da minha história... Dividiu comigo minhas angústias, indecisões e também as vitórias e conquistas. Para você, eis aqui minha gratidão, o meu carinho e o meu amor. Obrigada pela paciência, dedicação e, acima de tudo, pelo seu amor.

Você sempre será gigante dentro do meu coração! Amo você!

## **AGRADECIMENTOS**

### *Agradeço a Deus*

No corre-corre da vida diária, por vezes esqueço de vos agradecer. Obrigada, Senhor, por tudo que tendes me concebido, por minha família, meu trabalho, por todos aqueles que entraram na minha história de vida e me ensinaram a crescer, e por nunca ter me deixado nos momentos difíceis. Foi, com certeza, o Senhor que guiou minhas mãos, meus olhos, meus pensamentos e atos e permitiu que eu chegasse até aqui. O mais sincero agradecimento a Vós, que me confiastes a vida.

### *Agradeço aos meus Filhos*

Fellipe e Giovanni, obrigada por compreenderem a importância deste momento em minha vida. Sei o quanto torceram para que este dia chegasse. Amo vocês mais do que a minha própria vida. Sem vocês eu nada seria.....

### *Agradeço ao meu marido*

Mauricio, obrigada pelo carinho, compreensão, paciência e cumplicidade. Agradeço por ter com quem compartilhar as alegrias e as vitórias e, principalmente, por ter alguém como você para me dar força nas horas mais difíceis. Mais uma vez, lhe digo, nos méritos de minhas conquistas existe muito de sua presença. Essa vitória é nossa! AMO VOCÊ.

### *Agradeço aos meus pais*

Matilde e Osvaldo (em memória): a vocês devo tudo o que sou hoje. Nos ensinamentos da vida, foram mestres. Em toda a minha vida, ensinaram-me a agir com dignidade, honestidade, humildade e respeito. Como lição, aprendi a ser humana, perseverante e justa. Obrigada por tudo. Amo vocês.

## Agradecimentos

Pai, que alegria sentiria se estivesse aqui.... Por muitas vezes, me lembrei de você nos momentos de dificuldades e nessas horas encontrei a força necessária para seguir sempre de cabeça erguida. E tenho a certeza de que você estava olhando por mim. Neste momento tão especial em minha vida, sei que, onde quer que esteja, estará orgulhoso de minhas conquistas.

### *Agradeço aos meus familiares*

Aos meus irmãos, sobrinhos (as), cunhados (as), tios (as), sogro, sogra, padrasto e todos mais, por acreditarem em mim durante esta caminhada, me encorajarem a continuar quando tudo parecia tão difícil e distante.

### *Agradeço à “família NENEM”*

Fernandinha, Raquel, Aline, Karina, Maria Fernanda, Vanysia, Carolzinha, Jocelene, Jadiane, Cristiano e Igor, eu agradeço por terem compartilhado comigo todos estes anos de doutorado, sempre me ajudando, me socorrendo nos momentos de sufoco... Sou grata a cada um de vocês. Cada um teve uma participação especial neste período de minha vida. Tenho o maior carinho por todos. Que Deus os abençoe sempre.

Vá e Maria Fernanda, Deus enviou vocês no momento certo! Obrigada por não medirem esforços para me ajudar.

Em especial às minhas companheiras inseparáveis de coleta de dados Fernandinha e Aline, sem vocês eu jamais conseguiria chegar ao término deste trabalho. OBRIGADA de coração!

Aline, obrigada por ter compartilhado comigo os momentos de indecisão, preocupações e por sempre ouvir os meus lamentos. “Que saudade dos meus filhos!!!” Lembra? Você é muito especial!

## Agradecimentos

Fer, eu gostaria de fazer um agradecimento mais do que especial a você, pois nos momentos mais difíceis, foi você quem me socorreu. Obrigada por sua dedicação constante, companheirismo e união. Que Deus a abençoe e lhe dê muito sucesso, você merece.

Raquel, muito obrigada pelas dicas, pelo apoio e pela ajuda que tive sempre que precisei. Boa sorte e sucesso nesta nova caminhada rumo à Holanda!!!

### *Agradeço aos professores*

À Solange, professora de inglês e português, muito obrigada por sua dedicação e paciência. Sempre prestativa em todos os momentos. Sou muito grata a você.

Agradeço a colaboração da Milene e Prof. Dr. Jorge Oishi na análise estatística deste trabalho.

Aos professores Dr. José Ângelo Barela, Paula H. Lobo da Costa, Marisa Cotta Mancini, Deisy das Graças de Souza, membros da banca de qualificação, meus sinceros agradecimentos pelas colocações e sugestões.

### *Agradeço às mães dos bebês*

Tenho muito a agradecer as mães dos bebês que participaram deste estudo. Obrigada por confiarem em nossa equipe. Sem contribuição de vocês, nada seria realizado.

OBRIGADA a todos que direta ou indiretamente ajudaram na concretização deste estudo.

## **Agradecimentos**

---

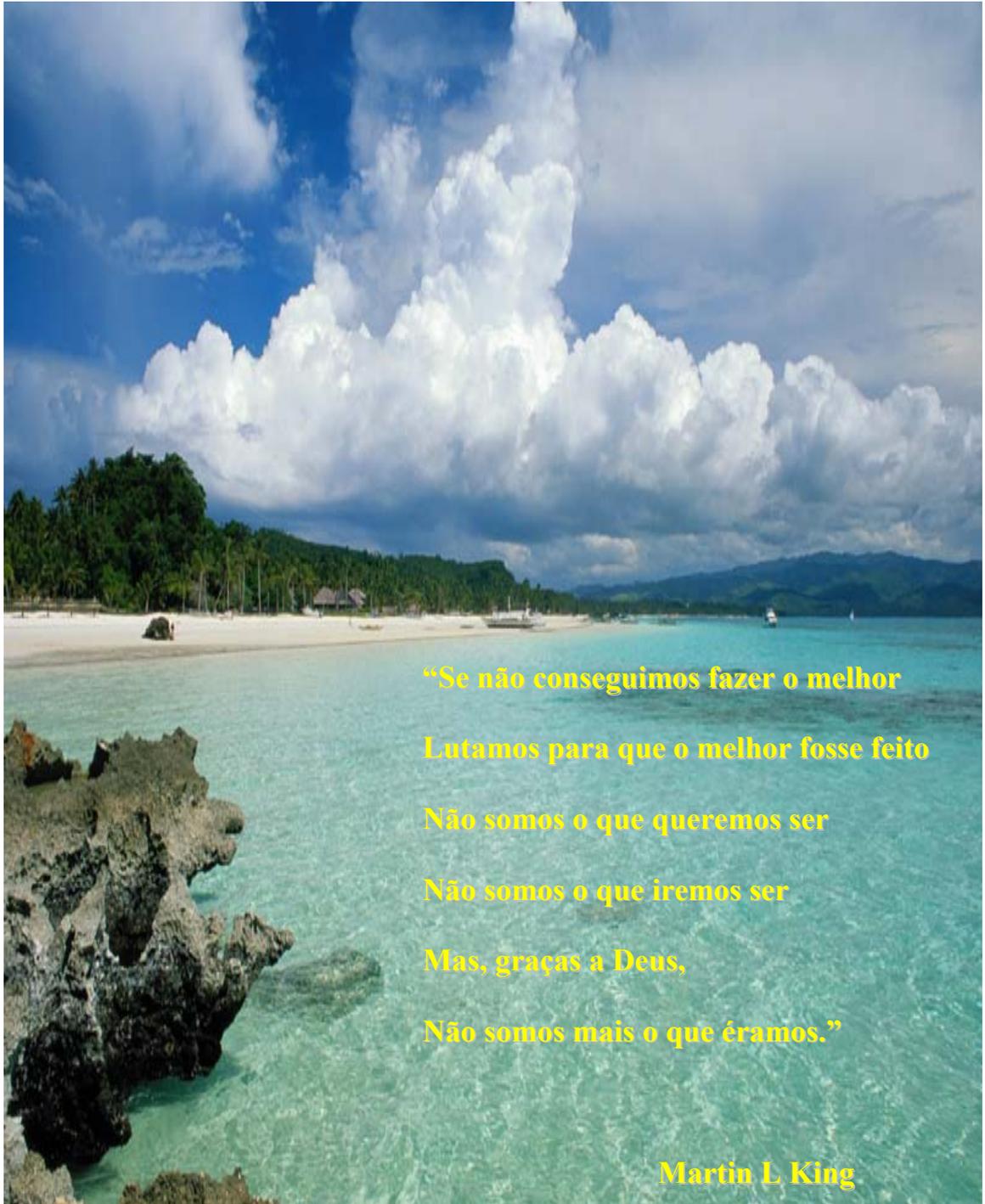
### ***Agradecimento especial à minha orientadora***

Este estudo não teria sido concretizado se não houvesse a participação da minha orientadora e amiga Eloísa Tudella. Obrigada pelos seus ensinamentos durante toda esta minha trajetória, por se preocupar com o meu crescimento profissional e pessoal e por ter acreditado em mim. Sou muito grata por tudo o que fez.

Que Deus te ilumine e te proteja todos os dias de tua vida.

Pode ter certeza que todo o teu esforço e dedicação valerão a pena!

“Chegamos exatamente onde precisamos chegar, porque a Mão de Deus sempre guia aquele que segue seu caminho com fé” (*Paulo Coelho*).



**“Se não conseguimos fazer o melhor  
Lutamos para que o melhor fosse feito  
Não somos o que queremos ser  
Não somos o que iremos ser  
Mas, graças a Deus,  
Não somos mais o que éramos.”**

**Martin L. King**

## RESUMO

---

Vários estudos têm identificado que as propriedades dos objetos induzem ajustes no alcance; no entanto, poucos investigaram a influência específica do tamanho e rigidez dos objetos em lactentes jovens, principalmente empregando a análise cinemática. **Objetivo:** Verificar o efeito das propriedades de tamanho e rigidez dos objetos nas variáveis qualitativas e quantitativas do alcance de lactentes de 4 a 6 meses de idade, observando como essas variáveis mudam ao longo do tempo. **Métodos:** Nove lactentes saudáveis foram posicionados em uma cadeira infantil reclinada a 50°. Quatro objetos foram apresentados, um rígido grande (RG), um rígido pequeno (RP), um maleável grande (MG) e um maleável pequeno (MP), por um período de 1 minuto cada. Os movimentos de alcance foram filmados por três câmeras digitais e as imagens reconstruídas tridimensionalmente. Em um total de 378 alcances, foram analisadas as variáveis qualitativas – ajustes proximais e distais, preferência manual e apreensão dos objetos – e as variáveis quantitativas – índice de retidão, velocidade média, unidades de movimento e índice de tempo de ajuste. **Resultados:** Constatou-se que, ao longo dos meses, houve aumento da resposta aos estímulos, apreensão dos objetos, variabilidade nos ajustes proximais e mudança na preferência manual da esquerda para a direita. A abertura da mão foi predominantemente a semi-aberta tanto no início quanto no final do alcance. Do quinto para o sexto mês, no entanto, observou-se aumento da mão aberta no final do movimento. A orientação oblíqua da mão no toque foi predominante em todos os meses e, na apreensão, a predominância foi a orientação vertical. Quanto às variáveis quantitativas, houve aumento no índice de retidão e na velocidade média, bem como diminuição das unidades de movimentos. Não foram observadas mudanças significativas no índice de ajustes do movimento. Constatou-se ajuste bimanual para o objeto RG e unimanual para os objetos pequenos. Para o objeto MG, os ajustes foram semelhantes. A preferência manual à direita foi maior ao alcançar os objetos pequenos. No início do alcance, a mão semi-aberta foi predominante para todos os objetos e, no final do alcance, a mão aberta foi mais utilizada para o objeto RG. Constatou-se que a orientação da mão foi predominantemente oblíqua no toque dos objetos e, na apreensão, a predominância foi a vertical, principalmente para o objeto RG. Os objetos maleáveis foram mais apreendidos do que os rígidos. O índice de retidão foi maior para o objeto MG, enquanto o índice de tempo de ajuste e o número de unidades de movimentos foram menores. O número de unidades de movimento foi maior para os objetos pequenos. A velocidade média não foi modificada significativamente. **Conclusão:** Sugere-se que, ao longo dos meses, os movimentos de alcance são aprimorados, indicando ganho de *performance* no período de vida estudado. Os lactentes, ao perceberem as propriedades dos objetos, ajustam as variáveis essenciais do movimento a partir da capacidade motora que eles têm disponível nesse período de vida, sugerindo, assim, a existência de uma complexa interação percepção-ação.

**Palavras-Chave:** lactente, alcance, propriedades dos objetos, *affordances*.

## **ABSTRACT**

---

Many studies have shown that object properties can lead to adjustments in reaching, but few have investigated the specific influence of object size and rigidity on reaching movements in young infants, especially by using kinematic analysis. **Objective:** Investigate the effect of object size and rigidity in the qualitative and quantitative variables of reaching in 4-to-6-month-old infants, and verify how such variables change over age. **Methods:** Nine healthy infants were placed in a baby chair reclined at 50° from the horizontal. The infants were shown four objects of different size and rigidity – large rigid (RG), small rigid (RP), large soft (MG), and small soft (MP) – for a period of 1 minute each. Reaching movements were recorded by three digital cameras and the images were analyzed by using the 3D movement reconstruction. A total of 378 reaches were analyzed in relation to the following variables: qualitative – proximal and distal adjustments, hand preference, and grasping of objects –; and quantitative – straightness index, mean velocity, movement units, and adjustment time index. **Results:** There were many different changes in reaching over age. The answers to stimulation and the grasping of objects increased. Proximal adjustments were shown to be variable. Hand preference changed from the left to the right. The hand was predominantly half-opened in both the beginning and the end of the reaches; however, hand opening angle increased in the end of the reaches from the fifth to the sixth month. In all the ages, hand orientation was predominantly oblique when touching the object, and vertical when grasping it. As regards the quantitative variables, the straightness index and the mean velocity increased, and the movement units decreased. No significant changes were observed in the adjustment time index. Infants performed bimanual movements for the large rigid object, and unimanual movements for the small ones. The adjustments were similar in relation to the large soft object. Right-hand preference was higher for the small objects. In the beginning of the reaches, the hand was predominantly half-opened for all the objects; while in the end of the reaches, the hand was predominantly opened for the object large rigid. Hand orientation was predominantly oblique when touching the object, and vertical when grasping it, especially for the object large rigid. The soft objects were more frequently grasped than the rigid ones. The straightness index was higher for the large soft object, while the adjustment time index and the number of movement units were lower for this same object. The number of movement units increased for the small objects. No significant changes were verified in the mean velocity. **Conclusion:** It is possible to suggest that reaching movements are improved over age, thus indicating an increase in the infants' performance during the studied period of life. Once the infants perceive the object properties, they adjust the essential variables of their movements by using their available motor abilities, thus suggesting the existence of a complex perception-action coupling.

**Key Words:** infants, reaching, object properties, affordances.

## **LISTA DE FIGURAS**

---

FIGURA 1. Marcador que foi posicionado no punho dos lactentes.....	36
FIGURA 2. Cadeira infantil para o posicionamento dos lactentes.....	37
FIGURA 3. Objetos usados como estímulo para o alcance manual.....	38
FIGURA 4. Vista esquemática ântero-lateral esquerda do arranjo experimental (adaptada de CARVALHO; TUDELLA; BARROS, 2005).....	41
FIGURA 5. Fios de prumo delimitados por marcadores a cada 10 centímetros. ....	43
FIGURA 6. Interface do sistema Dvideow e rastreamento dos marcadores. ....	47
FIGURA 7. Trajetórias percorridas durante os alcances de um participante do estudo aos 4 e aos 6 meses de idade.....	53
FIGURA 8. Unidades de movimentos (UM) de um alcance. A. Unidades de movimento realizadas aos 4 meses de idade. B. Unidades de movimento realizadas aos 6 meses de idade.....	54
FIGURA 9. Número de alcances e não-alcances ao longo dos 4 aos 6 meses de idade. ....	59
FIGURA 10. Porcentagem de ajustes unimanuais e bimanuais ao longo dos 4 aos 6 meses de idade. ....	60
FIGURA 11. Porcentagem de alcances com a mão direita e esquerda ao longo dos 4 aos 6 meses de idade.....	61
FIGURA 12. Porcentagem dos alcances quanto à abertura da mão, ao longo dos 4 aos 6 meses de idade. A. Abertura da mão no início do movimento de alcance. B. Abertura da mão no final do movimento de alcance .....	62
FIGURA 13. Porcentagem dos alcances quanto a orientação da mão ao longo dos 4 aos 6 meses de idade. A. Orientação da mão no toque do objeto. B. Orientação da mão na apreensão do objeto .....	63

## **LISTA DE FIGURAS**

---

FIGURA 14. Porcentagem de alcance com e sem apreensão dos objetos ao longo dos 4 aos 6 meses de idade.....	65
FIGURA 15. Média e desvio padrão do índice de retidão ao longo dos 4 aos 6 meses de idade .....	66
FIGURA 16. Média e desvio padrão da velocidade média ao longo dos 4 aos 6 meses de idade.....	67
FIGURA 17. Média e desvio padrão da frequência de unidades de movimento ao longo dos 4 aos 6 meses de idade.. .....	68
FIGURA 18. Média e desvio padrão do tempo de ajuste ao longo dos 4 aos 6 meses de idade.....	69
FIGURA 19. Número de alcances e não-alcances em relação aos objetos rígido grande (RG), rígido pequeno (RP), maleável grande (MG) e maleável pequeno (MP).....	70
FIGURA 20. Porcentagem de ajustes unimanuais e bimanuais em relação aos objetos rígido grande (RG), rígido pequeno (RP), maleável grande (MG) e maleável pequeno (MP). .....	71
FIGURA 21. Porcentagem de alcances com a mão direita e esquerda em relação aos objetos rígido grande (RG), rígido pequeno (RP), maleável grande (MG) e maleável pequeno (MP).....	72
FIGURA 22. Porcentagem dos alcances quanto à abertura da mão em relação aos objetos rígido grande (RG), rígido pequeno (RP), maleável grande (MG) e maleável pequeno (MP). A. No início do movimento de alcance. B. No final do movimento de alcance. ....	73
FIGURA 23. Porcentagem dos alcances quanto à orientação da palma da mão, em relação aos objetos rígido grande (RG), rígido pequeno (RP), maleável grande (MG) e maleável pequeno (MP). A. Orientação da palma no toque do objeto. B. Orientação da palma na apreensão do objeto. ....	75

## **LISTA DE FIGURAS**

---

- FIGURA 24. Porcentagem de alcance com e sem apreensão em relação aos objetos rígido grande (RG), rígido pequeno (RP), maleável grande (MG) e maleável pequeno (MP)..... 76
- FIGURA 25. Média e desvio padrão dos índices de retidão em relação aos objetos rígido grande (RG), rígido pequeno (RP), maleável grande (MG) e maleável pequeno (MP)..... 77
- FIGURA 26. Média e desvio padrão da velocidade média em relação aos objetos rígido grande (RG), rígido pequeno (RP), maleável grande (MG) e maleável pequeno (MP)..... 78
- FIGURA 27. Média e desvio padrão do número de unidades de movimento em relação aos objetos rígido grande (RG), rígido pequeno (RP), maleável grande (MG) e maleável. .... 79
- FIGURA 28. Média e desvio padrão do tempo de ajustes em relação aos objetos rígido grande (RG), rígido pequeno (RP), maleável grande (MG) e maleável pequeno (MP)..... 80

## **LISTA DE TABELAS**

---

TABELA 1. Caracterização dos participantes.....	33
TABELA 2. Planejamento da ordem de apresentação dos objetos.....	46
TABELA 3. Distribuição dos alcances coletados, dos excluídos e os motivos das exclusões para cada objeto apresentado e em todas as avaliações.....	58

## **LISTA DE ANEXOS**

---

I. Aprovação do Comitê de Ética .....	191
II. Cartão de Agendamento.....	192

## **LISTA DE APÊNDICES**

---

I. Termo de consentimento livre e esclarecido .....	131
II. Protocolo para coleta de dados das mães e lactentes .....	134
III. Formulário para registro dos <i>frames</i> iniciais e finais do alcance .....	137
IV. Artigo publicado na revista Infant Behavior and Development.....	138
V. Artigo aceito na Revista Brasileira de Fisioterapia .....	149
VI. Artigo aceito na Revista Fisioterapia e Pesquisa .....	171

# SUMÁRIO

---

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>2</b>
<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>5</b>
1. Desenvolvimento do alcance .....	6
2. Perspectivas teóricas que fundamentam o processo de aquisição e aprimoramento do alcance manual .....	12
3. Informação sensorio-motora nos movimentos de alcance manual .....	18
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>30</b>
1. Geral .....	30
2. Específicos .....	30
<b>MÉTODOS</b> .....	<b>32</b>
1. Participantes .....	32
2. Critérios de inclusão .....	33
3. Critérios de exclusão .....	34
4. Critérios de descontinuação .....	34
5. Coleta de dados .....	35
6. Equipamentos e materiais .....	35
7. Procedimentos gerais .....	39
7.1 Posicionamento das câmeras .....	40
7.2 Calibração do sistema .....	41
7.3 Sistema de marcadores .....	44
8. Procedimentos de teste .....	45
9. Análise das imagens .....	46
10. Obtenção das variáveis qualitativas do alcances .....	48
11. Obtenção de variáveis quantitativas (espaço-temporais) do alcance .....	51
12. Análise estatística .....	55
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>57</b>
1. Resultados descritivos .....	57
2. Resultados inferenciais .....	58
2.1 Mudanças nas variáveis qualitativas do alcance ao longo dos meses .....	58
2.1.1 Resposta aos estímulos .....	58
2.1.2 Ajustes proximais .....	59
2.1.3 Preferência manual .....	60
2.1.4 Ajustes distais .....	61
Abertura da mão no início e final do movimento de alcance .....	61
Orientação da palma da mão no toque e na apreensão do objeto .....	63
2.1.5 Apreensão do objeto .....	64
2.2 Mudanças nas variáveis quantitativas (espaço-temporais) do alcance ao longo dos meses .....	65
2.2.1 Índice de retidão .....	65
2.2.2 Velocidade média .....	67
2.2.3 Unidades de movimento .....	67
2.2.4 Tempo de ajuste .....	68

## SUMÁRIO

---

2.3 Efeito das propriedades dos objetos nas variáveis qualitativas do alcance .....	69
2.3.1 Resposta aos estímulos .....	69
2.3.2 Ajustes proximais .....	70
2.3.3 Preferência manual .....	71
2.3.4 Ajustes distais .....	72
Abertura da mão no início e no final do alcance .....	73
Orientação da palma da mão no toque e na apreensão .....	74
2.3.5 Apreensão dos objetos .....	76
2.4 Efeito das propriedades dos objetos nas variáveis quantitativas (espaço-temporais) do alcance .....	77
2.4.1 Índice de retidão .....	77
2.4.2 Velocidade média .....	78
2.4.3 Unidades de movimento .....	79
2.4.4 Índice de tempo de ajuste .....	80
<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>82</b>
1. Mudanças do alcance manual ao longo dos 4 aos 6 meses de idade .....	82
1.1 Mudanças nas variáveis qualitativas do alcance ao longo dos meses .....	83
1.2 Mudanças nas variáveis quantitativas (espaço-temporais) do alcance ao longo dos meses .....	92
2. Efeito das propriedades dos objetos no alcance manual .....	99
2.1 Efeito das propriedades dos objetos nas variáveis qualitativas do alcance .....	99
2.2 Efeito das propriedades dos objetos nas variáveis quantitativas (espaço-temporais) do alcance .....	104
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>112</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>115</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>131</b>
I. Termo de consentimento livre e esclarecido .....	131
II. Protocolo para coleta de dados das mães e lactentes .....	134
III. Formulário para registro dos <i>frames</i> iniciais e finais do alcance .....	137
IV. Artigo publicado na revista <i>Infant Behavior and Development</i> .....	138
V. Artigo aceito na Revista Brasileira de Fisioterapia .....	149
VI. Artigo submetido à Revista Fisioterapia e Pesquisa .....	171
<b>ANEXOS .....</b>	<b>191</b>
I. Aprovação do Comitê de Ética .....	191
II. Cartão de Agendamento.....	192

# **INTRODUÇÃO**

## **INTRODUÇÃO**

---

A compreensão da aquisição e do aprimoramento do alcance manual é, sem dúvida, um fenômeno que desafia muitos pesquisadores. O processo de desenvolvimento desse comportamento envolve uma série de transformações, visto que os lactentes iniciam os movimentos de alcance de forma imprecisa, apresentando pobre controle da trajetória, e, após alguns meses, passam a executar alcances habilidosos e ajustados às condições ambientais e às exigências da tarefa. Entender o processo pelo qual essas transformações ocorrem, bem como identificar quando as ações dos lactentes tornam-se adaptativas, é, portanto, o foco de vários estudos da área do desenvolvimento motor.

Estudos demonstram que, em lactentes saudáveis, o alcance de objetos surge por volta dos 3-4 meses de vida e, uma vez que é adquirida, tal habilidade passa a ser constantemente aprimorada (THELEN; CORBETTA; SPENCER, 1996; VON HOFSTEN, 1979, 1984). Para melhor fundamentar as mudanças ocorridas nos movimentos de alcance, as influências dos fatores ambientais devem ser consideradas, pois, do contrário, seria difícil compreender a complexidade e adaptabilidade do organismo dos lactentes.

Segundo Gibson (1986), o movimento da mão em direção ao objeto é modulado pelas *affordances*, ou seja, pela relação entre o que o objeto oferece como possibilidade de ação e as capacidades do organismo. Estudos têm relatado que os lactentes possuem sistemas perceptuais ativos que captam as informações específicas do ambiente (CORBETTA; THELEN; JOHNSON, 2000; THELEN; CORBETTA; SPENCER, 1996) e que, por volta dos 4 meses de vida, o sistema exploratório manual (somatosensorial, visual e motor) desenvolve-se, tornando possível a percepção de *affordances*, tais como as características distintas dos

## **Introdução**

---

objetos (GIBSON, 1995). Assim, o interesse deste estudo longitudinal é o de investigar se lactentes de 4 a 6 meses de idade são capazes de guiar seus movimentos baseados nessas informações.

Dessa forma, o objetivo deste estudo é o de verificar o efeito das propriedades de tamanho e rigidez dos objetos (*affordances*) nas variáveis qualitativas e quantitativas (espaço-temporais) do alcance de lactentes de 4 a 6 meses de idade, observando como tais variáveis mudam ao longo do tempo, bem como explicar, a partir da Perspectiva dos Sistemas Dinâmicos, o processo que gerou tais mudanças.

Para melhor compreensão e fundamentação teórica deste estudo, abordar-se-á, sob o ponto de vista da aquisição do alcance de objetos, aspectos do desenvolvimento motor, bem como embasamentos teóricos sobre os fatores que influenciam e guiam as transformações motoras que ocorrem ao longo dos primeiros seis meses de vida. A revisão que será apresentada é, portanto, necessária para que se possa entender como o lactente se desenvolve e interage com o ambiente.

# **REVISÃO DA LITERATURA**

## **REVISÃO DA LITERATURA**

---

A emergência da habilidade de alcançar e apreender objetos constitui um importante marco no desenvolvimento motor e cognitivo no primeiro semestre de vida dos lactentes (THELEN et al., 1993; CORBETTA, 1998) e a aquisição dessas habilidades manuais é o primeiro passo em direção à exploração e manipulação dos objetos (FAGARD, 1994). Por meio do alcance e da apreensão dos objetos, os lactentes aprendem sobre o ambiente e desenvolvem novas habilidades para controlar e modular seus movimentos para atingir seus objetivos com maior precisão (CORBETTA, 1998). Essas habilidades manuais são importantes para que a criança resolva os problemas contidos no ambiente (FAGARD, 1994), tal como o de manipular, em tarefas diversificadas, objetos de diferentes tamanhos. Alcance e apreensão fazem parte do processo de aprendizagem perceptual-motor, visto que os lactentes alcançam os objetos inicialmente para explorá-los oralmente e, posteriormente, passam a utilizar explorações cada vez mais complexas, envolvendo manipulações com as mãos e dedos (THELEN; SMITH, 1994). Sendo assim, aprender como coordenar os movimentos dos membros superiores para alcançar objetos é uma função essencial da integração dos sistemas orgânicos com o ambiente, o qual é caracteristicamente complexo (VAN HOF; VAN DER KAMP; SAVELSBERGH, 2002).

Ao longo dos meses, o lactente apresenta mudanças nas habilidades manuais, o que permite a ele escolher a melhor maneira de explorar os objetos (FAGARD, 1994), por exemplo, controlando e modulando seus padrões de movimento e ajustando-os de acordo com as mudanças de ambiente (e.g. diferentes propriedades dos objetos).

## **Revisão da Literatura**

---

### **1. Desenvolvimento do Alcance**

Ao longo dos meses, os lactentes adquirem e aprimoram suas habilidades motoras, sendo capazes de executar desde atividades mais simples, como as de levar as mãos à boca e juntar as mãos na linha média, até movimentos mais complexos, tais como alcançar, apreender e manipular objetos de diferentes tamanhos e texturas. Com a aquisição e o aprimoramento das habilidades, o lactente explora gradativamente novos espaços e passa a relacionar-se com o ambiente (ROCHA; TUDELLA; BARELA, 2005). A aquisição de uma habilidade geralmente é precedida por outra menos complexa. Por exemplo, o comportamento mão-boca surge antes da junção de mãos que, por sua vez, precede o alcance de objetos (BRANDÃO, 1984; ROCHA, 2002).

Esse processo de emergência de habilidades foi por muito tempo entendido como seqüências invariáveis no desenvolvimento e tradicionalmente denominado estágio “desenvolvimental”. Entretanto, os estágios podem ocorrer em variadas velocidades, pois dependem, entre outras coisas, da quantidade e da qualidade dos estímulos recebidos, os quais dão origem a diferentes modelos internos (GENTILE, 1972). Os estágios, fases ou faixas etárias que utilizamos para identificar a aquisição de habilidades são meramente representações de escalas de tempo aproximadas nas quais certos comportamentos podem ser observados (ROCHA; TUDELLA; BARELA, 2005). O excesso de confiança nesses períodos de tempo negaria os conceitos de descontinuidade, especificidade e individualidade do processo de desenvolvimento. Dessa forma, embora o “relógio biológico” seja bastante específico quando se trata de seqüência de aquisição de habilidades motoras, o nível e a

## **Revisão da Literatura**

---

extensão do desenvolvimento são determinados individualmente e dramaticamente pelas exigências da tarefa e do ambiente no qual o indivíduo está inserido (GALLAHUE; OZMUN, 2003).

Diversos autores, ao estudarem a aquisição da habilidade de alcance e apreensão de objetos, relataram que o início do alcance manual voluntário, ou seja, o contato das mãos com o objeto, surge por volta dos 3-4 meses de idade em lactentes saudáveis (VON HOFSTEN; 1979, 1984, 1991; THELEN et al., 1993; THELEN; CORBETTA; SPENCER, 1996; GALLOWAY; THELEN, 2004). Von Hofsten (1982, 1989) e Von Hofsten e Fazel-Zandy (1984) demonstraram que, apesar dos neonatos serem capazes de realizar movimentos dos membros superiores em direção aos objetos, eles não realizam a apreensão dos mesmos. A emergência do movimento de extensão do membro superior em direção ao objeto, seguido da apreensão, ocorre por volta dos 4-5 meses de vida (VON HOFSTEN; RÖNNQVIST, 1988; SAVELSBERGH; VAN DER KAMP; 1994; KONCZAK; DICHGANS, 1997; CHARLTON; IHSEN; OXLEY, 1998; OUT et al., 1998; THELEN; SPENCER, 1998; VAN DER FITS; HADDERS-ALGRA, 1998; VAN DER FITS et al., 1999; NEWMAN; ATKINSON; BRADDICK, 2001). No entanto, para que os objetos sejam alcançados e então apreendidos com precisão, deverão ocorrer dois tipos de ajustes de movimentos dos membros superiores: o ajuste proximal, considerado como o direcionamento de um ou ambos os membros superiores ao alvo apresentado (alcances uni e bimanual); e o ajuste distal, que se refere ao posicionamento da mão e dos dedos para fazer contato e apreender o objeto (FAGARD, 2000). Alguns pesquisadores relatam que os ajustes proximais bimanuais iniciam-se por volta dos 4-6 meses (FAGARD, 2000; CORBETTA; THELEN, 1996) e os ajustes distais, por volta dos 7-9

## **Revisão da Literatura**

---

meses (VON HOFSTEN; RÖNNQVIST, 1988). Outros pesquisadores verificaram que os ajustes proximais e distais são guiados pela informação disponibilizada pelas propriedades físicas dos objetos (NEWELL et al., 1989; SIDDIQUI, 1995; FAGARD; JACQUET, 1989).

Segundo Gibson (1995), o desenvolvimento exploratório durante o primeiro ano de vida ocorre como uma seqüência de fases que constroem o conhecimento infantil acerca das características permanentes (invariantes) do mundo e da sua própria capacidade de agir sobre objetos e interagir com eventos. Entretanto, o período de aquisição das fases pode variar de um lactente para o outro. A primeira fase ocorre do nascimento aos 4 meses, sendo representada por mínima atenção visual do lactente em eventos, fato que pode ser observado principalmente pela limitada variação dos movimentos oculares. Nessa fase, a descoberta das propriedades físicas dos objetos pode ser feita pelo sistema mais ativo de exploração, ou seja, pela boca. A segunda fase, a qual se inicia por volta dos 5 meses, é uma fase de maior atenção nos objetos. É nessa fase que o sistema exploratório manual se desenvolve, tornando possíveis as habilidades de alcance e apreensão de objetos, as quais, por sua vez, permitem que os objetos sejam explorados e que suas *affordances* e características distintas sejam aprendidas. A terceira fase inicia-se por volta dos 8-9 meses, quando o lactente expande sua atenção para uma área maior, a qual pode ser explorada conforme ele adquire a locomoção.

Vale ressaltar que por mais de três décadas o estudo do alcance baseou-se no pressuposto de que a forma primitiva de coordenação dos membros superiores estava associada, principalmente, aos reflexos. White et al. (1964) verificaram que lactentes entre 2 e 3 meses de idade apresentaram maior número de tentativas de alcance unimanual quando o objeto era oferecido na lateral do corpo, o que foi atribuído ao reflexo tônico cervical

## **Revisão da Literatura**

---

assimétrico (RTCA), e quando o RTCA diminuía, a postura tornava-se mais simétrica, levando à emergência de um padrão bimanual.

Atualmente, pesquisadores têm verificado que, em recém-nascidos, os movimentos dos braços em direção aos objetos não podem ser considerados como movimentos randômicos, pois estes são governados por informações perceptuais (RADER; VAUGHN, 2000). Ennouri e Bloch (1996) demonstraram que esses movimentos são corrigidos a cada fixação do olhar. Entretanto, o direcionamento da mão ainda não é preciso, indicando a existência de uma coordenação óculo-manual rudimentar.

Outros autores investigaram as características cinemáticas do alcance e verificaram que, na fase de aquisição, os movimentos são de aparência atáxica, com trajetórias irregulares e fragmentadas e com múltiplos picos de velocidade (THELEN; CORBETTA; SPENCER, 1996; KONCZAK; DICHGANS, 1997). Esses movimentos são identificados como múltiplos segmentos de aceleração e desaceleração, ou seja, com várias unidades de movimentos (VON HOFSTEN, 1979, 1991; FETTERS; TODD, 1987; MATHEW; COOK, 1990; ENNOURI; BLOCH, 1996; BERTHIER et al., 1999), indicando, assim, mais correções no movimento durante a trajetória (VON HOFSTEN, 1979, 1991). Segundo estudo de Zernicke e Schneider (1993), lactentes com 4 meses de idade conseguiram tocar o objeto, porém seus movimentos foram considerados indiretos e não controlados. Von Hofsten (1991), ao estudar lactentes entre 19 e 31 semanas de idade (4-7 meses), constatou que com o passar dos meses, a trajetória dos movimentos tornou-se mais retilínea e com poucas unidades de movimentos.

Sendo assim, verifica-se que o aprimoramento do alcance implica em diminuição da frequência de unidades de movimento (VON HOFSTEN, 1991; McCARTY; ASHMEAD,

## **Revisão da Literatura**

---

1999; FALLANG; SAUGSTAD; HADDERS-ALGRA, 2000), diminuição na duração do movimento (McCARTY; ASHMEAD, 1999), trajetória mais retilínea (MATHEW; COOK, 1990; KONCZAK; BORUTTA; DICHGANS, 1997), diminuição de correções de trajetória e aumento na velocidade (VON HOFSTEN, 1979, 1991; MATHEW; COOK, 1990; THELEN et al., 1993). Entretanto, Fallang, Saugstad e Hadders-Algra (2000) verificaram que a velocidade máxima não mudou com a idade (4 a 6 meses). Além disso, Thelen, Corbetta e Spencer (1996) e Thelen et al. (1993) verificaram que crianças no primeiro ano de vida apresentaram características individuais de preferência de velocidade ao alcançarem um objeto, ou seja, foram constatados períodos de movimentos mais rápidos e variáveis, seguidos por períodos de maior estabilidade.

Controvérsias nos estudos podem ser observadas tanto em relação à época de aquisição, quanto em relação ao aprimoramento dos movimentos de alcance ao longo dos meses de vida. Segundo Thelen et al. (1993), o período de aquisição de um determinado comportamento envolve a exploração de muitas possíveis configurações de movimento. Sendo assim, os lactentes podem inicialmente utilizar variações de movimentos (e.g. velocidade) como meio de exploração de sua própria ação.

Paralelamente ao desenvolvimento do alcance, ocorrem mudanças consideráveis referentes ao controle postural (ROCHAT, 1992; THELEN; SPENCER, 1998; VAN DER FITS et al., 1999; FALLANG; SAUGSTAD; HADDERS-ALGRA, 2000). Rochat (1992) constatou mudança no desenvolvimento do alcance nas idades entre 6 e 8 meses, evidenciada pela troca de alcance bimanual para unimanual e atribuída à aquisição do sentar independente. O autor sugere que o lactente realiza alcance unimanual na fase precoce do sentar, pois uma

## **Revisão da Literatura**

---

das mãos é requerida para a manutenção do equilíbrio. Thelen e Spencer (1998), ao estudarem quatro lactentes saudáveis nas idades de 3 a 13 meses, constataram que a estabilidade postural, representada pelo controle cervical e estabilidade da cintura escapular, precedeu ao aparecimento do alcance seguido de apreensão do objeto, sugerindo, assim, que a aquisição de tais habilidades é dependente da estabilidade postural.

De acordo com o exposto, pode-se verificar que vários autores investigaram a emergência e as modificações no desenvolvimento do alcance e apreensão de objetos por meio de estudos de caracterização dos componentes envolvidos na organização dos movimentos durante essas atividades funcionais (VON HOFSTEN, 1979, 1984, 1991; THELEN; CORBETTA; SPENCER, 1996; KONCZAK; DICHGANS, 1997). Entre esses estudos, raros investigaram a caracterização da aquisição e aprimoramento do alcance considerando as informações ambientais, como, por exemplo, as propriedades dos objetos. Além disso, apesar das evidências de que ao longo do tempo os movimentos de alcance dos lactentes tornam-se mais aprimorados, a principal questão levantada pelos estudiosos é a de como interpretar essas mudanças ocorridas. Assim, pressupostos teóricos surgiram para explicar porque as mudanças comportamentais ocorrem, bem como para identificar como fatores ambientais podem influenciar os movimentos dos lactentes, possibilitando, portanto, a compreensão da complexidade e adaptabilidade do organismo dos lactentes ao longo do tempo.

## **Revisão da Literatura**

---

### **2. Perspectivas teóricas que fundamentam o processo de aquisição e aprimoramento do alcance manual**

O estudo do alcance tem acompanhado as mudanças teóricas e tecnológicas observadas na área de desenvolvimento, ampliando, assim, o entendimento sobre os processos de aquisição e aprimoramento de habilidades motoras (COELHO, 2004). Segundo Lockman e Thelen (1993), entre as décadas de 20 e 40 surgiram os primeiros estudos sobre o desenvolvimento motor, sendo que os pioneiros foram os de Shirley (1931, 1933), Gesell (1933, 1939) e McGraw (1932, 1945). Tais autores observaram como as crianças ganhavam controle de seus movimentos ao longo da vida e concluíram que essas transformações motoras estavam relacionadas à maturação do sistema nervoso central, especificamente do córtex cerebral, sem considerar as interferências das influências ambientais (HAYWOOD, 1986; THELEN; KELSO; FOGEL, 1987; HADDERS-ALGRA, 2000a).

Estudos baseados no pressuposto neuromaturacional foram realizados por Kuypers (1964) e Trevarthen et al. (1981), que estudaram o desenvolvimento do pré-alcance (movimentos dos braços direcionados ao objeto, sem tocá-lo) e indicaram a existência de dois sistemas de controle do membro superior: um sistema motor proximal, responsável pelos movimentos grosseiros dos braços e mãos; e um distal, corticalmente organizado, responsável pela coordenação motora fina das mãos. De acordo com Kuypers (1964), a incoordenação durante o primeiro mês de vida do lactente pode ser explicada pela não sincronia entre esses dois sistemas nesse período de vida. Entretanto, para Trevarthen et al. (1981), tal fato ocorre porque o sistema de controle proximal desenvolve-se (matura) antes do distal, provocando a

## **Revisão da Literatura**

---

incoordenação dos movimentos dos lactentes.

As explicações das mudanças comportamentais com exclusiva dependência da maturação neural não foram capazes de definir adequadamente a completa variação e a complexidade do desenvolvimento motor (KAMM; THELEN; JENSEN, 1990). Ainda assim, a teoria neuro-maturacional prevaleceu por muitos anos representando as mudanças comportamentais ao longo da vida do lactente e, apesar de suas limitações, serviu como base para o desenvolvimento de novas pesquisas e teorias (ROCHA; TUDELLA, 2003).

Nos anos 80, surgiu na área de desenvolvimento motor uma nova perspectiva denominada Perspectiva dos Sistemas Dinâmicos. Esta identificou não somente as transformações motoras, mas também os processos que desencadeiam e embasam o aparecimento de tais transformações. Por definição, um sistema dinâmico é um sistema que muda ao longo do tempo (CRUTCHFIELD et al., 1987). Essa mudança enfatiza uma complexidade de influências e interações de vários componentes, inclusive o ambiente. Assim, essa perspectiva compreende a ação de alcançar e apreender objetos como sendo o resultado da interação entre propriedades do organismo, do ambiente e da capacidade do indivíduo em extrair as informações do ambiente para a realização de diferentes tarefas.

Essa nova perspectiva explicativa do comportamento motor baseia-se em outras perspectivas teóricas, entre elas, a abordagem ecológica de Gibson e a perspectiva de Bernstein.

A abordagem ecológica proposta por Gibson (1986) enfatiza a interação do indivíduo com o ambiente, ou seja, o indivíduo explora ativamente o ambiente, o qual, por sua vez, modifica as ações do indivíduo. Para Gibson, a tarefa de alcançar objetos é um fenômeno de

## **Revisão da Literatura**

---

percepção-ação. O princípio de percepção-ação baseia-se no fato de que o ser humano está percebendo e participando ativamente do movimento, sendo que os múltiplos sistemas sensoriais (visual, vestibular, tátil, proprioceptivo) contribuem para a percepção do movimento, postura e interação com o ambiente. Sendo assim, a criança busca receber informações do meio, podendo modificar sua ação de acordo com a percepção do mesmo (SVEISTRUP; WOOLLACOTT, 1993). Para Van der Kamp e Savelsbergh (2000) e Van der Kamp, Oudejans e Savelsbergh (2003), a percepção envolve a detecção da informação que conduz à consciência, ou seja, ao conhecimento explícito do ambiente e de si. Bremmer (2000) e Von Hofsten (2004), seguindo a perspectiva de percepção-ação, afirmam que a repetição da ação refina o sistema perceptual, ou seja, a experiência conduz ao conhecimento.

Um dos temas centrais da linha clássica de Gibson (1986) está no conceito de “*affordances*”, que se refere à relação recíproca entre a ação e o ambiente (indivíduo-ambiente), sendo que ambos são necessários para a execução das atividades funcionais. É a informação que o ambiente oferece ao indivíduo em relação aos objetos, lugares e eventos que especifica qual ação pode ser realizada em determinada situação (GIBSON, 1995; BARELA, 2001). Mudanças na morfologia e nas habilidades ao longo da vida provocam mudanças na capacidade do indivíduo (organismo) em detectar e utilizar os recursos ambientais (*affordances*) disponíveis. Segundo Gibson (1969), o ambiente possui muito mais informação do que o organismo é capaz de registrar. Desse modo, percepção de *affordance* envolve um processo de aprendizagem, especialmente durante a infância, quando as capacidades para ação estão sendo adquiridas e aperfeiçoadas (ADOLPH; EPPLER; GIBSON, 1993; GIBSON, 1969, 1995). Exemplos de *affordances* são também encontrados nos estudos referentes a

## **Revisão da Literatura**

---

comportamentos orais (ROCHAT; SENDERS, 1991) e manuais (MOLINA; JOUEN, 2004). Esses estudos demonstram que neonatos apresentam comportamentos distintos dependendo das características dos objetos que lhe são apresentados.

A Perspectiva de Bernstein (1967) inspirou os princípios de auto-organização dos Sistemas Dinâmicos. Bernstein reconheceu que não era possível compreender o controle do movimento sem compreender as características de um sistema em movimento. O autor observou o corpo como um sistema mecânico, com massa corporal, sujeito a forças externas, tal como a gravidade, e forças internas, tal como a força muscular. Portanto, essa perspectiva contribuiu por considerar não apenas o sistema nervoso no controle motor, mas, também, a contribuição dos músculos, sistema esquelético, força da gravidade e inércia.

As idéias de Bernstein foram essenciais para a compreensão da aquisição e aprimoramento dos movimentos, visto que, a partir delas, o desenvolvimento pôde ser compreendido como um processo complexo em que novos comportamentos surgem com base na auto-organização dos sistemas (SMITH; THELEN, 2003). A auto-organização indica que não há programas específicos para determinado padrão de movimento, mas, sim, que cada estado mental e ação motora auto-organiza os componentes de um sistema. Dessa forma, o movimento, ou desenvolvimento, não é realizado por meio de planos ou programas pré-programados (THELEN; KELSO; FOGEL, 1987), mas, sim, pelas informações do ambiente e demandas da tarefa que influenciam a auto-organização do sistema. Nesse caso, o organismo evolui de um estado menos organizado para um mais organizado, cujos subsistemas, tais como os sistemas muscular, esquelético, nervoso, circulatório e outros, se organizam em cooperação para que novos comportamentos possam emergir (THELEN, 1989; KAMM; THELEN;

## **Revisão da Literatura**

---

JENSEN, 1990; THELEN; ULRICH; JENSEN, 1990). Sendo assim, os sistemas se modificam de acordo com as circunstâncias, ou melhor, em consequência das restrições impostas na ação.

O sistema motor mostra, portanto, adaptabilidade e flexibilidade durante o desenvolvimento e em diferentes condições do ambiente ou da tarefa. Dessa forma, mudanças nas características do alcance e apreensão de objetos enfatizam uma complexidade de influências e interações de vários sistemas (perceptuais e motores), o que coletivamente determina as possibilidades de ação (SAVELSBERGH; VAN DER KAMP, 1993). A emergência gradual do alcance ocorre pela interação das demandas cognitiva, visual, proprioceptiva e biomecânica, possibilitando à criança identificar e resolver os problemas inerentes ao processo de alcançar e apreender os objetos (THELEN; CORBETTA; SPENCER, 1996).

Conforme observou-se, o processo de aquisição e aprimoramento do alcance e apreensão de objetos pode ser atribuído à influência de diversos fatores, tais como mudanças estruturais e funcionais do corpo (NEWELL, et al., 1989), e essas mudanças levam ao aumento da capacidade de ajustar os movimentos, por exemplo, em relação às propriedades físicas dos objetos (VAN HOF; VAN DER KAMP; SAVELSBERGH, 2002).

A habilidade manual não é, portanto, resultante de uma prescrição originada a priori centralmente, visto que ela é uma consequência da ligação entre o organismo e o ambiente, os quais são restringidos para a ação.

Em condições dinâmicas, a evolução do organismo é vista como uma série de estados de estabilidade, instabilidade e mudanças. O período de instabilidade é referido como um

## **Revisão da Literatura**

---

estado de transição (THELEN, 1995; SMITH; THELEN, 2003) e tem sido caracterizado pelo aumento da variabilidade do comportamento motor (DARRAH; BARTLETT, 1995; THELEN; KELSO; FOGEL, 1987). Para Darrah e Bartlett (1995), novas formas de movimento emergem mais freqüentemente durante esse período de transição. Assim, um padrão de movimento pode ser substituído por outro mais estável e adaptativo (THELEN; KELSO; FOGEL, 1987; THELEN, 1995). Um exemplo da transição de fases pode ser observado quando os lactentes aumentam sua força e controle de tronco, facilitando a troca de um padrão de alcance bimanual por um unimanual. Os estudos do alcance explanam a transição de fases pela grande variabilidade de movimento encontrada no início desse comportamento. Nesse período, a habilidade motora está menos estável e a criança experimenta diferentes movimentos (DARRAH; BARTLETT, 1995), sendo que padrões dominantes podem surgir a partir dessas experiências (THELEN, 1995). Nas idades de 4 e 5 meses, é evidenciado um repertório motor variável caracterizado por movimentos de alcance que nem sempre são direcionados ao objeto. Por volta dos 7 a 8 meses, inicia-se a seleção de movimentos, sendo apresentado um preciso direcionamento do braço na tarefa de alcance (VON HOFSTEN; 1991; THELEN et al., 1993). O desenvolvimento ocorre, portanto, por meio de um processo de seleção que se baseia nas informações aferentes produzidas por experiências. Depois da transição de fases e seleção e da diminuição da variabilidade, um repertório maduro emerge e o indivíduo passa a adaptar-se com exatidão e eficiência em tarefas específicas (HADDERS-ALGRA, 2000a, 2000b).

Para o refinamento do alcance, sugere-se uma relação dinâmica entre os seguintes fatores: i) mudanças no organismo, referidas pelo desenvolvimento estrutural e funcional do

## **Revisão da Literatura**

---

corpo e de todos os sistemas orgânicos (NEWELL et al., 1989); ii) mudanças na capacidade de agir em diferentes tarefas (BARELA, 1997), tal como ajustar o tempo do movimento em determinada ação motora (WEIR, 1994); iii) mudanças no ambiente, referidas tanto pelas informações disponibilizadas pelas propriedades do objeto (VAN HOF; VAN DER KAMP; SAVELSBERGH, 2002), quanto pelas condições sócio-culturais (BEE, 2003). Esses fatores são mutuamente influenciáveis ao longo de todo o desenvolvimento. Sendo assim, se a tarefa é apreender um objeto, a característica deste impõe restrições à ação do indivíduo, o qual deve realizar determinados movimentos para que o objeto seja alcançado e apreendido com exatidão (NEWELL, 1986; CLARK, 1994). A demanda da tarefa restringe o indivíduo na sua ação (execução do movimento), fato esse que pode ser demonstrado quando, por exemplo, determinadas tarefas requerem velocidade e/ou exatidão do movimento como objetivos a serem alcançados.

O presente estudo foi projetado e executado com base na fundamentação teórica da Perspectiva dos Sistemas Dinâmicos, a qual entende que o desenvolvimento do alcance ocorre por meio de mudanças de um sistema complexo, sob influência de múltiplos fatores.

### **3. Informação sensório-motora nos movimentos de alcance manual**

A informação sensorial, que é proveniente dos sistemas visual, vestibular, e somatosensorial, é essencial para a execução de movimentos coordenados e direcionados a um objetivo (VON HOFSTEN, 1984, 1986; MAGILL, 2000). Para que a mão possa ser direcionada a um alvo é necessário que este seja localizado visualmente e que a criança seja

## **Revisão da Literatura**

---

capaz de captar a imagem proprioceptiva da posição de seu membro em relação aos demais segmentos corporais (BRANDÃO, 1984).

A função da visão no controle do movimento é essencial na fase de preparação (quando decide realizar o movimento) e na fase de conclusão do movimento (quando estiver próxima do objeto). Na fase de preparação, a visão é importante para determinar a direção do movimento, a distância e as características dos objetos a serem alcançados. Na fase de conclusão, ela torna-se importante para realizar os ajustes necessários para apreender o objeto (MAGILL, 2000; VON HOFSTEN, 1984, 1986; VON HOFSTEN; FAZEL-ZANDY, 1984) como, por exemplo, abrir e/ou direcionar a mão de acordo com a disposição, tamanho e forma do alvo. Assim, ajustes como a orientação e a abertura das mãos podem ser realizados para atingir o alvo da forma mais precisa possível. Portanto, ao apreender um objeto, não somente levamos o braço em direção à correta localização espacial do objeto como, também, antecipamos o controle postural (GOODALE; SERVOS, 1996) e o posicionamento das mãos e dedos de acordo com o tamanho e a forma do objeto (GOODALE; SERVOS, 1996; VON HOFSTEN; RÖNNQVIST, 1988). Além disso, necessitamos da informação não-visual (feedback proprioceptivo), isto é, da informação oferecida pela posição do membro no espaço e pela configuração da mão durante a ativação músculo-esquelética (GOODALE; SERVOS, 1996).

O sistema músculo-esquelético é influenciado por um grande número de variáveis, tais como peso dos membros, orientação em relação à gravidade e estimulação à tarefa (KAMM; THELEN; JENSEN, 1990). A trajetória do movimento é produzida pela atividade muscular, sendo que esta deve ser capaz de suportar o membro contra a ação da gravidade e gerar forças

## **Revisão da Literatura**

---

necessárias para o membro mover-se em direção ao alvo (THELEN; SPENCER, 1998). O processo de aprender a alcançar precisamente um objeto envolve uma enorme complexidade biomecânica e neural e, por isso, ele pode ser considerado como um problema que deve ser resolvido.

Para que o objetivo da tarefa seja alcançado, é necessário que respostas adaptativas aconteçam de acordo com as mudanças no ambiente. Essas respostas referem-se à habilidade de selecionar e executar ações apropriadas ao objetivo da tarefa. Sendo assim, a ação do indivíduo é considerada adaptativa se a meta da tarefa é alcançada com exatidão (CHARLTON; IHSEN; OXLEY, 1998). A ação adaptativa surge a partir da integração multimodal (informação visual e somatosensorial) e de experiências percepto-motoras (ver, alcançar, tocar e agarrar), possibilitando à criança modificar, antecipar e organizar futuras ações (THELEN, 1990; CORBETTA; THELEN; JOHNSON, 2000). As ações adaptativas são, portanto, guiadas por informações perceptuais (MEER; VAN DER WEEL; LEE, 1995; ROCHAT, 1987), assim como novas informações perceptuais surgem a partir dessas ações (GIBSON, 1995).

Na atividade de alcançar, as propriedades do objeto promovem informações relevantes que direcionarão as estratégias de alcance e apreensão. As propriedades do objeto são classificadas de acordo com suas características intrínsecas e extrínsecas. As propriedades intrínsecas são referentes aos atributos físicos, tais como o tamanho, a forma, a textura e o peso dos objetos. As propriedades extrínsecas são relacionadas aos atributos entre o objeto e o sujeito, tais como a distância, a localização e a orientação (JEANNEROD, 1981). Jeannerod (1981) sugere que as propriedades intrínsecas afetam o posicionamento das mãos (ajustes

## **Revisão da Literatura**

---

distais) em relação ao objeto, enquanto as propriedades extrínsecas influenciam a trajetória do braço (ajustes proximais) em direção ao objeto.

Há controvérsias quanto à época em que os lactentes usam ajustes manuais diferenciados para alcançar os objetos de propriedades físicas distintas e, também, quanto aos sistemas perceptuais (visual, tátil, proprioceptivo) envolvidos no processo de aprimoramento dos movimentos de alcance. Em estudos clássicos, pesquisadores acreditavam que a fase inicial da aprendizagem do alcance envolvia, primeiramente, o processo de percepção tátil (PIAGET, 1952; WHITE et al., 1964). White et al. (1964) demonstraram que por volta dos 3-4 meses de idade os lactentes iniciam o comportamento manual de junção de mãos, bem como iniciam a exploração tátil das propriedades dos objetos (quando estes são colocados em suas mãos) antes da aquisição do direcionamento dos braços para os objetos, sendo esse direcionamento guiado visualmente.

No entanto, estudos subsequentes verificaram que durante o desenvolvimento do alcance de objetos alguns sistemas sensoriais podem ter funções predominantes, e, não, que um sistema se desenvolve antes do outro. Newell et al. (1989), ao estudarem grupos de lactentes de 4 a 8 meses de idade, verificaram que os sistemas perceptuais predominantemente envolvidos no alcance diferiram entre os grupos etários. O grupo de lactentes de 4 meses apresentou mais ajustes das mãos no momento em que tocou o objeto, usando, portanto, mais as informações do sistema tátil. Por outro lado, o grupo de 8 meses ajustou suas mãos em antecipação ao toque, usando mais as informações visuais. Similarmente, Corbetta, Thelen e Johnson (2000) estudaram lactentes de 5 a 9 meses de idade aos quais foram apresentados uma série de objetos rígidos, com diâmetro variando entre 3,9 e 17,1cm, e uma série de objetos

## **Revisão da Literatura**

---

macios, com diâmetro variando entre 4,4 e 16,4cm. Nesse estudo, constatou-se que somente por volta dos 8 meses de idade os lactentes começavam a ajustar seus movimentos ao tamanho dos objetos baseando-se na informação visual, ou seja, realizaram ajustes bimanuais para objetos grandes e unimanuais para os pequenos. Fagard (2000) também verificou que lactentes com idade entre 5 e 6 meses não responderam às informações do objeto, realizando constantemente alcance bimanual independentemente das características dos objetos, sendo que os mesmos evoluíram para alcance unimanual aos 7-9 meses e, somente nas idades de 11-12 meses, a maioria dos alcances foi unimanual para objetos pequenos e bimanual para objetos grandes.

Por outro lado, Von Hofsten e Fazel-Zandy (1984) evidenciaram que lactentes com idade de 4 meses e meio iniciaram os ajustes das mãos com base na informação visual dos objetos. Nesse estudo, barras cilíndricas dispostas na horizontal e vertical foram apresentadas aos lactentes, os quais ajustaram a orientação da mão antes de tocá-las, ou seja, a mão foi rodada na direção da disposição do objeto. Além disso, verificou-se que, embora de forma rudimentar, todos os lactentes mostraram algum sinal de adaptação à orientação do objeto no espaço. Esses dados sugerem que na idade de 4 meses e meio os lactentes apresentam a capacidade de percepção visual das propriedades dos objetos, porém, ainda não desenvolveram todas as possibilidades de movimentos para agir adequadamente de acordo com a disposição dos mesmos. Corroborando com o estudo de Von Hofsten e Fazel-Zandy (1984), Siddiqui (1995) constatou que lactentes de 5 a 9 meses de vida realizaram ajustes distais no alcance de acordo com o tamanho do objeto e com base na informação visual. Nesse estudo, avaliou-se o padrão de desenvolvimento da habilidade de apreensão em lactentes com

## **Revisão da Literatura**

---

5, 7 e 9 meses de idade, apresentado-lhes objetos esféricos de vários diâmetros (0,5 a 14 cm) em duas condições experimentais: objetos presos em uma barra disposta na horizontal e objetos presos em um fio disposto na vertical. Os dados mostraram que a partir dos 5 meses de idade os lactentes ajustaram a configuração das mãos para apreensão, de acordo com o tamanho dos objetos apresentados. Além disso, os lactentes de 5 e 7 meses apresentaram mais dificuldade em apreender os objetos pequenos, principalmente quando esses eram apresentados na vertical. Segundo Siddiqui, a apreensão de objetos aos 5 meses de idade é controlada e guiada visualmente. Contudo, a dificuldade encontrada na apreensão de objetos disposta na vertical foi atribuída à falta de controle dos membros superiores, o qual está mais bem estabelecido nos lactentes de 9 meses de idade.

A partir das evidências de que os ajustes dos membros superiores podem, frente às diversas propriedades físicas dos objetos, ser influenciados não somente pela percepção visual, mas também por restrições biomecânicas, novas metodologias foram desenvolvidas para identificar parâmetros cinemáticos dos movimentos de alcance, tais como velocidade, unidades de movimentos, amplitude e trajetórias. Muitos dos estudos empregando a análise cinemática para verificar as influências das propriedades físicas dos objetos, especificamente o tamanho, sobre o alcance manual foram realizados em adultos (JEANNEROD, 1984; SOECHTING, 1984; MACKENZIE et al., 1987; MARTENIUK et al., 1990; PAULIGNAM et al., 1991; JAKOBSON; GOODALE, 1991; PRYDE; ROY; CAMPBELL, 1998) e poucos foram realizados em lactentes (VON HOFSTEN; RÖNNQVIST, 1988; FAGARD; PEZÉ, 1997; NEWMAN; ATKINSON; BRADDICK, 2001).

## **Revisão da Literatura**

---

Vale ressaltar, ainda, que na literatura consultada não foram encontrados estudos que verificassem a influência da rigidez dos objetos na cinemática de alcance manual em lactentes.

Von Hofsten e Rönnqvist (1988) compararam a relação entre a abertura da mão e o tamanho do objeto em adultos e em lactentes com idade de 5, 6, 9 e 13 meses. Para tanto, um dispositivo opticoeletrônico (SELSPOT II) foi utilizado para monitorar a abertura e fechamento da mão (distância entre o polegar e o dedo indicador) durante o alcance. Os autores constataram que a abertura da mão dos lactentes foi ajustada ao tamanho do objeto de forma similar à do adulto somente aos 9 e 13 meses. Entretanto, o grupo de adultos iniciou o fechamento da mão mais precocemente ao alcançar o objeto pequeno do que ao alcançar o grande, sendo que essa forma de ajuste ao tamanho do objeto não foi observada em nenhum dos lactentes avaliados. Os autores atribuíram tais resultados a uma incompleta diferenciação do sistema motor dos lactentes para o controle mais complexo dos membros superiores. Todos os lactentes estudados foram, contudo, capazes de usar a informação visual de forma antecipatória para guiar a apreensão.

Fagard e Pezé (1997), ao estudarem longitudinalmente 6 lactentes saudáveis com idade de 6 a 12 meses, avaliaram o desenvolvimento da coordenação bimanual utilizando objetos pequenos (2 a 5 cm de diâmetro) e grandes (8 a 10 cm de diâmetro). Nesse estudo, foi possível constatar que as estratégias usadas para alcançar e apreender objetos variaram em função do tamanho do objeto e da idade do lactente. A capacidade para apreender objetos aumentou com o aumento da idade e foi mais frequente com os objetos pequenos do que com os grandes, sendo que somente a partir dos 8 meses de idade é que os lactentes usaram alcance bimanual para os objetos grandes. A estratégia de alcance bimanual sincrônico (quando as mãos

## **Revisão da Literatura**

---

iniciaram o movimento com atraso entre elas de no máximo 1 *frame*) foi maior ao alcançarem objetos grandes, enquanto a estratégia unimanual foi usada para alcançarem objetos pequenos.

Newman, Atkinson e Braddick (2001) avaliaram a cinemática dos movimentos de alcance (desaceleração do movimento) para objetos de diferentes diâmetros (1; 2,5 e 6 cm) em grupos de crianças com idade entre 5 e 15 meses de idade. Esses autores verificaram diferenças significativas entre as idades nas variáveis velocidade e tempo de desaceleração, entretanto, não constataram diferenças significativas quanto aos objetos apresentados.

Embora a literatura consultada apresente evidências sobre o desenvolvimento do alcance e relate que os lactentes são capazes de perceber *affordances* dos objetos, os quais induzem ajustes no movimento de alcance, não está claro se os lactentes mais jovens são capazes de ajustar seus movimentos baseados na percepção dos objetos. Além disso, não foram encontrados estudos que verificassem a influência do tamanho e da rigidez dos objetos nas variáveis qualitativas e nem tampouco nas variáveis quantitativas (espaço-temporais) do alcance de lactentes jovens. Portanto, o objetivo deste estudo é o de verificar o efeito das propriedades de tamanho e rigidez dos objetos nas variáveis qualitativas e quantitativas do alcance de lactentes de 4 a 6 meses de idade e como tais variáveis mudam ao longo do tempo. De acordo com os resultados obtidos, poder-se-á identificar como e quando as ações dos lactentes tornam-se mais adaptadas (ajustadas) às informações específicas dos objetos.

Para atender ao propósito deste estudo, três hipóteses foram levantadas e serão apresentadas a seguir.

Embora, muitos autores considerem o processo de aprimoramento de habilidades motoras como aquisições seqüenciais e graduais (lineares) do desenvolvimento (SHIRLEY,

## **Revisão da Literatura**

---

1931; IRWIN, 1933), o presente estudo está baseando nos princípios da Perspectiva dos Sistemas Dinâmicos. Assim, a primeira hipótese é de que ao longo dos meses o aprimoramento dos movimentos de alcance não necessariamente será gradual e linear, visto que, os sistemas se auto-organizam no curso do desenvolvimento, apresentando em cada momento, um estado relacional entre o organismo e o ambiente (ROCHA; TUDELLA; BARELA, 2005), o que pode conduzir a diferentes seqüências desenvolvimentais. Os lactentes serão capazes de gerar ações motoras cada vez mais aprimoradas, refletidas por mudanças nas variáveis qualitativas e quantitativas do alcance. Nesse contexto, o desenvolvimento do alcance ao longo do tempo poderá apresentar períodos de pico ou de queda, apresentando ou não vários níveis de estabilidade (padrão mantido) das variáveis analisadas. Assim, este estudo de caráter longitudinal tem a finalidade de compreender o desenvolvimento do alcance a partir da identificação dos limites (transição de fases) e da direção das mudanças nas variáveis qualitativas e quantitativas ao longo do tempo.

Embora Corbetta, Thelen e Johnson (2000) e Fagard (2000) tenham verificado que os ajustes manuais realizados em relação às propriedades dos objetos ocorreram somente em lactentes por volta dos 8-9 meses de idade, a segunda hipótese deste estudo é a de que os lactentes de 4 a 6 meses de idade, ao detectarem as *affordances* dos objetos, apresentarão mudanças nos ajustes proximais e distais, bem como mudanças nas variáveis espaço-temporais do alcance, em função das variações de tamanho e rigidez dos objeto. Uma vez que os lactentes saudáveis iniciam os movimentos de alcance por volta dos 4 meses (THELEN, CORBETTA; SPENCER, 1996; VON HOFSTEN, 1984) e apreensão voluntária por volta dos 5 meses (VON HOFSTEN; RÖNNQVIST, 1988; SAVELSBERGH; VAN DER KAMP, 1994; THELEN; SPENCER, 1998; VAN DER FITS; HADDERS-ALGRA, 1998;

## **Revisão da Literatura**

---

NEWMAN; ATKINSON; BRADDICK, 2001), acredita-se que a prática na execução dos movimentos dos braços ao longo dos 4 aos 6 meses de idade conduzirá ao refinamento das suas ações e, conseqüentemente, as ações serão adaptadas à tarefa.

Embora Jeannerod (1984) afirme que as propriedades intrínsecas dos objetos afetam apenas os ajustes distais dos membros superiores, a terceira hipótese é a de que as propriedades intrínsecas, representadas neste estudo pelo tamanho (grande e pequeno) e rigidez (rígido e maleável) dos objetos, influenciarão os ajustes proximais (alcance uni e bimanual) os ajustes distais (mão aberta, semi-aberta, fechada, horizontal, vertical e oblíqua) e as variáveis espaço-temporais do alcance (índice de retidão, velocidade média, unidades de movimento, tempo de ajustes). Isso porque acreditamos que, para alcançar e apreender com sucesso o objeto grande/rígido, o lactente precisará, além de estar com as mãos abertas, realizar ajustes bimanuais e verticalização das mãos. Por outro lado, para alcançar e apreender o objeto grande/maleável, o lactente terá a opção de utilizar ajustes unimanuais e, também, ajustes distais diversificados. Quanto aos objetos pequenos, tanto o rígido quanto o maleável permitem a utilização de apenas uma mão, e os ajustes distais de orientação da mão poderão ser diversificados, sendo que a mão não precisa estar necessariamente aberta para que os objetos sejam apreendidos. Acredita-se, ainda, que as variáveis espaço-temporais do alcance serão modificadas, sendo identificadas por movimentos mais curvilíneos, lentos e com mais correções para os objetos pequenos e rígidos do que para os maleáveis e grande. Tal predição é baseada tanto nas afirmações de Brandão (1984) e Pryde, Roy e Campbell (1998), que relatam que os alcances para objetos pequenos exigem maior precisão, maior controle e coordenação dos braços, quanto nas afirmações de Corbetta, Thelen e Johnson (2000), que afirmam que lactentes de 4 a 6 meses apresentam dificuldades em apreender objetos rígidos.

## **Revisão da Literatura**

---

Em resumo, acredita-se que as variáveis qualitativas e quantitativas do alcance serão modificadas ao longo do tempo e serão influenciadas pela percepção das *affordances* dos objetos, bem como pela capacidade intrínseca de coordenar seus movimentos em uma complexa interação de percepção-ação.

Obter maiores informações sobre os possíveis fatores que influenciam os movimentos de alcance de objetos é de suma importância, pois levará à ampliação do conhecimento sobre a complexidade e adaptabilidade dos movimentos de lactentes em relação à manipulação das propriedades dos objetos, permitindo, assim, que esses princípios sejam aplicados na prática clínica de profissionais envolvidos na área de desenvolvimento infantil.

## **OBJETIVOS**

## **OBJETIVOS**

---

### **1. Geral**

Verificar o efeito das propriedades de tamanho e rigidez dos objetos nas variáveis qualitativas e quantitativas (espaço-temporais) do alcance de lactentes de 4 a 6 meses de idade.

### **2. Específicos**

Identificar as mudanças nas variáveis qualitativas e quantitativas do alcance de lactentes saudáveis ao longo dos 4 aos 6 meses de idade.

Verificar o efeito das propriedades de tamanho e rigidez dos objetos nas variáveis qualitativas do alcance (resposta aos estímulos, ajustes proximais e distais e preferência manual) e nas variáveis quantitativas (índice de retidão, velocidade média, número de unidades de movimento e tempo de ajustes).

## **MÉTODOS**

## **MÉTOD**

---

### **1. Participantes**

Foram convidados a participar deste estudo, 55 pais de lactentes saudáveis nascidos a termo (entre 37 e 41 semanas e 6 dias de idade gestacional), com peso ao nascer superior a 2,500g e Apgar variando entre sete e 10 no primeiro e quinto minutos. No entanto, apenas 23 pais concordaram em participar e, destes, somente 18 compareceram nos testes. Do total de 18 lactentes, três não compareceram nas avaliações subseqüentes, cinco foram excluídos por apresentarem choro durante a fase experimental e um foi excluído por apresentar sinal clínico de torcicolo congênito, sendo encaminhado para intervenção fisioterapêutica. Este estudo de caráter longitudinal contou, portanto, com uma amostra de 9 lactentes, os quais foram recrutados em um Posto de Saúde da cidade de São Carlos (SP).

Os participantes foram avaliados longitudinalmente, iniciando aos 4 meses de idade, com avaliações subseqüentes aos 5 e 6 meses.

As características dos participantes do estudo estão ilustradas na Tabela 1.

## Método

TABELA 1. Caracterização dos participantes.

Lactentes	Sexo	IG (sem.)	PN (Kg)	Estatura (cm)	Apgar	
					1'	5'
1	F	39	3,46	48,5	9	10
2	M	38	3,315	49	8	10
3	F	41	3,90	55	7	9
4	M	38	3,33	47,5	9	10
5	F	40	4,31	40	9	10
6	F	40	3,74	50	8	10
7	F	39	3,20	48	8	10
8	F	38	2,65	46,5	9	10
9	M	38	2,79	47	9	10
<b>Média</b>		<b>39</b>	<b>3,41</b>	<b>47,94</b>	<b>8,44</b>	<b>10</b>
<b>DP</b>		<b>1,11</b>	<b>0,52</b>	<b>3,90</b>	<b>0,72</b>	<b>0</b>

Sexo (F = feminino e M = masculino), Idade gestacional (IG), Peso ao nascimento (PN), Índice de Apgar no 1° e 5° minutos (Apgar no 1' e 5').

## 2. Critérios de inclusão

Foram incluídos neste estudo, aqueles lactentes saudáveis previamente selecionados segundo a descrição do item *participantes* e cujos pais e/ou responsáveis autorizaram sua participação e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice I).

## **Método**

---

### **3. Critérios de exclusão**

Foram excluídos deste estudo, os lactentes nascidos com idade gestacional inferior a 37 semanas, com baixo peso ao nascimento (menor que 2,500g), com pontuação de Apgar inferior a sete no primeiro e quinto minutos de vida ou, ainda, que apresentaram comprometimento neurológico (hidrocefalia, hemorragia intra-craniana, lesão de plexo braquial), má-formação congênita (mielomeningocele, agenesias e focomielias), alguns tipos de Síndrome (i.e. Síndrome de Down, Síndrome da Rubéola Congênita, Síndrome de Alport) e alterações sensoriais (visuais e auditivas), ortopédicas (fratura de diáfise do rádio, luxação de ombro) e cardio-respiratórias.

Foram também excluídos do estudo, os lactentes cujos pais e/ou responsáveis não assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ou que não compareceram para a avaliação inicial na data determinada.

### **4. Critérios de descontinuação**

Foram excluídos do estudo, lactentes que obtiveram duas faltas consecutivas mensais por quaisquer razões, que apresentaram sinais de comprometimento no desenvolvimento neuro-sensório-motor devido a alguma intercorrência traumática e/ou infecciosa, ou que choraram durante os testes.

## **Método**

---

### **5. Coleta de Dados**

Os lactentes foram avaliados no Laboratório de Pesquisa em Análise do Movimento (LAPAM) do Núcleo de Estudos em Neuropediatria e Motricidade (NENEM) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

O estudo foi realizado de acordo com as Diretrizes e Normas Regulamentadoras das Pesquisas Envolvendo Humanos (Resolução 196/1996, do Conselho Nacional de Saúde) e obteve o parecer de aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa da UFSCar, protocolo nº 099/03 (Anexo I).

### **6. Equipamentos e Materiais**

Para a realização deste estudo, era necessário que os pais e/ou responsáveis pelo lactente assinassem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice I). Em posse desse documento, os dados dos prontuários do recém-nascido – os obtidos no Posto de Saúde e os obtidos por entrevista com a mãe – foram transcritos para um protocolo denominado “Protocolo para Coleta de Dados das Mães e Lactentes”, exclusivamente elaborado para este fim (Apêndice II). Foi entregue aos pais e/ou responsáveis um Cartão de Agendamento constando data, hora e local das avaliações subsequentes (Anexo II).

Os lactentes foram avaliados no LAPAM (área de 24,75 m<sup>2</sup>) sob condições ambientais de temperatura e luminosidade apropriadas para o desenvolvimento do estudo. Foram utilizados um aparelho de ar condicionado quente-frio (Springer Carrier Innovare de 12.000

## **Método**

---

Btu's) para a manutenção da temperatura ambiente em torno de 27° a 28°C, e um termômetro termo-hidrômetro de leitura direta, graduado em Celsius, de -10 a +50 (Boeco Germany), para aferição da temperatura local. Para acentuar o contraste entre os marcadores articulares e o plano de fundo da imagem, todas as paredes do LAPAM foram revestidas com tecido preto e as janelas, com insufilme, facilitando a busca automática dos marcadores pelo sistema Dvideow 5.0. Dois iluminadores (Unitek), com lâmpada de 500W, foram empregados para a obtenção da iluminação adequada. Além disso, o local de avaliação era silencioso para propiciar um ambiente natural à criança.

Foram utilizados marcadores, confeccionados de pérola de 0,5cm de diâmetro sobre um quadrado de tecido preto, tipo napa sintética (2,0 x 2,0 cm) (Figura 1) (CARVALHO; TUDELLA; BARROS, 2005). Estes foram fixados nos ombros (borda externa do acrômio), cotovelos (epicôndilo lateral) (MCDONALD; VAN EMMERIK; NEWELL, 1989) e punho (região dorsal do carpo) (OUT ET AL., 1998) dos lactentes, com fita dupla-face hipo-alérgica. Os marcadores foram utilizados para que pudessem refletir a luz do iluminador e, assim, se destacassem na imagem.



**FIGURA 1.** Marcador que foi posicionado no punho dos lactentes.

## **Método**

---

O lactente foi posicionado em uma cadeira infantil (Figura 2), especialmente desenvolvida no LAPAM para estudos do alcance. A cadeira possui um sistema de ajuste de angulação com a horizontal e proporciona estabilidade para tronco e quadril, permitindo movimentos livres de membros superiores e inferiores. Tal cadeira foi construída segundo o modelo de Von Hofsten (1986) e projetada e confeccionada pelo Departamento de Engenharia de Produção de Materiais e pela Oficina Mecânica, ambos da UFSCar.



**FIGURA 2.** Cadeira infantil para o posicionamento dos lactentes.

Foram utilizados quatro objetos esféricos e atrativos, coloridos (mistura de laranja, verde e amarelo), de propriedades distintas: dois de consistência maleável (“pompom” de lã antialérgica) e dois de consistência rígida (bolas de isopor coloridas com tinta guache atóxica), sendo dois de dimensões pequenas (5cm de diâmetro) e dois de dimensões grandes (12,5cm de diâmetro) (FAGARD; PEZÉ, 1997; CORBETTA; THELEN, 1996; FAGARD, 2000; VAN

## **Método**

---

HOF; VAN DER KAMP; SAVELSBERGH, 2002). Os objetos também foram confeccionados especialmente para este estudo (Figura 3).



**FIGURA 3.** Objetos usados como estímulo para o alcance manual.

*Objeto 1 – maleável grande (MG), Objeto 2 – maleável pequeno (MP), Objeto 3 – rígido grande (RG) e Objeto 4 – rígido pequeno (RP).*

Toda a fase experimental foi filmada por três câmeras de vídeo digitais (uma Sony modelo mini-DV DCR TRV30 e duas JVC DY DV300), sustentadas por tripés. Todas as imagens foram arquivadas em fitas de vídeo.

Para o registro do tempo de filmagem em cada situação de análise, foi utilizado um cronômetro digital (Relógio Technos Contador C601X/8).

Para a análise dos dados, foram utilizados dois programas: o Adobe Premier – versão 6.3, que captura as imagens; e o sistema Dvideow (Digital Vídeo for Biomemechanics for Windows 32 bits) – versão 5.0, que analisa as imagens. O Matlab – versão 6.0 foi utilizado

## **Método**

---

para a filtragem dos resultados lançados pelo Dvideow e para o cálculo das variáveis espaço-temporais (índice de retidão, velocidade média, unidades de movimento, tempo de ajuste). O sistema Dvideow 5.0 foi desenvolvido pelo Laboratório de Instrumentação Biomecânica (LIB) da UNICAMP (BARROS et al., 1999; FIGUEROA; LEITE; BARROS, 2003).

### **7. Procedimentos Gerais**

Inicialmente serão apresentados os procedimentos referentes ao recrutamento dos participantes do estudo e, subseqüentemente, o posicionamento das câmeras e a calibração do sistema, necessários para a reconstrução tridimensional do movimento.

Os participantes foram selecionados a partir das informações colhidas nos prontuários das mães e lactentes da Unidade Básica de Saúde “Dr. Lauro Corsi” (São Carlos). Os pais e/ou responsáveis foram informados da natureza do estudo e convidados a participar. Aqueles que aceitaram assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e responderam ao questionário sobre as condições de saúde do lactente. Os pais dos lactentes inclusos no estudo receberam o Cartão de Agendamento, no qual constavam as datas, horários e local de realização dos testes. Os lactentes foram avaliados mensalmente, sendo a primeira avaliação ao quarto mês e a última aos seis meses de vida. As avaliações deveriam coincidir com a data de aniversário do lactente, com a tolerância de cinco dias antes ou após essa data.

No momento dos testes, a examinadora deveria informar-se sobre as condições gerais do lactente, como, por exemplo, o estado comportamental e o horário da última amamentação. O teste foi realizado preferencialmente entre as alimentações (após 30 min a 1h) e não deveria

## **Método**

---

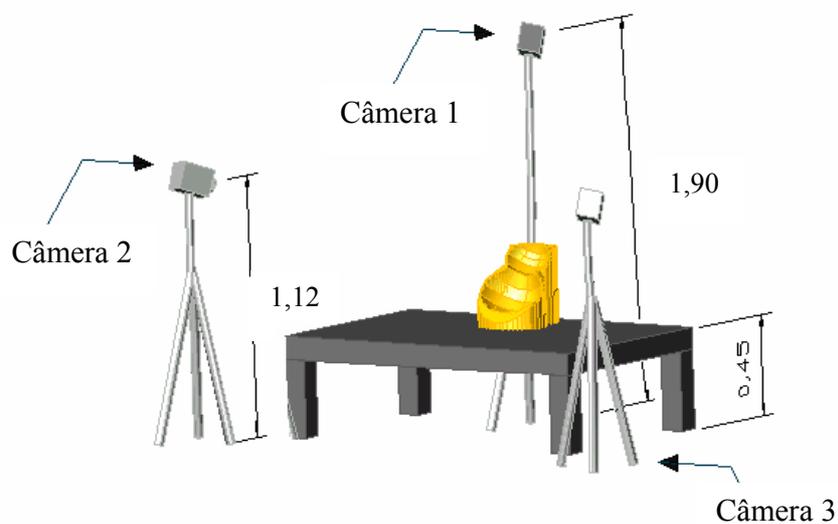
coincidir com dias de vacinação. Os lactentes deveriam estar em estado de alerta inativo, ou seja, estado 3 (com olhos abertos, sem choro e não exibindo movimentos grosseiros), ou em estado de alerta ativo, estado 4 (com olhos abertos, sem choro, mas exibindo movimentos grosseiros), segundo a escala comportamental de Prechtl e Beintema (1964). Caso o lactente não estivesse colaborativo, apresentando choro ou inquietação, a avaliação era interrompida, o lactente acalmado e o teste reiniciado. Permanecendo o lactente inquieto, era marcada uma outra data a ser determinada pela examinadora e o responsável pelo lactente. Caso não fosse possível, o lactente era excluído do estudo. Todos esses cuidados foram necessários para que não houvesse interferência no padrão de respostas do lactente referente à sua habilidade de alcance manual.

### **7.1 Posicionamento das Câmeras**

Toda fase experimental foi filmada por três câmeras filmadoras: uma posicionada pósterio-superiormente à cadeira infantil, a uma altura de 1,90m; e as outras duas localizadas anterior e diagonalmente à cadeira, estando uma à direita e a outra à esquerda, a uma distância de 1,24m e altura de 1,12m. Desse modo, todos os marcadores estavam visíveis ao longo dos movimentos de alcance (Figura 4).

## Método

---



**FIGURA 4.** Vista esquemática ântero-lateral esquerda do arranjo experimental (adaptada de CARVALHO; TUDELLA; BARROS, 2005).

Atrás de cada câmera situada ântero-diagonalmente, foi colocado um iluminador e este era direcionado para a parede. Difusores foram utilizados de maneira que o lactente e os marcadores nele afixados fossem iluminados indiretamente, evitando, assim, que a luz direta interferisse no comportamento do lactente.

### 7.2 Calibração do Sistema

A calibração do sistema foi necessária para que as imagens dos alcances pudessem ser utilizadas para a análise cinemática do movimento.

## **Método**

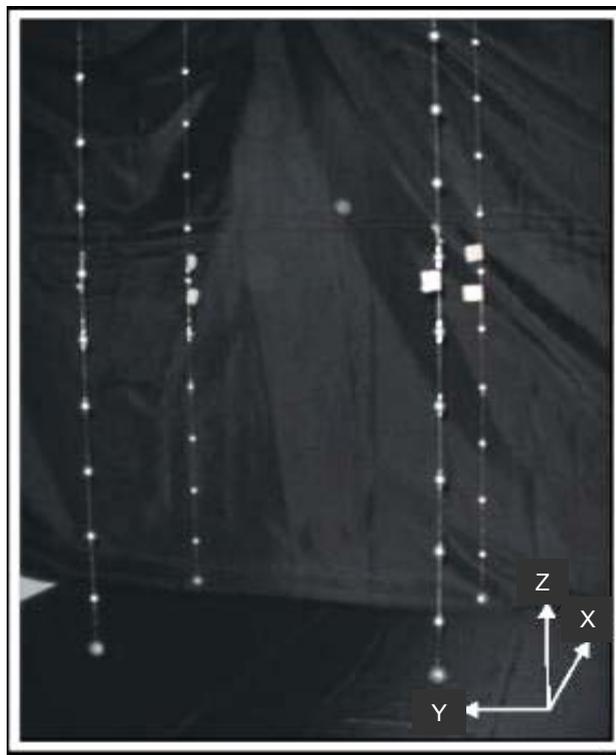
---

A calibração do sistema consiste na criação de um ambiente controlado para a aquisição dos dados. Segundo Andrade (2002), para a descrição do movimento, é necessário conhecer a posição de um ponto no espaço em relação a um referencial. Dessa forma, tornou-se necessário construir um sistema de referência controlado que informasse ao *software* a localização de pontos no espaço.

Para a construção do calibrador, foram fixados no teto do LAPAM duas barras de perfilado, dispostas paralelamente para que os fios de prumo fossem colocados na posição desejada. Foram dispostos quatro fios de prumo de aproximadamente 2,30m de comprimento e, na extremidade de cada um, foi colocada uma esfera de chumbo de 3cm de diâmetro e 50g, de maneira a formar um retângulo no centro da sala. Ao longo de cada fio, estão 10 marcadores esféricos do tipo “pérola”, de 1cm de diâmetro, separados a uma distância de 10 centímetros um dos outros (Figura 5). A posição desses marcadores foi mensurada por meio de um teodolito mecânico, com precisão de 1', e uma trena metálica de 3 metros, com graduação em milímetros, sob responsabilidade do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de São Paulo (USP – São Carlos). A acurácia dos resultados obtidos foi testada a partir da reconstrução da trajetória de dois marcadores fixados em uma haste rígida, obtendo-se um valor de 7mm.

## Método

---



**FIGURA 5.** Fios de prumo delimitados por marcadores a cada 10 centímetros.

Após a conferência da posição e altura de cada câmera, foi realizada a calibração do sistema, que consistia de dois procedimentos: a) a câmera era programada para controle manual para que, dessa forma, conseguíssemos ajustar o balanço de branco, o foco e a velocidade de abertura do obturador das câmeras (shutter de 1/1000) de acordo com a iluminação utilizada e a precisão desejada; b) o enquadramento da imagem e os ajustes eram realizados com a câmera conectada a uma televisão de 29 polegadas, minimizando, assim, possíveis distorções de imagem caso tomássemos como referência apenas o visor da câmera. Com a cadeira de avaliação inclinada a  $50^\circ$  da horizontal (VON HOFSTEN 1982, 1984), as imagens das três filmadoras eram devidamente enquadradas de maneira que os quatro fios de

## **Método**

---

prumo fossem visualizados e o foco fosse ajustado ao posicionamento dos braços e cabeça do lactente. Estando todos os parâmetros ajustados, os fios de prumo eram filmados pelo período de 1 segundo, a uma frequência de 60 Hz.

Ao término da calibração, a cadeira era retirada para que somente os fios fossem filmados. Em seguida, os fios foram recolhidos e a cadeira novamente posicionada sobre o tablado. O número, nome, idade do lactente e a data da avaliação eram filmados pelas câmeras. As câmeras permaneciam ligadas até a finalização dos testes, com o objetivo de que os ajustes feitos não se alterassem, garantindo a fidedignidade das medidas aferidas.

### **7.3 Sistema de Marcadores**

Os marcadores foram usados com o objetivo de tornar conhecidas a posição e a orientação dos segmentos corporais num espaço tridimensional.

Para aquisição dos dados, foi adotado o sistema de marcas anatômicas (CARVALHO; TUDELLA; BARROS, 2005), sendo os marcadores esféricos fixados nos ombros (borda externa do acrômio), cotovelos (epicôndilo lateral) (MCDONALD; VAN EMMERIK; NEWELL, 1989) e punho (região dorsal do carpo) (OUT ET AL., 1998) dos lactentes. No entanto, o rastreamento das imagens e a reconstrução tridimensional do movimento foram realizados somente pelas marcas afixadas nos punhos.

## **Método**

---

### **8. Procedimentos de Teste**

Os lactentes foram posicionados sentados na cadeira infantil reclinada a 50°. Um intervalo de 10 segundos era permitido para que o lactente se adaptasse à postura. Os objetos foram apresentados pela pesquisadora (que ficava à frente do lactente), a uma distância correspondente ao comprimento do membro superior do lactente, na linha média do corpo e na altura dos ombros (KONCZAK; BORUTTA; DICHGANS, 1997; THELEN; SPENCER, 1998; VAN DER FITS, et al. 1999; VAN DER FITS; HADDERS-ALGRA, 1998; CORBETTA; THELEN; JOHNSON, 2000).

Foram apresentados quatro objetos aos lactentes. Cada objeto era apresentado por um período de 1 minuto ou até que o lactente realizasse sete alcances. Caso o lactente não demonstrasse interesse por algum dos objetos, o mesmo era agitado e deslocado no campo visual do lactente. Quando o lactente fixava o olhar e direcionava a mão para o objeto, este deveria permanecer imóvel. Após cada alcance realizado, o objeto era retirado gentilmente e reapresentado. Era assegurado um intervalo de 5 segundos entre a apresentação de um objeto e o outro. Tal procedimento teve, portanto, duração máxima de aproximadamente 4 minutos e 25 segundos. O tempo foi determinado para evitar o cansaço dos lactentes ou habituação aos estímulos.

Para que a ordem da apresentação dos objetos não interferisse nos resultados obtidos, os participantes do estudo foram distribuídos em quatro grupos. Para cada grupo, a ordem da exposição dos objetos foi planejada em diferentes seqüências pré-determinadas, conforme pode ser observado na Tabela 2.

## Método

**TABELA 2.** Planejamento da ordem de apresentação dos objetos.

Grupos	Nº de lactentes	1º objeto	2º objeto	3º objeto	4º objeto
1	1	Maleável pequeno	Rígido pequeno	Rígido grande	Maleável grande
2	2	Rígido pequeno	Rígido grande	Maleável grande	Maleável pequeno
3	2	Rígido grande	Maleável grande	Maleável pequeno	Rígido pequeno
4	4	Maleável grande	Maleável pequeno	Rígido pequeno	Rígido grande

Embora de início tenha sido atribuído o mesmo número de lactentes a cada grupo, nota-se na Tabela 2, que o número de lactentes em cada grupo foi diferente. Tal fato foi devido a exclusão de alguns lactentes do estudo.

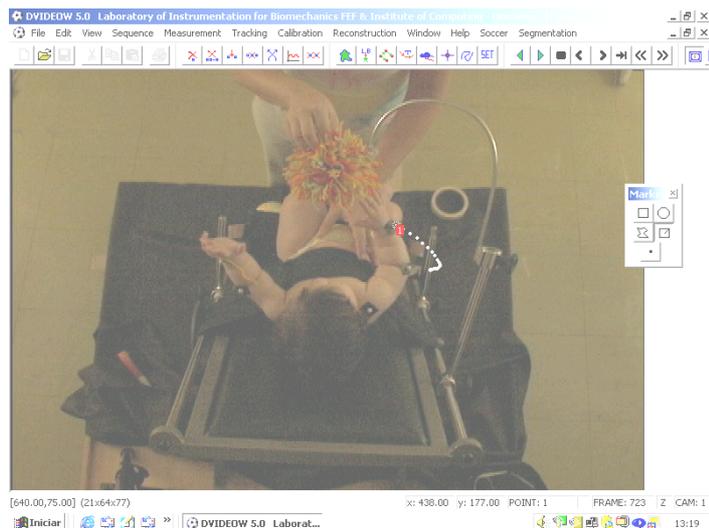
Posteriormente, a análise do alcance foi realizada pelo sistema Dvideow, observando-se o deslocamento das marcas afixadas nos punhos dos lactentes.

### 9. Análise das Imagens

Para realizar a análise das filmagens pelo Dvideow, foi necessário transformar as imagens digitais em arquivos no formato AVI. Para tanto, as imagens foram capturadas por uma placa de captura de imagens, utilizando o *software* Adobe Premier 6.3. De posse dos arquivos AVI, as imagens eram abertas no sistema Dvideow, sendo a sincronização realizada visualmente pela pesquisadora, elegendo-se um ponto como referência comum entre as imagens das três câmeras.

## Método

A Figura 6 ilustra a interface do sistema Dvideow e mostra o lactente posicionado na cadeira reclinada e o rastreamento do marcador do punho direito sob a visão da câmera localizada superiormente ao lactente.



**FIGURA 6.** Interface do sistema Dvideow e rastreamento dos marcadores.

O alcance foi definido como o movimento de um ou ambos os membros superiores em direção ao alvo, até a mão tocá-lo. O início do alcance foi estabelecido como sendo o *frame* que mostrava o primeiro movimento de um ou ambos os membros superiores em direção ao objeto, independentemente de onde eles estivessem. Determinou-se como final do alcance, o *frame* no qual qualquer parte da mão do lactente tocava o objeto. Primeiramente, estabelecíamos o final do alcance, pois este era mais fácil de ser identificado, além de ser o *frame* que determinava a sincronização das filmagens. A partir disso, voltávamos o filme para definir o início do alcance que, por ser um movimento sutil, era mais difícil de ser

## **Método**

---

determinado. Esse procedimento foi semelhante ao adotado nos estudos de Thelen et al. (1993), Thelen e Corbetta (1996), Out et al. (1998) e Fallang, Saugstad e Hadders-Algra (2000). Em um formulário específico, foram registrados os quadros que continham o início e o final do alcance (Apêndice III).

A análise dos dados foi concentrada em alcances nos quais o lactente mostrava atenção e interesse pelo objeto apresentado. O alcance foi excluído quando o lactente apresentou choro ou irritação durante a realização do movimento, quando o lactente iniciou o movimento do braço com a mão próxima ao objeto (menos do que 10 *frames*) e quando um dos marcadores não foi visualizado por uma das câmeras por mais de 10% do tempo total de alcance (KONCZAK; BORUTTA; DICHGANS, 1997).

### **10. Obtenção das variáveis qualitativas do alcance**

Foi utilizado o Sistema Dvideow 5.0 para assistir às imagens *frame-a-frame* e obter as variáveis qualitativas do alcance.

Foram consideradas variáveis qualitativas do alcance, resposta aos estímulos, as frequências de ajustes proximais, distais, alcance com apreensão (sucesso do alcance) e preferência manual.

A) *Resposta aos estímulos*: considera as respostas de alcances e não-alcances realizados em relação ao número de apresentação dos objetos. Considerou-se como resposta de alcance qualquer direcionamento da mão aos objetos, seguido de toque dos mesmos. Considerou-se

## **Método**

---

como resposta de não-alcance a ausência de direcionamento da mão e direcionamento da mão sem toque.

B) *Ajustes proximais*: considerados como a iniciativa de direcionar um ou ambos os membros superiores ao alvo apresentado. Considerou-se ajuste unimanual quando o lactente deslocou somente um dos membros superiores em direção ao alvo (CORBETTA; THELEN; JOHNSON, 2000), quando ambos os membros saíram em direção ao objeto com uma diferença superior a 20 *frames* (0,33 seg) do início do movimento de um membro para o outro, ou quando um dos membros superiores realizava o alcance do objeto e o outro ficava parado ou produzindo pequenos movimentos que não fossem orientados ao objeto. Considerou-se alcance bimanual quando o lactente estendia simultaneamente os membros superiores em direção ao alvo (CORBETTA; THELEN; JOHNSON, 2000) ou quando os membros superiores saíram da posição inicial com atraso igual ou inferior a 20 *frames* de uma mão em relação à outra. Este valor foi considerado a partir da média obtida da diferença entre os *frames* iniciais das mãos, nos alcances utilizados no índice de concordância inter-observador. Além disso, as mãos deveriam deslocar simultaneamente até pelo menos a metade do arco de movimento (50% da trajetória). O toque poderia ser com ambas as mãos, simultaneamente, ou com toque inicial da mão direita ou esquerda.

C) *Ajustes distais*: ajustes realizados pelas mãos e dedos durante a trajetória do movimento. Foram avaliadas as orientações da palma da mão, que diz respeito à posição da mão no momento do toque do objeto e no momento da apreensão. Considerou-se como toque, o primeiro sinal de deslocamento do objeto ou quando ocorria a deformação deste. Considerou-se apreensão quando os dedos realizavam flexão e agarravam o objeto. Baseadas na orientação

## **Método**

---

da palma da mão foram consideradas as seguintes posições: horizontal, quando o antebraço estava em pronação, com a palma da mão voltada para baixo; vertical, quando o antebraço estava em posição neutra e a palma da mão orientada para a linha média do corpo do lactente (FAGARD, 2000); e oblíqua, quando a mão estava em posição intermediária em relação às outras duas supracitadas. A abertura da mão diz respeito à posição dos dedos no início e no momento do toque do objeto. Considerou-se mão aberta quando as articulações metacarpofalangeanas e interfalangeanas estavam estendidas. Quando as articulações metacarpofalangeanas e interfalangeanas estavam fletidas, considerava-se mão fechada. Mão semi-aberta foi considerada quando as articulações metacarpofalangeanas estavam fletidas e as interfalangeanas, estendidas, ou vice-versa (independentemente do grau de flexão).

D) *Apreensão do objeto*: considerada quando o lactente conseguia apreender o objeto ou parte dele com uma ou ambas as mãos. O alcance sem apreensão foi determinado por movimentos direcionados ao objeto, seguidos de toque, porém que não resultassem em apreensão do mesmo (FAGARD; PEZÉ, 1997; VAN DER FITS et al., 1999; FAGARD, 2000).

E) *Preferência manual*: foi considerada a mão que primeiro tocasse o objeto. O toque foi determinado quando qualquer parte da mão tocasse o objeto, podendo ser visualizados o deslocamento ou a deformação do mesmo (por exemplo, nos objetos maleáveis).

Para maior confiabilidade da análise dessas variáveis, foi realizado teste de fidedignidade inter-observadores entre três observadores, sendo um deles o pesquisador deste estudo. Por meio da análise das fitas, eles analisaram individualmente 31 alcances de 1 mesmo lactente. Foram analisados 481 itens e obtido um Índice de Concordância Bruto (IC) por meio da utilização da fórmula na qual CO são os itens concordantes e DI os itens discordantes:

## **Método**

---

$$IC = \frac{CO}{CO + DI}$$

Em seguida, os resultados foram confrontados e o índice de concordância foi de 97,9%.

### **11. Obtenção de variáveis quantitativas (espaço-temporais) do alcance**

Realizou-se a reconstrução tridimensional do movimento de alcance a partir da análise das imagens referentes às câmeras situadas superiormente e lateralmente à cadeira. Sendo assim, para análise do movimento do membro superior esquerdo, foram analisadas as imagens das câmeras situadas superiormente e à esquerda e, para análise do movimento do membro superior direito, foram analisadas as imagens das câmeras situadas superiormente e à direita do lactente. Para os alcances bimanuais, foi analisado o membro superior que primeiro tocou o objeto (MATHEW; COOK, 1990).

A análise do alcance foi realizada por meio da reconstrução tridimensional do movimento pelo deslocamento das marcas afixadas nos punhos dos lactentes, utilizando-se o sistema Dvideow.

O sistema Dvideow oferece como resultados as coordenadas X, Y e Z de cada marca afixada, em cada *frame* do movimento analisado. Em seguida, utilizamos o programa Matlab 6.0 com o objetivo de filtrar e trabalhar esses dados. A partir de rotinas do Matlab, foi aplicado nas coordenadas dos movimentos um filtro do tipo Butterworth digital de 4ª ordem, com

## **Método**

---

freqüência de corte de 6 Hz., e foram calculados o índice de retidão, velocidade média, unidades de movimentos e tempo de ajustes.

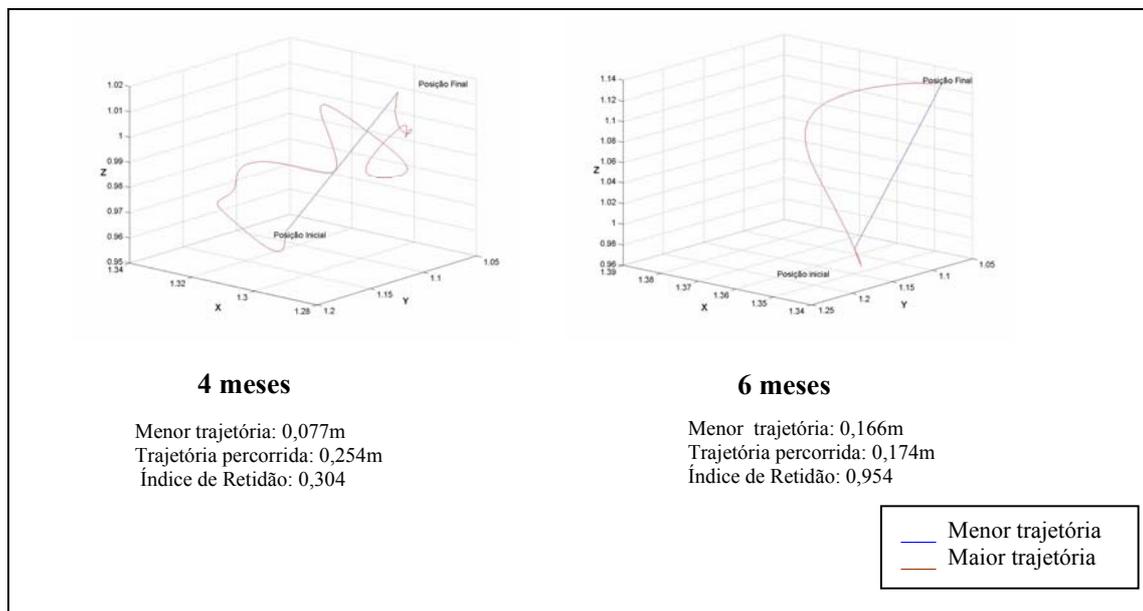
A) *Índice de retidão (IR)*: indica o quanto que o lactente realizou uma trajetória maior em relação à menor distância que a mão poderia ter percorrido. Seu cálculo foi obtido pela razão entre a menor distância que poderia ser percorrida (distância entre a posição inicial da mão e o objeto) e a distância percorrida pela mão (trajetória total) (THELEN; CORBETTA; SPENCER, 1996).

Quanto mais próximo de 1 for o índice de retidão, mais próximo de um segmento de reta terá sido a trajetória. Portanto, índice de retidão igual a 1 indica que o lactente realizou o alcance na menor trajetória possível.

$$IR = \frac{\text{menor distância que poderia ser percorrida pela mão}}{\text{distância percorrida pela mão}}$$

A Figura 7 ilustra duas trajetórias, a percorrida e a menor possível, de um dos participantes do estudo com 4 e 6 meses de idade.

## Método



**FIGURA 7.** Trajetórias percorridas durante os alcances de um participante do estudo aos 4 e aos 6 meses de idade.

B) *Velocidade média*: a partir das coordenadas X, Y e Z dos marcadores situados nas articulações do punho, calculou-se a velocidade do membro. A velocidade média do punho foi obtida pela razão entre a distância percorrida e o tempo gasto ao longo do movimento (MATHEW; COOK, 1990). A velocidade foi obtida pela norma do vetor que é dada pela raiz quadrada da soma dos quadrados dos componentes X, Y e Z, e pode ser formalmente expressada em:

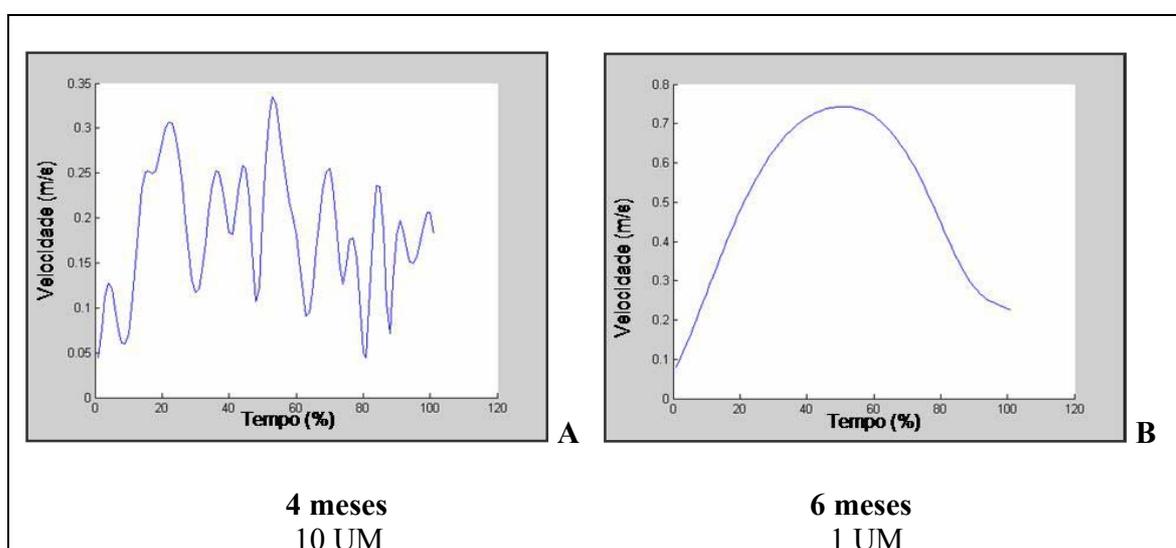
$$\|v(t)\| = \sqrt{\left(\frac{dx(t)}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy(t)}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz(t)}{dt}\right)^2}$$

C) *Unidades de movimento*: foi definida como uma velocidade máxima entre duas velocidades mínimas em que a diferença foi maior do que 1 cm/s (THELEN; CORBETTA; SPENCER,

## Método

1996). Dessa forma, curva de velocidade com vários picos máximos e mínimos ilustra várias unidades de movimentos (KUHTZ-BUSCHBECK, et al., 1998).

A Figura 8 ilustra as unidades de movimentos durante os alcances de um participante do estudo, aos 4 e 6 meses de idade, ao alcançar um objeto maleável pequeno.



**FIGURA 8.** Unidades de movimentos (UM) de um alcance. **A.** Unidades de movimento realizada aos 4 meses de idade. **B.** Unidades de movimento realizada aos 6 meses de idade.

Para cada alcance realizado pelo lactente foi verificada a frequência de unidades de movimentos em cada idade e para cada objeto, gerando uma frequência média de unidades de movimentos.

D) *Tempo de ajuste*: indica o tempo que foi necessário para desacelerar o movimento do braço para que a mão tocasse o brinquedo. O tempo de ajuste foi obtido a partir da diferença entre o

## **Método**

---

*frame* final do alcance e o *frame* no qual o lactente atingiu a máxima velocidade. Um menor tempo de ajuste indica que o lactente precisou de menor tempo para fazer ajustes na trajetória da mão antes de tocar o brinquedo.

### **12. Análise Estatística**

Dos sete possíveis alcances realizados para cada objeto, no máximo cinco foram utilizados para a análise estatística, visto que vários alcances foram excluídos.

As análises das variáveis resposta ao estímulo, ajustes proximais e distais e preferência manual foram realizadas utilizando-se o teste Qui-quadrado, visto que essas são variáveis qualitativas nominais.

Para as análises das variáveis quantitativas, foi aplicada a técnica paramétrica, visto que as suposições sobre os resíduos do modelo, necessárias para a aplicação da técnica, foram atendidas (teste de Levene de homogeneidade de variância,  $p \geq 0,05$  e teste KS Normalidade,  $p \geq 0,05$ ). O Teste ANOVA para medidas repetidas foi proposto para testar a condição idade (três níveis), objeto (quatro níveis) e interações entre os fatores idades e objetos. Nos fatores com mais de dois níveis que apresentaram significância estatística, a análise prosseguiu com o teste *post hoc* de Duncan para identificação dos pares de médias que apresentaram diferença entre si. Contrastes pré-planejados foram testados para avaliar se o comportamento das variáveis apresentava distribuição quadrática ao longo dos meses.

Para todas as análises considerou-se um nível de significância de 0,05.

## **RESULTADOS**

## **RESULTADOS**

---

Será apresentada, descritivamente, a caracterização dos alcances coletados, incluídos e excluídos da análise. Serão apresentados, também, os resultados inferenciais referentes às mudanças nas variáveis qualitativas e quantitativas (espaço-temporais) do alcance ao longo dos meses, bem como o impacto das propriedades físicas dos objetos nas mesmas variáveis citadas.

### **1. Resultados descritivos**

Para verificar se a ordem de apresentação dos objetos não influenciou os resultados, foi aplicado o Teste Kruskal Wallis, o qual constatou ausência de influência ( $p > 0,05$ ).

Considerando que o total de oportunidades de alcançar os objetos foi de 540 alcances e que 114 alcances não foram realizados pelos lactentes, obteve-se um total de 426 alcances coletados durante o período de 4 a 6 meses de idade. Desses, 10 alcances foram excluídos por ausência de interesse do lactente, 38 por erros no experimento (quando o lactente iniciou o movimento do braço com a mão próxima ao objeto ou quando um dos marcadores não foi visualizado por uma das câmeras por mais de 10% do tempo total de alcance). Portanto, 378 alcances foram incluídos na análise.

A Tabela 3 sumariza a distribuição dos alcances coletados, dos excluídos e os motivos das exclusões em todas as avaliações realizadas, para cada objeto apresentado.

## Resultados

**TABELA 3.** Distribuição dos alcances coletados, dos excluídos e os motivos das exclusões para cada objeto apresentado e em todas as avaliações.

Descrição dos alcances	Propriedades físicas dos objetos				
	RG	RP	MG	MP	TOTAL
Total de oportunidades	135	135	135	135	540
Total de alcances não realizados	23	28	31	32	114
Total de alcances coletados	112	107	104	103	426
Exclusão por ausência de interesse	5	4	0	1	10
Exclusão por erros no experimento	11	14	6	7	38
Total de alcances incluídos na análise	96	89	98	95	378

## 2. Resultados Inferenciais

Considerando a ausência de interação significativa entre os fatores idades e objetos, os resultados serão apresentados primeiramente quanto as mudanças nas variáveis qualitativas e quantitativas ao longo dos meses (independentemente das propriedades dos objetos). Após, serão apresentados os resultados referentes ao efeito das propriedades dos objetos (independentemente da idade) nas mesmas variáveis citadas.

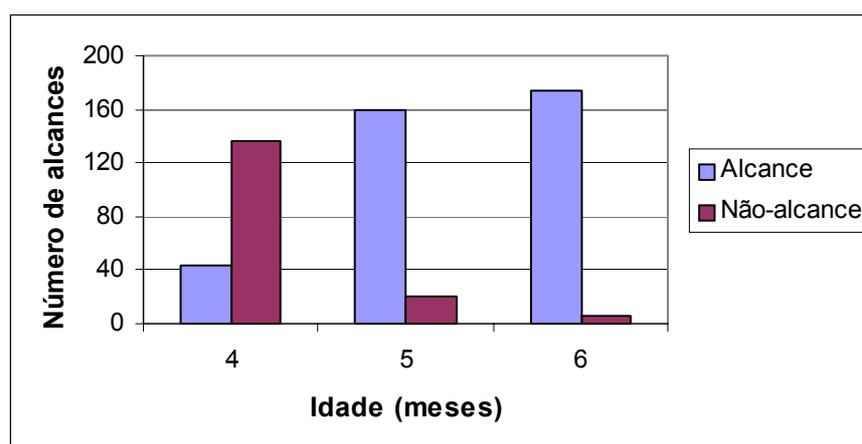
### 2.1 Mudanças nas variáveis qualitativas do alcance ao longo dos meses

#### 2.1.1. Resposta aos estímulos

A Figura 9 ilustra o número de alcances e não-alcances em relação às oportunidades de apresentação do objeto, nas idades de 4, 5 e 6 meses.

## Resultados

Observa-se, na Figura 9, que o número de não-alcances foi maior aos 4 meses e o de alcances maior aos 5 e 6 meses. O teste Qui-quadrado revelou diferença significativa entre as respostas de alcance e não alcances ao longo dos meses ( $\chi^2 (1) = 83,230$ ;  $p < 0,001$ ).



**FIGURA 9.** Número de alcances e não-alcances ao longo dos 4 aos 6 meses de idade.

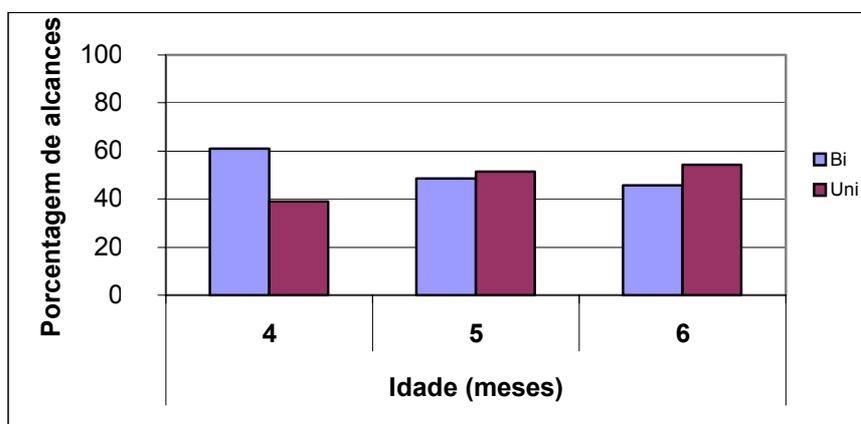
### 2.1.2 Ajustes proximais

A Figura 10 ilustra a porcentagem dos alcances uni e bimanuais realizados pelos lactentes ao longo dos meses.

Na Figura 10, observa-se maior porcentagem de ajustes bimanuais aos 4 meses e unimanuais aos 6 meses, e aos 5 meses os valores foram próximos. Houve uma tendência de aumento de ajuste unimanual e de diminuição de ajuste bimanual com o aumento da idade. Entretanto, o teste não revelou diferença significativa entre as idades ( $\chi^2 (2) = 5,869$ ;  $p = 0,053$ ).

## Resultados

---



**FIGURA 10.** Porcentagem de ajustes unimanuais e bimanuais ao longo dos 4 aos 6 meses de idade.

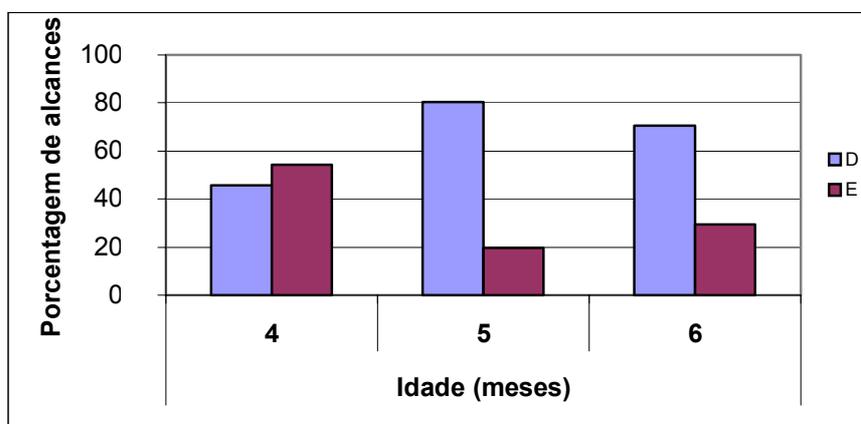
### 2.1.3 Preferência manual

A Figura 11 ilustra a porcentagem dos alcances com a mão direita e esquerda, realizados pelos lactentes ao longo dos meses.

Observa-se na Figura 11 que aos 4 meses os lactentes usaram mais a mão esquerda, enquanto aos 5 e 6 meses usaram preferencialmente a mão direita. O teste revelou diferença significativa entre as idades ( $\chi^2 (2) = 38,762; p < 0,001$ ).

## Resultados

---



**FIGURA 11.** Porcentagem de alcances com a mão direita e esquerda ao longo dos 4 aos 6 meses de idade.

### 2.1.4 Ajustes distais

Serão apresentados os resultados referentes aos ajustes distais quanto à abertura da mão no início e no final do alcance e quanto à orientação da palma da mão no toque do objeto e na apreensão.

#### **Abertura da mão no início e no final do movimento de alcance**

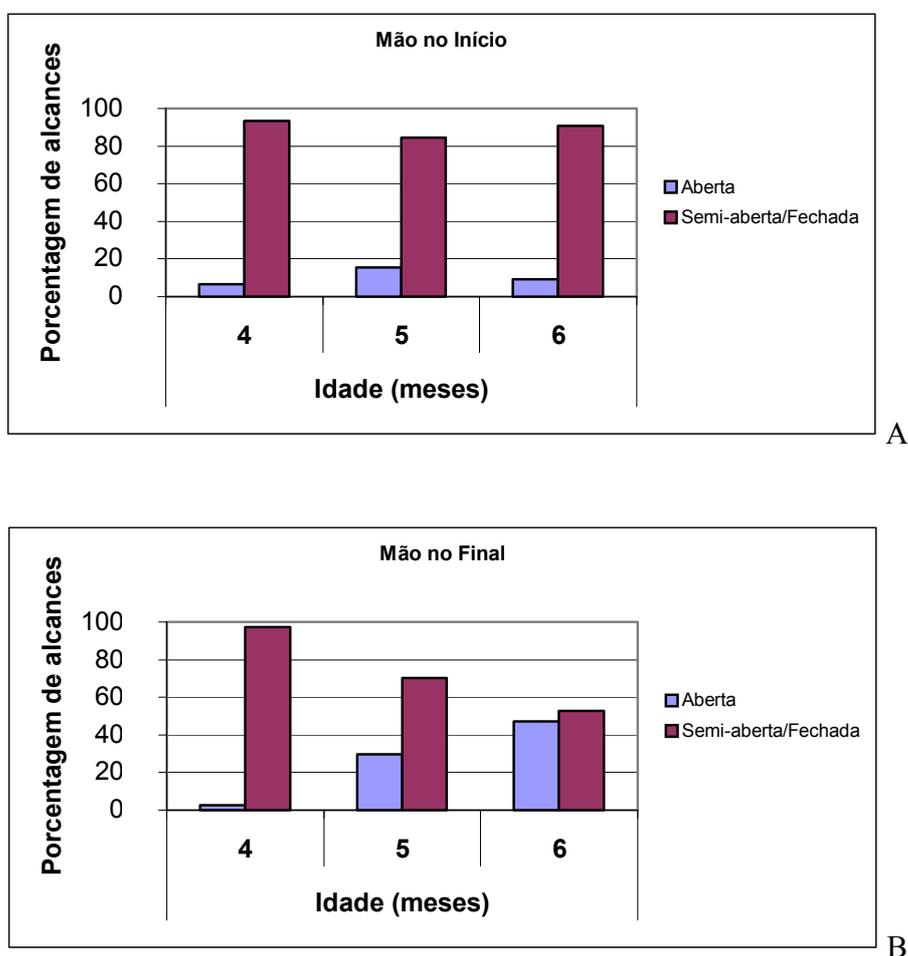
As Figuras 12 A e B ilustram as porcentagens dos alcances quanto à abertura da mão no início e no final do movimento, respectivamente, ao longo dos meses.

Na Figura 12A, observa-se que, no início do movimento, a mão semi-aberta foi predominante em todos os meses, enquanto a mão aberta foi maior aos 5 meses. A mão fechada não foi característica em nenhum dos meses avaliados.

## Resultados

Na Figura 12B, observa-se que a mão semi-aberta no final do movimento também foi predominante em todos os meses, enquanto a mão aberta no final do movimento aumentou ao longo dos meses.

Ao aplicar o teste Qui-quadrado, verificou-se diferença significativa entre as idades para a abertura da mão tanto no início ( $\chi^2 (2) = 9,017$ ;  $p=0,011$ ) quanto no final do movimento ( $\chi^2 (2) = 61,51$ ;  $p<0,001$ ).

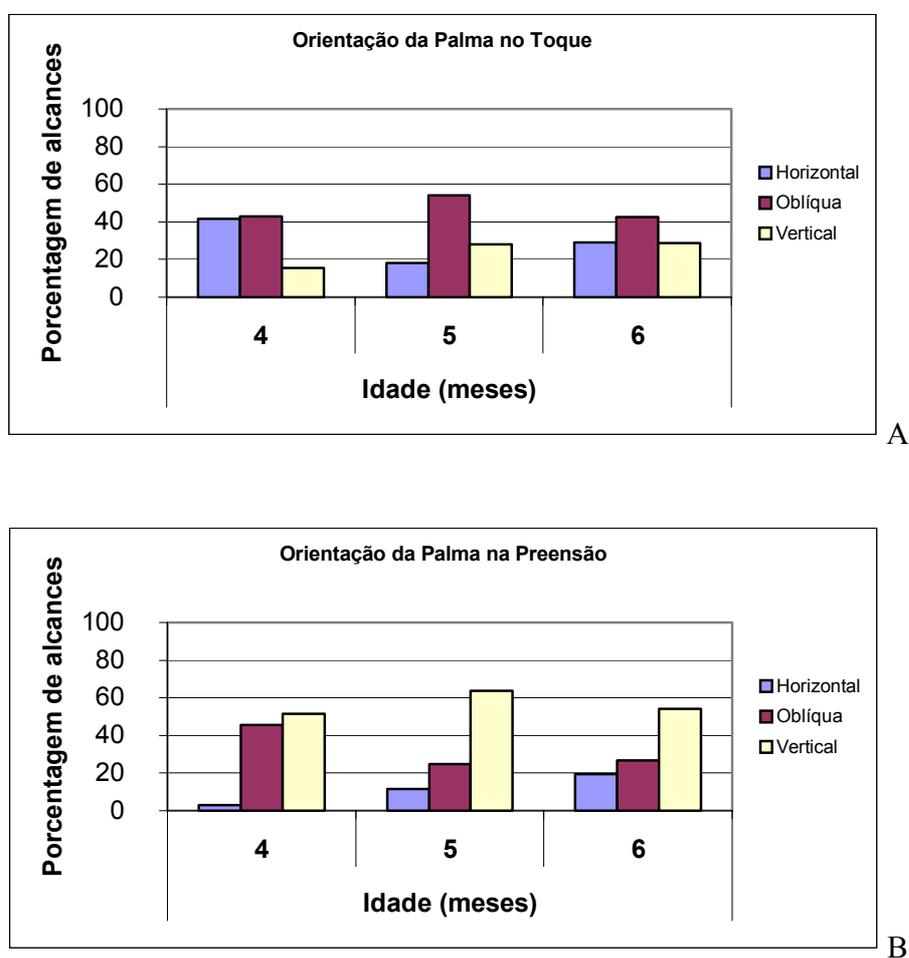


**FIGURA 12.** Porcentagem dos alcances quanto à abertura da mão, ao longo dos 4 aos 6 meses de idade. A. Abertura da mão no início do movimento de alcance. B. Abertura da mão no final do movimento de alcance.

## Resultados

### Orientação da palma da mão no toque e na apreensão do objeto

As Figuras 13 A e B ilustram as porcentagens dos alcances quanto à orientação da palma da mão no toque e na apreensão do objeto, respectivamente, ao longo dos 4 aos 6 meses de idade.



**FIGURA 13.** Porcentagem dos alcances quanto a orientação da mão ao longo dos 4 aos 6 meses de idade. A. Orientação da mão no toque do objeto. B. Orientação da mão na apreensão do objeto.

## **Resultados**

---

Observa-se, na Figura 13A, que a orientação oblíqua da mão no toque é predominante em todas as idades, sendo marcante aos cinco meses. A orientação horizontal é maior aos 4 meses quando comparada com os demais meses. A orientação da mão vertical aumentou do quarto para o quinto mês e manteve-se com percentual semelhante aos 6 meses.

Na Figura 13B, observa-se que a orientação da mão no momento da apreensão é predominantemente vertical em todos os meses.

Aplicando-se o teste Qui-quadrado, verificou-se diferença significativa entre as idades, tanto para a orientação da palma da mão no toque ( $\chi^2 (4) = 25,055$ ;  $p < 0,001$ ), quanto na apreensão ( $\chi^2 (4) = 14,748$ ;  $p = 0,005$ ).

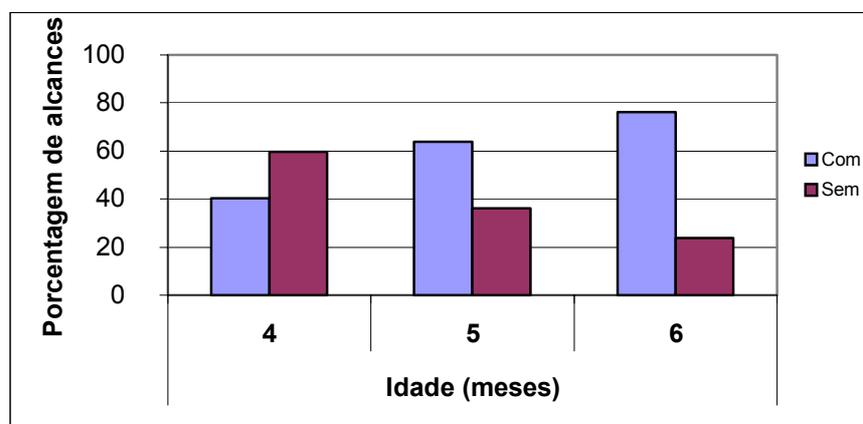
Constatou-se associação significativa entre as orientações da mão no toque e na apreensão em todas as idades ( $p < 0,001$ ). Ao observar as Figuras 13A e B, verifica-se que, em todos os meses, a orientação da palma modifica-se no momento do toque (horizontal ou oblíqua) para a apreensão (vertical).

Tais resultados demonstram que a orientação da mão se modifica ao longo dos meses e, também, no momento do toque para a apreensão do objeto.

### **2.1.5 Apreensão do objeto**

A Figura 14 ilustra a porcentagem de alcance com e sem apreensão dos objetos ao longo dos meses.

## Resultados



**FIGURA 14.** Porcentagem de alcance com e sem apreensão dos objetos ao longo dos 4 aos 6 meses de idade.

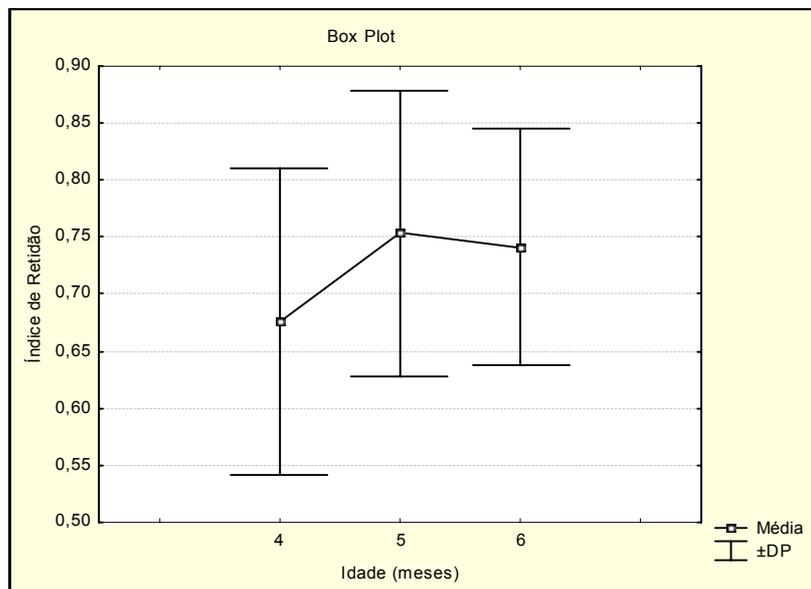
Na Figura 14, observa-se que houve aumento da porcentagem de alcance com apreensão ao longo dos meses, sendo o maior valor observado aos 6 meses. O alcance sem apreensão, por sua vez, diminuiu com o aumento da idade, sendo o maior valor observado aos 4 meses. O teste revelou diferença significativa entre as idades ( $\chi^2 (2) = 39,869$ ;  $p < 0,001$ ).

## 2.2 Mudanças nas variáveis quantitativas (espaço-temporais) do alcance ao longo dos meses

### 2.2.1 Índice de retidão

A Figura 15 ilustra os valores de média e desvio padrão do índice de retidão dos alcances realizados pelos lactentes ao longo dos meses.

## Resultados



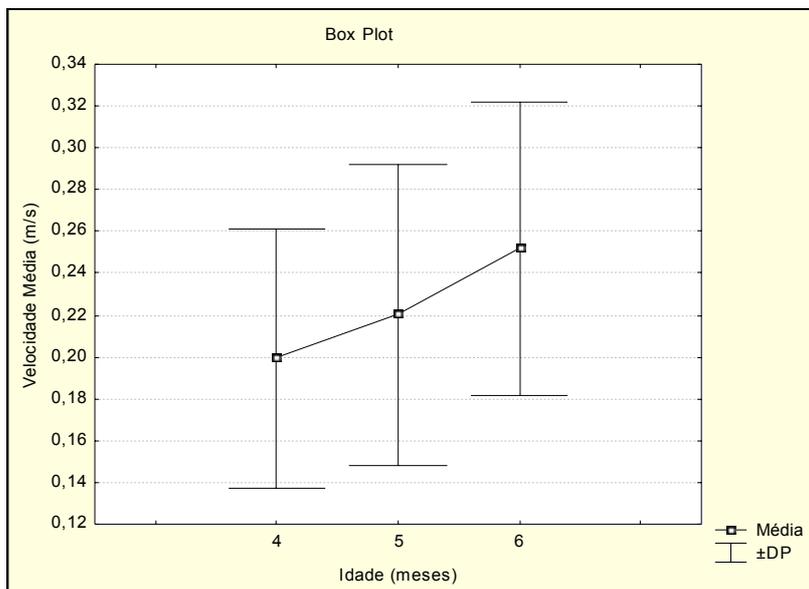
**FIGURA 15.** Média e desvio padrão do índice de retidão ao longo dos 4 aos 6 meses de idade.

Observa-se, na Figura 15, que o índice de retidão aumenta do quarto para o quinto mês e há uma sutil diminuição do quinto para o sexto mês. A ANOVA revelou diferença significativa entre as idades ( $F(2,157)=3,484$ ;  $p=0,033$ ). Os contrastes demonstraram que esta variável apresenta um comportamento quadrático significativo ( $p = 0,0315$ ).

### 2.2.2 Velocidade média

A Figura 16 ilustra os valores de média e desvio padrão da velocidade média dos alcances realizados pelos lactentes ao longo dos meses.

## Resultados



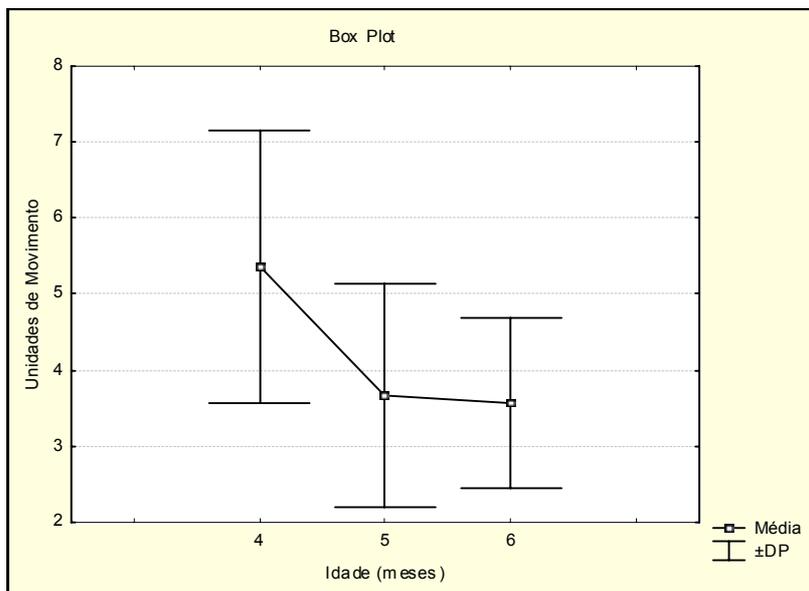
**FIGURA 16.** Média e desvio padrão da velocidade média ao longo dos 4 aos 6 meses de idade.

Na Figura 16, observa-se que a velocidade empregada no movimento de alcance foi superior aos 6 meses quando comparada aos meses anteriores. Nota-se que há um aumento progressivo da velocidade com o aumento da idade. O teste revelou diferença significativa entre as idades ( $F(2,157) = 6,079$ ;  $p = 0,0029$ ), e os contrastes caracterizaram uma evolução linear significativa ( $p < 0,001$ ).

### 2.2.3 Unidades de movimento

A Figura 17 ilustra os valores de média e desvio padrão da frequência de unidades de movimento dos alcances realizados pelos lactentes ao longo dos meses.

## Resultados



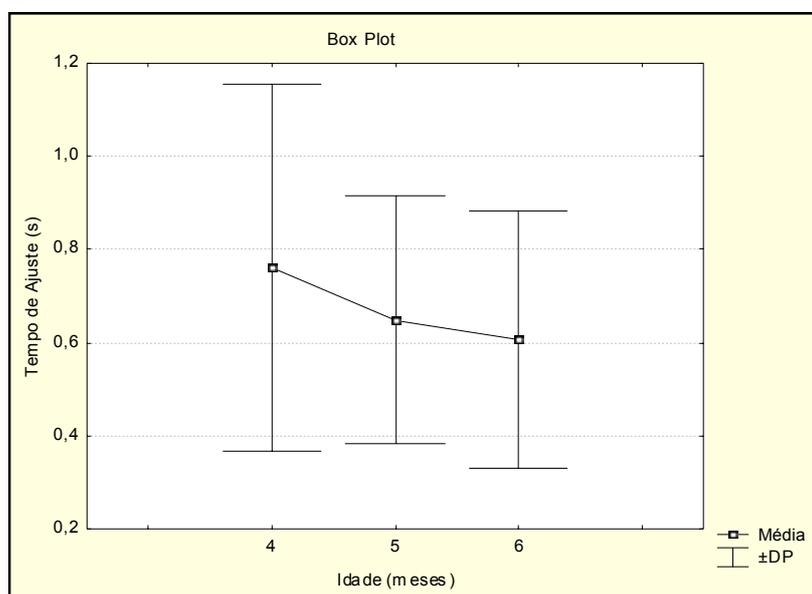
**FIGURA 17.** Média e desvio padrão da freqüência de unidades de movimento ao longo dos 4 aos 6 meses de idade.

Observa-se, na Figura 17, que os lactentes realizaram alcances com mais unidades de movimentos aos 4 meses do que aos 5 e 6 meses. Houve uma diminuição do quarto para o quinto mês e uma estabilização do quinto para o sexto mês. O teste revelou diferença significativa entre as idades ( $F(2,157)=14,369$ ;  $p<0,001$ ), e os contrastes aplicados revelaram distribuição quadrática significativa ( $p<0,001$ ).

### 2.2.4 Tempo de ajuste

A Figura 18 ilustra os valores de média e desvio padrão do tempo de ajuste dos movimentos dos alcances realizados pelos lactentes ao longo dos meses.

## Resultados



**FIGURA 18.** Média e desvio padrão do tempo de ajuste ao longo dos 4 aos 6 meses de idade.

Na Figura 18, observa-se que houve tendência de redução do tempo de ajuste ao longo dos meses. No entanto, o teste não revelou diferença significativa entre as idades ( $F(2,157)=2,288$ ;  $p=0,1048$ ).

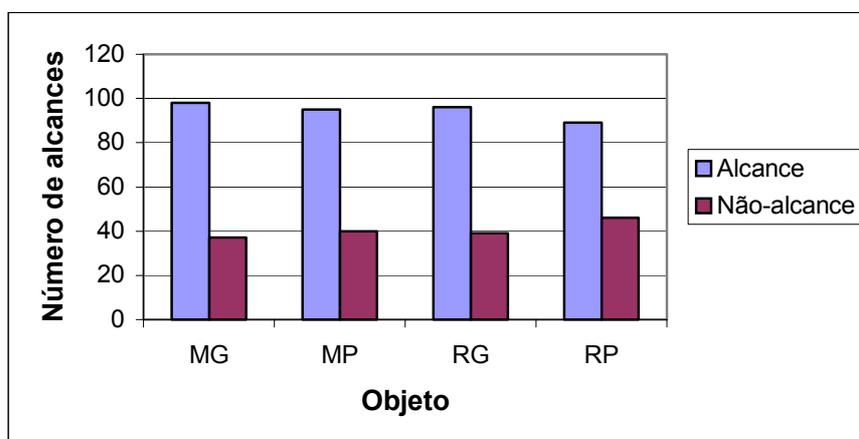
### 2.3 Efeito das propriedades dos objetos nas variáveis qualitativas do alcance

#### 2.3.1 Resposta aos estímulos

A Figura 19 mostra a distribuição de alcances e não-alcances em função da rigidez e do tamanho dos objetos.

## Resultados

---



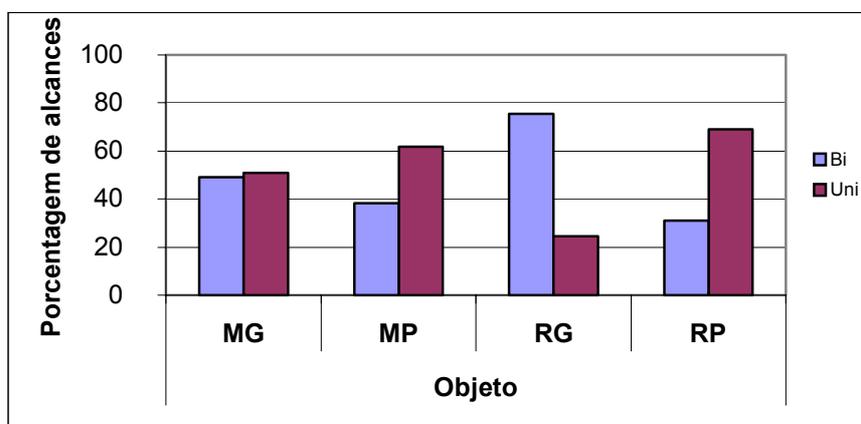
**FIGURA 19.** Número de alcances e não-alcances em relação aos objetos rígido grande (RG), rígido pequeno (RP), maleável grande (MG) e maleável pequeno (MP).

Observa-se, na Figura 19, que o número de alcances foi semelhante para todos os objetos apresentados. Ao aplicar o teste Qui-quadrado, verificou-se que não houve diferença significativa nas respostas de alcance e não-alcance entre os objetos ( $\chi^2(3) = 0,00$ ;  $p = 1,0$ ).

### 2.3.2 Ajustes Proximais

A Figura 20 ilustra a porcentagem dos alcances uni e bimanuais realizados pelos lactentes em função da rigidez e do tamanho dos objetos.

## Resultados



**FIGURA 20.** Porcentagem de ajustes unimanuais e bimanuais em relação aos objetos rígido grande (RG), rígido pequeno (RP), maleável grande (MG) e maleável pequeno (MP).

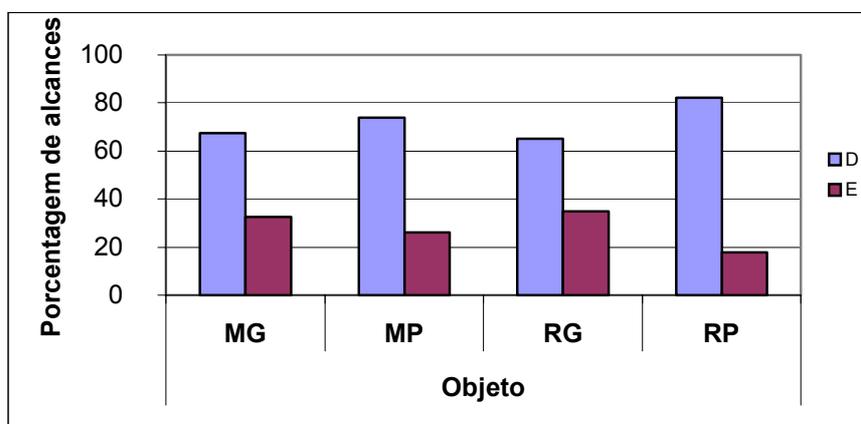
Observa-se na Figura 20, maior porcentagem de ajustes unimanuais para os objetos pequenos (MP e RP) e bimanual para o objeto rígido grande (RG). No entanto, observa-se porcentagens semelhantes de ajustes unimanual e bimanual para o objeto maleável grande (MG).

O teste revelou diferença significativa nos ajustes proximais (uni e bimanual) em relação aos objetos apresentados ( $\chi^2(3)=50,826$ ;  $p<0,001$ ).

### 2.3.3 Preferência Manual

A Figura 21 ilustra a porcentagem dos alcances, com a mão direita e esquerda, em função da rigidez e do tamanho dos objetos.

## Resultados



**FIGURA 21.** Porcentagem de alcances com a mão direita e esquerda em relação aos objetos rígido grande (RG), rígido pequeno (RP), maleável grande (MG) e maleável pequeno (MP).

Observa-se, na Figura 21, que o uso da mão direita foi predominante para todos os objetos apresentados, sendo mais acentuada para alcançar os objetos pequenos (RP e MP). O teste estatístico revelou diferença significativa entre os objetos ( $\chi^2(3) = 15,757$ ;  $p = 0,001$ ).

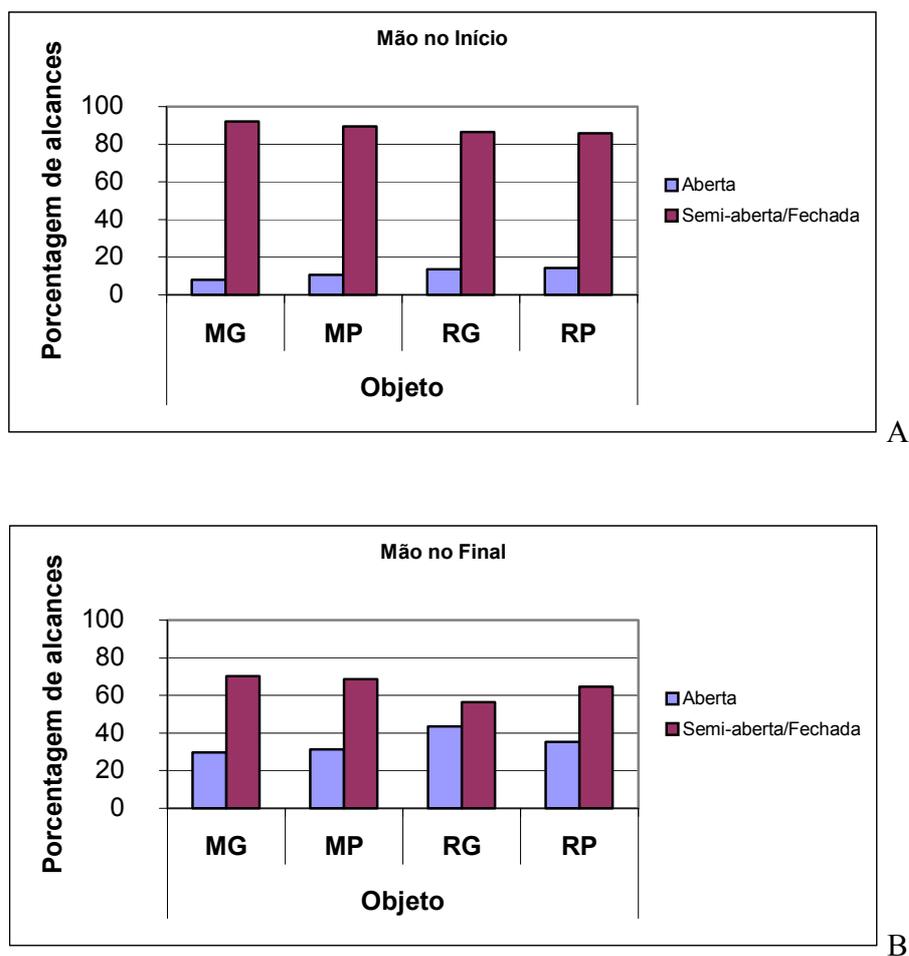
### 2.3.4 Ajustes Distais

Serão apresentados os resultados referentes aos ajustes distais quanto à abertura da mão no início e no final do alcance e quanto à orientação da palma da mão no toque do objeto e na apreensão.

## Resultados

### Abertura da mão no início e no final do alcance

As Figuras 22 A e B ilustram as porcentagens dos alcances quanto à abertura da mão no início e no final do movimento, respectivamente, em função da rigidez e do tamanho dos objetos.



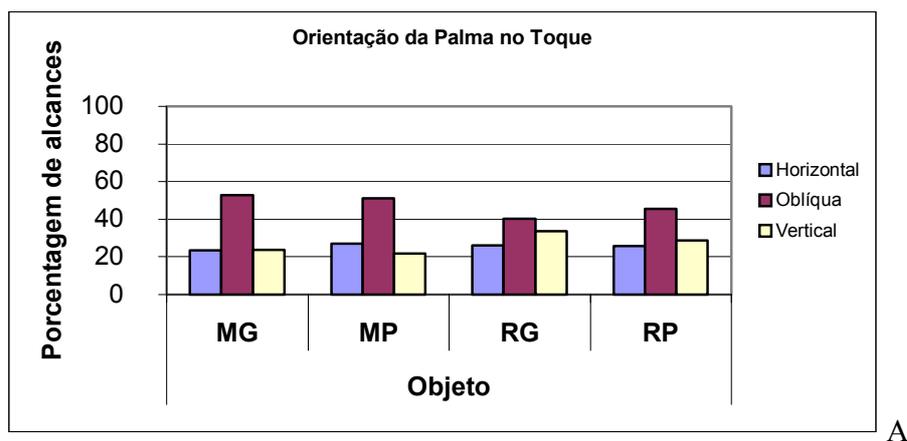
## Resultados

A Figura 22A mostra que a abertura da mão no início do alcance foi predominantemente semi-aberta. O teste estatístico não revelou diferença significativa da abertura da mão no início do alcance ( $\chi^2(3)=5,613$ ;  $p=0,468$ ) em relação aos objetos apresentados.

A Figura 23B mostra que o percentual de mão aberta no final do alcance aumentou para todos os objetos e foi maior para o objeto rígido grande (RG) quando comparado aos demais objetos. O teste estatístico revelou diferença significativa na abertura da mão no final do alcance ( $\chi^2(3)=9,551$ ;  $p=0,023$ ).

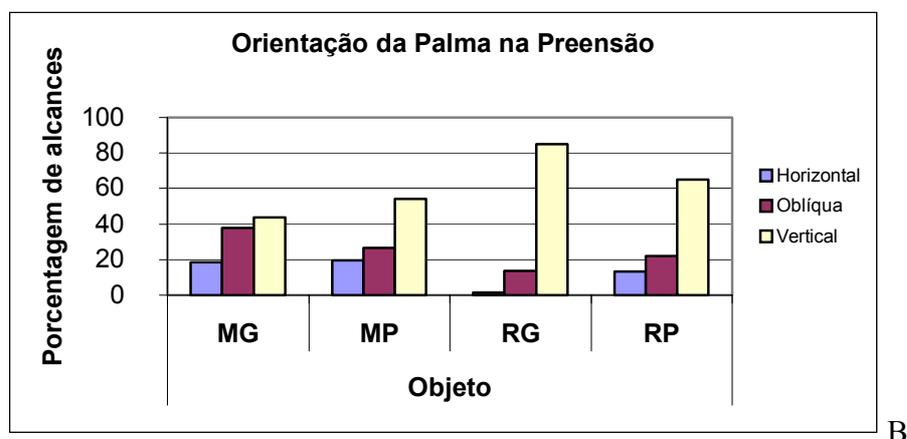
### Orientação da palma da mão no toque e na apreensão

As Figuras 23 A e B ilustram as porcentagens dos alcances quanto à orientação da palma da mão no toque e na apreensão do objeto, respectivamente, em função da rigidez e do tamanho dos objetos.



A

## Resultados



**FIGURA 23.** Porcentagem dos alcances quanto à orientação da palma da mão, em relação aos objetos rígido grande (RG), rígido pequeno (RP), maleável grande (MG) e maleável pequeno (MP). **A.** Orientação da palma no toque do objeto. **B.** Orientação da palma na apreensão do objeto.

A Figura 23A mostra que a orientação da mão no toque dos objetos foi predominantemente oblíqua para todos os objetos. A Figura 23B mostra que a predominância de orientação da mão na apreensão foi a vertical. O percentual de orientação da mão vertical, no entanto, foi maior para os objetos rígidos (RG e RP) e o percentual da orientação horizontal foi menor para a apreensão do objeto rígido grande (RG).

Constatou-se que não houve diferença significativa ( $\chi^2(6)=3,189$ ;  $p=0,785$ ) na orientação da mão no toque em relação aos objetos apresentados. Contudo, constatou-se diferença significativa da orientação da mão na apreensão ( $\chi^2(6)=17,876$ ;  $p=0,007$ ).

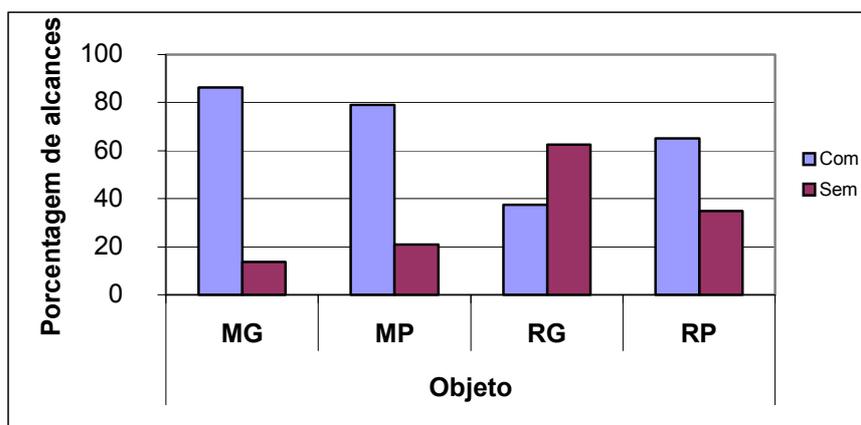
Constatou-se associação significativa entre as orientações da mão no toque e na apreensão para todos os objetos ( $p<0,001$ ). Nas Figuras 23 A e B, nota-se que a orientação da palma se modifica no momento do toque (horizontal ou oblíqua) para a apreensão (vertical) em relação a todos os objetos apresentados.

## Resultados

---

### 2.3.5 Apreensão dos objetos

A Figura 24 ilustra a porcentagem de alcance com e sem apreensão em função da rigidez e do tamanho dos objetos.



**FIGURA 24.** Porcentagem de alcance com e sem apreensão em relação aos objetos rígido grande (RG), rígido pequeno (RP), maleável grande (MG) e maleável pequeno (MP).

Observa-se, na Figura 24, que o percentual de alcance com apreensão foi maior para os objetos maleáveis (MP e MG), enquanto o percentual maior de alcances sem apreensão foi para os objetos rígidos (RG e RP).

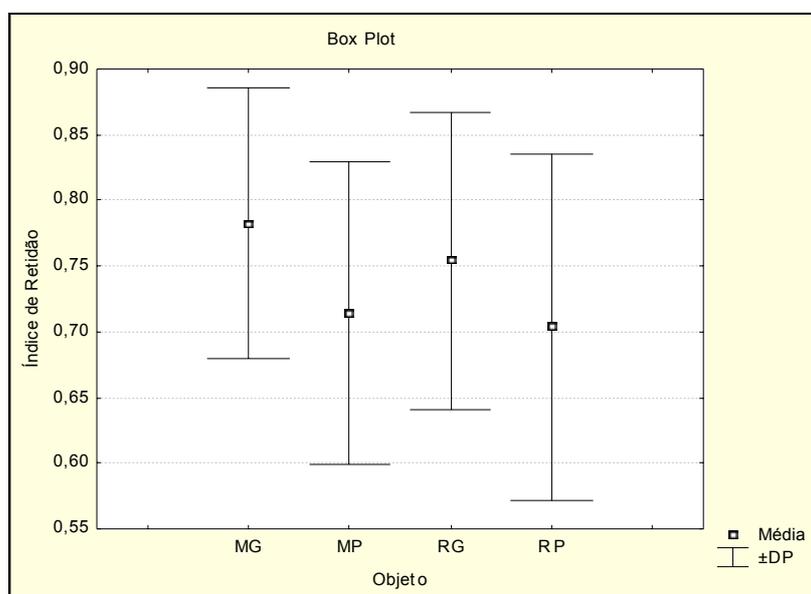
Constatou-se diferença significativa entre os alcances realizados com e sem apreensão em relação aos objetos apresentados ( $\chi^2(3)=55,006$ ;  $p<0,001$ ).

## Resultados

### 2.4 Efeito das propriedades dos objetos nas variáveis quantitativas (espaço-temporais) do alcance

#### 2.4.1 Índice de retidão

A Figura 24 ilustra os valores de média e desvio padrão do índice de retidão dos alcances realizados pelos lactentes em função da rigidez e do tamanho dos objetos.



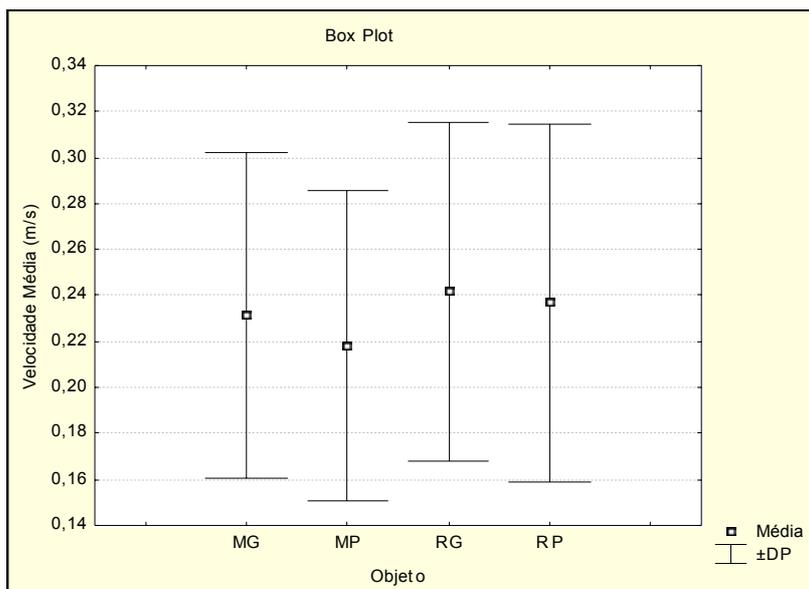
**FIGURA 25.** Média e desvio padrão dos índices de retidão em relação aos objetos rígido grande (RG), rígido pequeno (RP), maleável grande (MG) e maleável pequeno (MP).

A ANOVA revelou diferença significativa das médias do índice de retidão entre os objetos ( $F(3, 156)=3,959$ ;  $p=0,0094$ ). O teste de comparações múltiplas de Duncan revelou que o índice de retidão médio foi significativamente maior para o objeto maleável grande (MG) quando comparado aos objetos rígido pequeno (RP) e maleável pequeno (MP).

## Resultados

### 2.4.2 Velocidade Média

A Figura 26 ilustra valores de média e desvio padrão da velocidade média dos alcances realizados pelos lactentes em função da rigidez e do tamanho dos objetos.



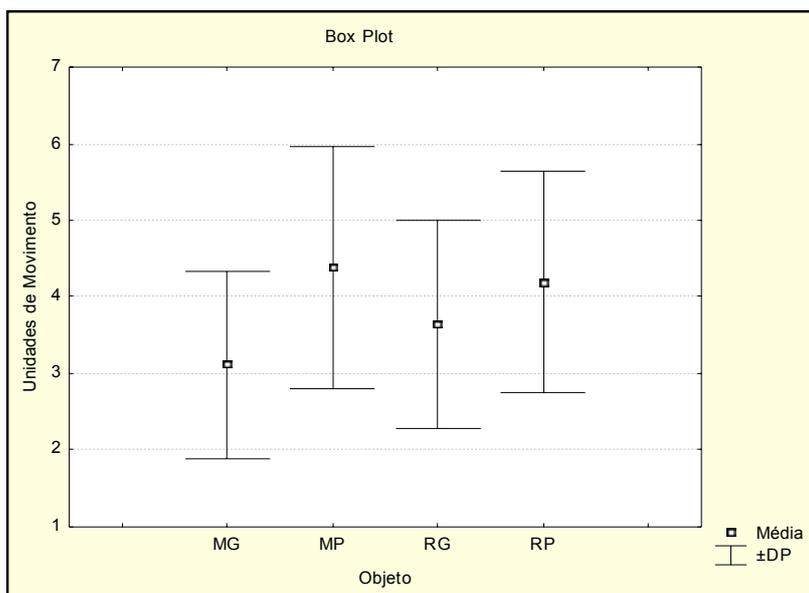
**FIGURA 26.** Média e desvio padrão da velocidade média em relação aos objetos rígido grande (RG), rígido pequeno (RP), maleável grande (MG) e maleável pequeno (MP).

A Figura 26 mostra que as médias da velocidade média são semelhantes para todos os objetos. A ANOVA não revelou diferença significativa da velocidade média entre os objetos ( $F(3, 156)=0,796$ ;  $p=0,4973$ ).

## Resultados

### 2.4.3 Unidades de Movimento

A Figura 27 ilustra os valores de média e desvio padrão do número de unidades de movimentos dos alcances realizados pelos lactentes em função da rigidez e do tamanho dos objetos.



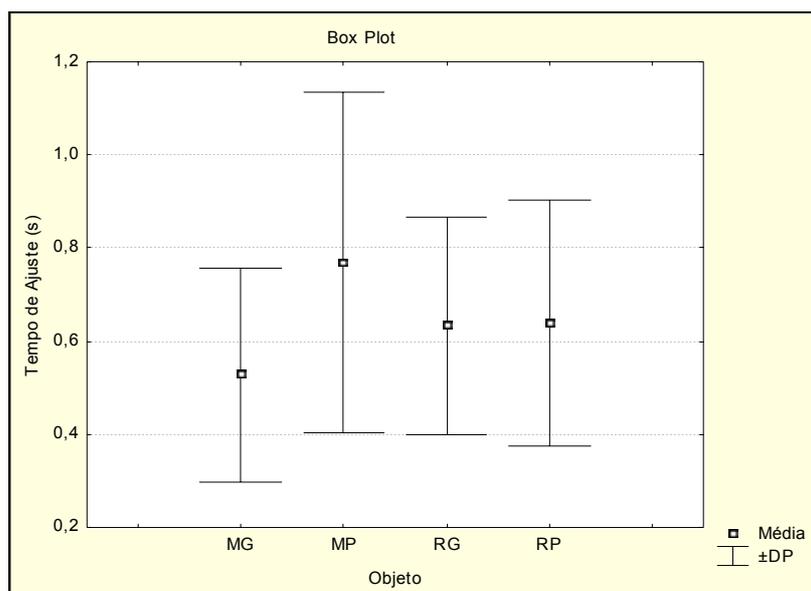
**FIGURA 27.** Média e desvio padrão do número de unidades de movimento em relação aos objetos rígido grande (RG), rígido pequeno (RP), maleável grande (MG) e maleável pequeno (MP).

A ANOVA revelou diferença significativa do número de unidades de movimento entre os objetos ( $F(3,156)=6,570$ ;  $p=0,0003$ ). No teste de comparações múltiplas de Duncan, verificou-se que o número médio de unidades de movimento foi significativamente maior para o objeto maleável pequeno (MP) em relação à média dos objetos grandes. Não houve diferença significativa entre as médias dos objetos pequenos.

## Resultados

### 2.4.4 Tempo de Ajustes

A Figura 28 ilustra valores de média e desvio padrão do tempo de ajustes dos alcances realizados pelos lactentes em função da rigidez e do tamanho dos objetos.



**FIGURA 28.** Média e desvio padrão do tempo de ajustes em relação aos objetos rígido grande (RG), rígido pequeno (RP), maleável grande (MG) e maleável pequeno (MP).

A ANOVA revelou diferença significativa no tempo de ajustes entre os objetos ( $F(3,156) = 5,044$ ;  $p = 0,0023$ ). No teste de comparações múltiplas de Duncan verificou-se que a média do tempo de ajustes do objeto maleável grande (MG) foi significativamente menor que a média do objeto maleável pequeno (MP). Para as demais comparações entre as médias dos objetos não houve diferença significativa.

**DISCUSSÃO**

## **DISCUSSÃO**

---

O presente estudo gerou evidências sobre o impacto das propriedades físicas dos objetos no desenvolvimento do alcance em lactentes de quatro a seis meses de idade. Os resultados demonstraram mudanças nas variáveis qualitativas e quantitativas (espaço-temporais) do alcance ao longo dos meses, bem como mudanças, nessas mesmas variáveis, sob a influência das propriedades físicas de tamanho e rigidez dos objetos.

A discussão deste estudo será apresentada em duas seções. A primeira discutirá as mudanças do alcance manual ao longo dos 4 aos 6 meses de idade e apresentará as explicações dos fatores que possivelmente nortearam essas mudanças. O segundo discutirá o impacto das propriedades dos objetos no alcance manual, independentemente da idade dos lactentes.

### **1. Mudanças do alcance manual ao longo dos 4 aos 6 meses de idade**

Um dos objetivos deste estudo de caráter longitudinal foi o de compreender o desenvolvimento do alcance a partir da identificação das mudanças nas variáveis qualitativas e quantitativas do alcance no período em que tal habilidade está sendo adquirida e aprimorada. Dessa forma, o estudo teve por objetivo identificar os limites (transição de fases) e a direção das mudanças nas variáveis do alcance, bem como explicar, a partir da Perspectiva dos Sistemas Dinâmicos, o processo que gerou tais mudanças ao longo do tempo.

Os resultados do presente estudo indicaram mudanças significativas na maioria das variáveis qualitativas e quantitativas ao longo dos meses. Tais

## **Discussão**

---

mudanças refletiram aprimoramento dos movimentos, ou seja, ganho de *performance* na faixa etária estudada.

### **1.1. Mudanças nas variáveis qualitativas do alcance ao longo dos meses**

Foi possível verificar que, ao longo dos 4 aos 6 meses de idade, os lactentes estudados foram capazes de responder aos estímulos, fato que pôde ser observado pelo aumento da frequência de alcance em relação ao número de estímulos apresentados. Os lactentes de 5 e 6 meses realizaram o movimento de alcance em praticamente todas as apresentações, independentemente do tamanho ou rigidez dos objetos; enquanto os de 4 meses realizaram um número limitado de alcances, sendo que cinco dos participantes desta idade não realizaram alcances para nenhum dos objetos apresentados. Aos 4 meses, eles fixavam o olhar, demonstrando interesse pelos objetos, mas moviam as mãos em direção à boca, ao peito ou faziam junção de mãos, em geral sem direcioná-las ao objeto. Esses resultados são concordantes com diversos autores (CORBETTA; THELEN, 1996; LEW; BUTTERWORTH, 1997; MCCARTY; AHMEAD, 1999; FALLANG; SAUGSTAD; HADDERS-ALGRA, 2000; CARVALHO, 2004; COELHO, 2004). Lew e Butterworth (1997) relataram que o desenvolvimento do alcance acontece logo após a aquisição do comportamento mão-boca, por volta dos 5 meses de idade. Corbetta e Thelen (1996) estudaram quatro lactentes, sendo que um fez alcances com 12 semanas, um com 15 semanas e dois com 20 semanas (aproximadamente 5 meses). Carvalho (2004) relata que, de 13 lactentes avaliados, somente cinco fizeram alcances aos 4 meses de idade. Coelho (2004), ao estudar o movimento de alcance em 12 lactentes saudáveis com idades de 4 a 6 meses, constatou que aos 4 meses os

## **Discussão**

---

lactentes apresentaram menor número de alcances quando comparados com os meses seguintes, indicando um aumento do número de alcances com a progressão etária.

Verifica-se, portanto, um consenso na literatura pesquisada em relação ao fato de que nem todos os lactentes são capazes de realizar alcance de objetos aos 4 meses de idade e que os lactentes que alcançam nesta idade apresentam frequências limitadas de respostas.

Ao longo dos meses os lactentes estudados, por sua vez, apresentaram mudanças na capacidade de responder aos estímulos apresentados, o que pode ser considerada uma obtenção de especificidade, ou seja, capacidade de executar movimentos direcionados aos objetos, que previamente não eram observadas. Tal inferência está de acordo com as idéias de Gibson (1967), que atribui a especificidade à capacidade do organismo em detectar as propriedades disponibilizadas pelo ambiente e gerar ações motoras apropriadas.

Os resultados deste estudo também explanam a fase de transição no desenvolvimento precoce do alcance. Na idade de 4 meses, é evidenciado um repertório motor variável caracterizado por movimentos que nem sempre são direcionados ao objeto. Aos 5 e 6 meses, ocorre maior número de direcionamentos do braço na tarefa de alcance. O desenvolvimento ocorre, portanto, por meio de um processo de transição de fases e seleção de movimentos de não-alcance para movimentos de alcance, e é possível que essas mudanças tenham ocorrido com base nas informações aferentes produzidas por experiências ao longo do tempo.

Quanto aos ajustes proximais dos membros superiores, pode-se verificar que os lactentes de 4 a 6 meses de idade apresentaram alta variabilidade, que foi particularmente evidenciada pela flutuação na escolha de estratégias unimanual versus bimanual. Esses resultados são consistentes com vários estudos (CORBETTA; THELEN, 1999; FAGARD;

## **Discussão**

---

LOCKMAN, 2005) que identificaram variabilidade nas estratégias uni e bimanual durante a apreensão ou exploração de objetos. De acordo com Fagard e Lockman (2005), essa variabilidade é característica de estágios iniciais de aprendizagem, até que um padrão preferido emerge, após repetições e aprendizagem.

Van Hof et al. (2005), por sua vez, verificaram que o grupo de lactentes de 3-5 meses de idade usou ambas as mãos para alcançar o objeto (4,5 cm de diâmetro), enquanto o grupo de 6-7 meses e o de 8-9 meses usaram predominantemente uma das mãos. Tais autores atribuíram tais resultados a uma preferência do lactente por certo ajuste de movimento, que foi induzida pela presença de controle dos movimentos dos braços disponível naquela época e pela percepção do lactente do que é alcançável e apreensível. Fagard (2000), ao avaliar 23 lactentes de 5 a 12 meses, também constatou que os lactentes mais jovens (5-6 meses) tenderam a fazer alcances bimanuais, enquanto os de 7-9 meses demonstraram preferência por alcances unimanuais. Segundo Fagard (1994), a incapacidade dos lactentes mais jovens de realizar ajustes unimanuais pode ser atribuída ao insuficiente controle principalmente de tronco superior, o qual seria necessário para manter a simetria corporal e permitir um livre movimento unilateral de braço.

Os alcances dos lactentes estudados, quando analisados sem considerar as propriedades dos objetos, apresentaram uma variedade de ajustes proximais ao longo dos meses, não apresentando necessariamente predominância significativa de um determinado ajuste em alguns dos meses. No período de 4 a 6 meses de idade, os lactentes provavelmente estão tendo experiências de diversos ajustes e, somente mais tarde, com o desenvolvimento, esses ajustes poderão tornar-se dominantes. Essa variabilidade de ajustes proximais parece torna-se

## **Discussão**

---

fundamental, visto que os lactentes dessa faixa etária demonstram uma flexibilidade de respostas que será importante para que eles possam utilizar estratégias adequadas para alcançar os objetos de propriedades físicas distintas.

Pode-se verificar que, ao longo dos meses, houve mudanças na preferência manual dos lactentes estudados. Constatou-se que aos 4 meses a preferência de alcançar foi com a mão esquerda, e aos 5 e 6 meses houve troca de preferência manual para a direita. Contudo, é notável que a frequência de estratégia com a mão direita não aumentou linearmente no referido período de vida, visto que a maior frequência de alcance com a mão direita foi aos 5 meses. Esses resultados estão de acordo com Fagard e Lockman (2005), que verificaram um padrão mais estável de preferência da mão direita com o aumento da idade, também identificado por uma seqüência não-linear. Newell et al. (1989) e Corbetta e Thelen (1999), constataram inconsistente (variável) preferência manual no alcance de objetos em lactentes no primeiro ano de vida. Corbetta e Thelen (1999), apesar de terem verificado variações individuais de preferência da mão, destacaram que os lactentes avaliados apresentaram períodos de maior tendência de alcance com a mão direita. Em contraste, Von Hofsten (1982, 1984) verificou que lactentes com idade entre 1 e 19 semanas realizaram, predominantemente, movimentos de pré-alcance com a mão direita. Do mesmo modo, Fagard e Jacquet (1989) constataram essa predominância nas crianças avaliadas com idade de 7 a 24 meses.

Portanto, nota-se pelos resultados de diversos estudos que há uma grande variabilidade e troca de preferência manual ao longo dos meses. Segundo Fagard e Lockman (2005), essa variabilidade na preferência do uso da mão será reduzida quando os lactentes necessitarem de maior precisão na tarefa, por exemplo, quando iniciarem atividades gráficas.

## **Discussão**

---

Dessa forma, os resultados do presente estudo não permitem inferências preditivas quanto à manutenção da preferência manual à direita, visto que houve uma troca de preferência da esquerda para a direita do quarto para o quinto mês de vida. É possível que a preferência lateral ainda possa ser modificada, pois ela é influenciada tanto pela tendência do organismo (dominância inata), quanto pela prática e experiências em alcançar, apreender e manipular objetos ao longo do desenvolvimento. Futuros estudos devem ser realizados com os mesmos lactentes estudados para verificar se essa preferência em usar a mão direita para alcançar os objetos, atingida aos 5 e 6 meses, permanece ao longo dos anos.

Mudanças também foram verificadas, ao longo dos meses, quanto aos ajustes distais de abertura da mão no início e no final do alcance. Pode-se notar que a mão semi-aberta no início do movimento foi predominante em todo o período avaliado. O ajuste no final do movimento, apesar de predominantemente ocorrer com a mão semi-aberta, diminuiu com a idade, enquanto a característica mão aberta aumentou. Nota-se, também, que o posicionamento dos dedos fechados não foi característico dos lactentes estudados nessa faixa etária. Os resultados demonstraram que, para a variável de abertura da mão no final do movimento, houve transição de fases em uma direção mais linear, o que ilustra que os lactentes aumentaram gradativamente a extensão dos dedos para tocarem os objetos. Este aumento pode estar relacionado com o aumento da capacidade do lactente em ativar os músculos extensores dos dedos em antecipação ao toque, chegando ao objeto com as mãos mais abertas do que ao iniciar o movimento. Essas mudanças de características de ajustes do início e final do alcance suportam a hipótese de que o movimento da mão do lactente é direcionado ao objeto de maneira intencional, visto que a extensão dos dedos foi maior no final do que no início do

## **Discussão**

---

movimento. Não foram encontrados estudos que avaliassem a mudança de abertura da mão no início e final do alcance e que pudesse, então, suportar os resultados do presente estudo. Von Hofsten (1984) evidenciou que os lactentes de 1 a 4 e de 10 a 19 semanas tenderam a deixar a mão aberta durante toda a trajetória do movimento até tocar o objeto. No presente estudo, apenas o início (primeiro *frame* de deslocamento do membro) e o final do movimento (*frame* em que o objeto foi tocado) foram quantificados. Pode-se observar, porém, que os lactentes tenderam a manter os dedos estendidos durante toda a trajetória do movimento.

Constatou-se que a orientação horizontal da mão no toque foi maior aos 4 meses, diminuiu aos 5 e aumentou aos 6 meses. A orientação oblíqua foi predominante em todos os meses, e a vertical aumentou dos 4 aos 5 meses, mantendo-se estável do quinto para o sexto mês. Nota-se, também, que aos 6 meses, apesar da orientação da mão no toque ser predominantemente oblíqua, as orientações vertical e horizontal tornam-se expressivas (Figura 13 A). Esses resultados não estão de acordo com Fagard (2000), que constatou que a orientação horizontal diminui e a vertical aumenta substancialmente com o aumento da idade. Os resultados do presente estudo mostram que os lactentes, principalmente aos 6 meses, estão exercitando uma variedade de orientação das mãos, inclusive usando também a orientação horizontal, o que pode ser considerado importante para que eles possam orientar as mãos em função das propriedades de objetos e em situações cotidianas diversas. Dessa forma, ao serem capazes de orientar a mão em pronação, supinação, ou mantê-la em posição intermediária (oblíqua), os lactentes terão facilidade em realizar ajustes mais precisos e coerentes com as exigências da tarefa. O processo de desenvolvimento da orientação da mão no alcance manual parece, portanto, ser marcado pela variabilidade e pela seleção de uma orientação que, embora

## **Discussão**

---

possa ser eventualmente mais predominante, é sempre executada por meio de movimentos realizados em diferentes orientações. Assim, não podemos considerar que a orientação horizontal diminui gradativamente ao longo dos meses, como relatado por Fagard (2000), mas, sim, que essa orientação pode ser realizada com mais ou menos frequência ao longo dos meses, podendo ser escolhida em função da característica dos objetos apresentados e da manipulação dos mesmos.

Constatou-se, também, que os lactentes mudaram suas estratégias de orientação da mão, do toque para a apreensão, para melhor ajustar a configuração da mão aos objetos. Observou-se que a orientação da mão na apreensão passou a ser predominantemente vertical em todos os meses, o que mostra que para apreender os objetos, a posição vertical da mão parece ser a preferida pelos lactentes e a mais funcional. A capacidade de mudança de orientação da mão do toque para a apreensão parece indicar que os lactentes são capazes de realizar ajustes compensatórios. Tal evidência sugere que a informação tátil serviu para direcionar uma nova ação. Autores apresentam diversificadas atribuições ao tipo de informação utilizada pelos lactentes para guiar suas ações. Von Hofsten e Rönnqvist (1988) ressaltam que a informação visual guia os movimentos de alcance em todas as idades. Newell et al. (1989) e Lockman et al. (1984) verificaram que lactentes de 4-5 meses de idade ajustaram a configuração das mãos no momento que tocaram o objeto, usando predominantemente as informações do sistema tátil, enquanto os lactentes de 8-9 meses ajustaram em antecipação ao toque, usando predominantemente as informações visuais.

Entretanto, a partir dos resultados do presente estudo, pode-se sugerir que os lactentes estudados na faixa etária de 4 a 6 meses não utilizaram apenas a informação visual para alcançar e apreender os objetos, como proposto por Von Hofsten e Rönnqvist (1988), mas,

## **Discussão**

---

também, a informação tátil e proprioceptiva. As informações visual e a proprioceptiva foram necessárias para o ajuste antecipatório (antes do toque) e para o ajuste compensatório (após o toque), a informação tátil também foi necessária. Parece que o contato da mão no objeto reforçou a informação do objeto, o que fez os lactentes, em todas as idades, ajustar a configuração da mão para apreender o objeto com maior precisão. Dessa forma, tais resultados avigoram o que Gibson (1995) preconiza sobre a informação que guia a ação, ou seja, a informação diz ao indivíduo o que deve ser feito e como deve ser feito. Segundo Gibson (1995), quanto mais sistemas perceptuais são recrutados para levantar informações sobre o objeto (por exemplo, percepção do objeto pelo toque), maiores serão as descobertas de novas *affordances*. Tal afirmação poderia explicar o fato de os lactentes terem sido efetivamente capazes de usar as informações visual, proprioceptiva e tátil para ajustar seus movimentos.

Mais uma vez, evidencia-se uma transição de fases, não somente ao longo dos meses, mas também pela troca de movimentos do toque para apreensão. Essa inferência nos ajustes, observada durante o desenvolvimento do alcance, reforça os princípios da Perspectiva dos Sistemas Dinâmicos de que o processo contínuo de informação aferente e exploração resultam na seleção de um padrão de movimento mais eficiente (HADDERS-ALGRA, 2000a).

Quanto à variável apreensão dos objetos, pode-se verificar aumento na frequência de apreensão com o aumento da idade. Esses resultados estão de acordo com diversos estudos (SAVELSBERGH; VAN DER KAMP, 1994; FAGARD; PEZÉ, 1997; OUT, et al., 1998; THELEN; SPENCER, 1998; VAN DER FITS; HADDERS-ALGRA, 1998) que verificaram que os lactentes aumentam a capacidade de apreender objetos ao longo dos meses.

## **Discussão**

---

Acredita-se que o aumento da capacidade de apreender os objetos seja devido às mudanças estruturais e funcionais do organismo, como enfatizado pelos princípios da Perspectiva dos Sistemas Dinâmicos (NEWELL, 1984; 1986; THELEN, 1995). Dessa forma, deve-se levar em consideração as mudanças antropométricas das mãos, que possivelmente ocorreram ao longo dos meses, facilitando a configuração das mãos aos objetos e, conseqüentemente, promovendo a apreensão dos mesmos, bem como, o aumento do controle da musculatura intrínseca e interóssea da mão. Pode-se inferir que ao longo dos meses, os lactentes exploraram diferentes movimentos de flexo-extensão dos dedos na tentativa de apreender os objetos, o que pode ter conduzido ao aumento do controle dos seus movimentos. Tal inferência está de acordo com os relatos de BLY (1994), de que a capacidade de apreender objetos está relacionada ao aumento do controle muscular das mãos.

As mudanças ao longo dos meses, observadas na configuração das mãos dos lactentes ao alcançarem e apreenderem objetos, reforçam a relevância das novas visões de desenvolvimento motor, que enfatizam o papel da exploração-seleção para encontrar soluções para demandas de novas tarefas. Isso significa que crianças têm que unir padrões adaptáveis para modificar a dinâmica do movimento atual (THELEN, 1995). A suposição é de que os lactentes são motivados por uma tarefa, e o desejo de atingir a meta faz com que eles, ao longo dos meses, explorem e selecionem a melhor forma de executar a ação.

## **Discussão**

---

### **1.2 Mudanças nas variáveis quantitativas (espaço-temporais) do alcance ao longo dos meses**

Quanto às variáveis quantitativas do alcance, constataram-se mudanças no índice de retidão ao longo dos meses. O índice de retidão foi menor aos 4 meses do que aos 5 e 6 meses, ou seja, com o aumento da idade, o lactente realizou o alcance em uma menor trajetória e esta tornou-se mais retificada. Uma trajetória mais retilínea indica refinamento no transporte da mão, o que requer correta percepção de distância e envolve organização dos movimentos articulares proximais (ombro e cotovelo) (KUHTZ-BUSCHBECK et al., 1998). Essa tendência no desenvolvimento foi identificada por outros pesquisadores (VON HOFSTEN, 1979, 1991; MATHEW; COOK, 1990; KONCZAK; BORUTTA; DICHGANS, 1997), revelando que os lactentes, ao longo dos meses, apresentam direcionamento mais acurado do braço ao objeto (MATHEW; COOK, 1990). Entretanto, esses achados diferem dos encontrados por Fetters e Todd (1987) e Newman, Atkinson e Braddick (2001), que evidenciaram ausência de mudanças no índice de retidão com a idade. Fetters e Tood (1987) argumentaram que a ausência de mudanças na trajetória de alcance pode ser atribuída às diferenças nas tarefas utilizadas pelos diferentes estudos, como, por exemplo, a maneira de apresentar os objetos e as diferentes frequências de coleta de dados cinemáticos. Segundo Coelho (2004), a baixa frequência de coleta de dados pode aumentar a possibilidade de erros de mensuração e influenciar o cálculo do índice de retidão. Fetters e Tood (1987) usaram uma frequência de coleta de 100 Hz, enquanto Von Hofsten (1979) utilizou uma frequência de 10 Hz. Estudos posteriores de Mathew e Cook (1990), Von Hofsten (1991) e Newman, Atkinson e Braddick (2001) utilizaram uma frequência de 50 Hz e, no presente estudo, utilizou-se uma

## **Discussão**

---

freqüência de coleta de 60 Hz. Observando os valores de freqüência dos referidos estudos, este não parece ser o principal fator que justifique as discrepâncias dos resultados, visto que Von Hofsten (1979), que utilizou a menor freqüência, também verificou aumento no índice de retidão com o decorrer da idade do lactente. Entretanto, ao avaliarmos as metodologias dos estudos apresentados, parece que outros fatores podem ter contribuído para a diferença encontrada. Newman, Atkinson e Braddick (2001) posicionaram o lactente sentado no colo do examinador, e este restringiu (segurou) gentilmente uma das mãos do lactente. No estudo de Feters e Todd (1987), o lactente foi posicionado em uma cadeira reclinada a 70° e o objeto foi apresentado em diferentes distâncias (próxima e distante do lactente) sobre uma mesa que parcialmente cercou o lactente. Nos estudos de Von Hofsten (1979, 1991), Konczak, Borutta e Dichgans (1997) e Mathew e Cook (1990), o lactente foi sentado em uma cadeira na qual o tronco permanecia estabilizado e os movimentos dos membros superiores ficavam livres. Pode-se sugerir, portanto, que o local onde o lactente foi posicionado, a restrição de um de seus membros e a modificação na distância de apresentação do objeto podem ter alterado a trajetória dos movimentos do braço, resultando na diferença encontrada.

A velocidade média também foi modificada ao longo das avaliações longitudinais. Constatou-se um aumento significativo da velocidade aos 6 meses de idade em comparação com meses anteriores. Esses resultados são semelhantes aos de Mathew e Cook (1990), que verificaram que a velocidade aumentou dos 4 meses e meio aos 6 meses de idade, não atingindo, porém, a proximidade da velocidade de adultos.

A partir da evidência de que a velocidade aumenta com a idade, pode-se inferir que os lactentes gradativamente aprenderam como dominar as forças biomecânicas, controlando a

## **Discussão**

---

atividade muscular e a velocidade de movimento para a demanda da tarefa. Segundo Thelen, Corbetta e Spencer (1996), o aumento da velocidade do braço no espaço conduz à exploração de movimentos e permite a descoberta de uma velocidade apropriada para atingir um determinado objetivo. Sendo assim, os lactentes deste estudo parecem ter descoberto uma forma de aumentar a velocidade para alcançar os objetos apresentados, e esse aumento pode ser considerado uma das características de movimento habilidoso. Isso suporta a descrição de Newell (1996) de que a habilidade consiste na capacidade de resolver problemas motores de forma correta e rápida, ou seja, com máxima certeza e em um menor tempo.

As unidades de movimento também foram modificadas ao longo dos meses nos lactentes avaliados, o que foi observado pela diminuição no número de unidades de movimentos dos 4 para os 5 meses e pela manutenção dos valores de 5 para 6 meses. Esses resultados demonstram que, aos 5 e 6 meses, os lactentes realizaram menos ajustes durante a trajetória do braço no espaço, realizando movimentos mais contínuos e com menos correções entre a posição da mão e o objeto. Resultados similares foram encontrados nos estudos de Mathew e Cook (1990) e Fallang, Saugstad e Hadders-Algra (2000) em lactentes com idade entre 4 e 7 meses. Segundo Mathew e Cook (1990), embora as unidades de movimentos tenham diminuído com a idade, elas não chegaram a uma característica de movimento contínuo (uma única unidade de movimento), como observado em adultos. Contrariamente, Fetters e Todd (1987), ao apresentarem o objeto em diferentes distâncias (próximas e distantes), evidenciaram ausência de mudanças na frequência de unidades de movimento em lactentes com 5, 7 e 9 meses. Diante do exposto, pode-se sugerir que a informação disponibilizada pelas diferentes distâncias dos objetos apresentados aos lactentes levou a

## **Discussão**

---

diferentes ajustes de movimentos dos membros, o que provavelmente induziu as oposições nos resultados.

Quanto ao tempo de ajuste (tempo de desaceleração), pode-se verificar que, apesar da tendência em diminuir ao longo dos meses, este não foi modificado significativamente no período estudado. Parece que os lactentes utilizaram uma grande variedade de tempo de desaceleração até tocar os objetos, ou seja, realizaram ajustes finais em diferentes tempos. Provavelmente, nesse período de vida eles exploram diferentes tempos para que, nos meses posteriores, eles possam selecionar um tempo adequado para ajustar a trajetória até tocar os objetos. Não podemos prever se nos meses seguintes o tempo gasto em ajustes no final da trajetória do alcance irá diminuir ou aumentar. Ao tornarem-se mais habilidosos, os lactentes podem selecionar um tempo menor de ajustes, atingindo seus objetivos com maior rapidez sem necessariamente realizar muitas correções ou, ainda, podem aumentar o tempo em desaceleração por tornarem-se mais cautelosos. Além disso, é possível que o tempo em desaceleração dependa da exigência da tarefa, ou seja, quanto maior a exigência da tarefa a ser executada, maior será o tempo gasto em desaceleração no final do movimento.

Apesar das diferenças metodológicas entre os diversos estudos, que provavelmente existem e, conseqüentemente, conduzem a diferentes resultados, pode-se verificar, de maneira geral, que ao longo dos meses houve aprimoramento dos movimentos de alcance. Os lactentes apresentaram alcances manuais com trajetórias mais retilíneas, menos unidades de movimentos e com maior velocidade.

Todas essas mudanças observadas nas variáveis cinemáticas do alcance refletem maior controle dos movimentos e conseqüente ganho de *performance*, o que é consistente com

## **Discussão**

---

estudos prévios que registraram aprimoramento do alcance com a idade (HALVERSON, 1933; MATHEW; COOK, 1990; VON HOFSTEN, 1991; THELEN; CORBETTA; SPENCER, 1996). Os estudos de Halverson (1933), Mathew e Cook (1990) e Von Hofsten (1991) sugerem que, ao longo do tempo, os lactentes ganham mais controle nos seus movimentos sob influência da prática em executar movimentos, promovendo, assim, mudanças nas variáveis cinemáticas. Contudo, tais estudos não deixam claro o motivo pelo qual a prática pode conduzir à melhora de comportamento. Uma ampliação do entendimento do processo de mudanças subjacente à prática foi desenvolvida nos estudos de Thelen e colaboradores, os quais empregaram os princípios da Perspectiva dos Sistemas Dinâmicos (THELEN et al., 1993; THELEN; CORBETTA; SPENCER, 1996; THELEN; SMITH, 1998). Com base nessa perspectiva, é possível sugerir que as mudanças observadas nas variáveis cinemáticas do alcance ocorreram devido ao aumento da capacidade dos lactentes em captar as informações disponibilizadas pelos objetos e gerar ações motoras apropriadas. Tal suposição é reforçada pela idéia de Gibson (1995) de que a percepção guia a ação e a ação refina a percepção. Dessa forma, parece que a prática de movimentos diversificados durante dias, semanas e meses de vida é o que provavelmente permite ajustes dos movimentos dos membros superiores, levando, assim, ao aprimoramento das ações dos lactentes.

Neste estudo, aos 4 meses de idade, praticamente todos os lactentes apresentaram baixa *performance* de alcance, o qual foi caracterizado pelo baixo índice de retidão, maior frequência de unidades de movimentos e trajetórias mais lentas. Isso indica que, devido ao fato de tal movimento estar apenas emergindo, ele não foi praticado suficientemente para ser aprimorado. Provavelmente, muitos componentes do organismo tiveram que ser modificados

## **Discussão**

---

para que os lactentes realizassem alcances mais refinados nos meses seguintes. Desses componentes, destacam-se a atenção visual aos objetos, melhor acuidade visual, aumento na capacidade cognitiva, desenvolvimento do sistema exploratório manual (GIBSON, 1995) e aumento do controle postural (FALLANG; SAUGSTAD; HADDERS-ALGRA, 2000), que possibilita ações mais aprimoradas dos braços em direção aos objetos. Acredita-se, portanto, que as mudanças observadas nas variáveis cinemáticas do alcance ao longo dos meses ocorreram devido à complexidade de influências e à interação de vários sistemas (perceptuais e motores), o que coletivamente determinou as possibilidades de ação dos lactentes. De fato, somente com a prática de movimentos dos braços atinge-se a complexidade de interações de vários sistemas que possibilitam o controle dos movimentos. Dessa forma, o aumento da rapidez, suavidade e retidão, observadas na trajetória dos movimentos direcionados aos objetos, parecem ser reflexos do aumento do controle do movimento ao longo do tempo.

Notavelmente, houve aumento de complexidade e refinamento do alcance ao longo dos 4 aos 6 meses de idade, representado pelas mudanças nas variáveis cinemáticas. No entanto, a evolução ao longo do tempo não obedeceu necessariamente um aumento ou diminuição gradual e linear. Os lactentes apresentaram, em determinados meses, pontos de transição que foram evidenciados por períodos de rápida mudança (aumento ou diminuição) seguidos de permanência em um platô. Esses resultados são consistentes com os princípios da Perspectiva dos Sistemas Dinâmicos de que, durante o desenvolvimento, uma série de padrões evolui ao longo do tempo e são identificados por períodos de transição de fases (THELEN; SMITH, 1998; THELEN; SPENCER, 1998). Tal transição pode ser marcada por períodos de maior instabilidade ou estabilidade. Nos períodos de instabilidade, os movimentos podem ser

## **Discussão**

---

modificados, sendo evidenciados por mudanças nas variáveis analisadas. Em contraste, as variáveis podem permanecer em platôs quando os movimentos forem estáveis. A análise das variáveis cinemáticas deste estudo indica que a transição de fase mais evidente – quando houve aumento ou diminuição dos parâmetros – ocorreu do quarto para o quinto mês. Aos 6 meses, por outro lado, as variáveis permaneceram com valores próximos aos atingidos aos 5 meses, apresentando leve redução. Para essas variáveis, portanto, o período do quinto para o sexto mês parece ser um período de maior estabilidade. Nota-se, ainda, que a velocidade média e o tempo de ajuste tiveram cursos diferentes das demais, visto que houve um aumento aparentemente linear evidenciado pelo aumento nas médias das velocidades e diminuição do tempo de ajuste com o aumento da idade. Sendo assim, não foi possível verificar um ponto marcante de transição para essas variáveis na faixa etária estudada. Contudo, se os lactentes fossem acompanhados por mais alguns meses, esse ponto de transição possivelmente seria revelado.

Os resultados deste estudo indicam que as mudanças no desenvolvimento do alcance podem ter diferentes frequências e direções, ou seja, algumas mudanças podem ser não-lineares com pico em queda ou em elevação. Dessa forma, não é possível fazer forte inferência de que todas as variáveis analisadas no desenvolvimento terão um curso desenvolvimental gradual e linear; contudo, podemos descrever tanto a tendência comportamental predominante dessas variáveis como sua estabilidade e mudanças.

Em termos dinâmicos, a transição de fases no desenvolvimento é explicada pela relação dinâmica entre a tendência de organização existente no organismo e as influências ambientais que modulam a aquisição e o refinamento dos comportamentos motores (ROCHA; TUDELLA, 2003). Sendo assim, o lactente apresenta um sistema que se auto-organiza no

## **Discussão**

---

curso do seu desenvolvimento, apresentando, em cada momento, um estado relacional entre o organismo e o ambiente (ROCHA; TUDELLA; BARELA, 2005).

O fator idade não deve, portanto, ser interpretado como um componente único ou isolado no desenvolvimento do alcance. Conforme enfatizado por Van der Kamp, Oudejans e Savelsbergh (2003), as mudanças no desenvolvimento emergem pela interação dinâmica de múltiplos fatores, não por uma única causa, seja genética ou ambiental, pois todos os fatores e contextos determinam mudanças no desenvolvimento. Ao longo dos meses, os lactentes são submetidos a experiências e práticas variadas, exploram suas próprias ações e o ambiente. Isso tudo conduz ao aumento das capacidades perceptuais, ao controle de suas ações e, conseqüentemente, a movimentos mais adaptativos e eficientes. Sendo assim, as idéias de Thelen et al. (1993), de que avaliar mudanças sobre o tempo permanece essencial para a descrição de processos adaptativos devem ser consideradas. Além disso, avaliar os movimentos de alcance em relação às informações das propriedades físicas dos objetos também parece ser essencial para descrever os processos adaptativos e, por isso, este foi um dos objetivos deste estudo.

### **2. Efeito das propriedades dos objetos no alcance manual**

#### **2.1 Efeito das propriedades dos objetos nas variáveis qualitativas do alcance**

Não foi constatada, neste estudo, diferença significativa na frequência de respostas de alcances e não-alcances em relação às propriedades físicas dos objetos no período de 4 a 6 meses. Isso quer dizer que, independentemente do tamanho e da rigidez dos objetos

## **Discussão**

---

apresentados, os lactentes apresentaram semelhante frequência de alcances. Por outro lado, Newman, Atkinson e Braddick (2001), ao avaliarem lactentes com idades de 5 a 15 meses, verificaram que o grupo de 8 meses e meio a 12 meses mostrou maior frequência de alcances para os objetos pequenos em relação aos grandes. Tais autores sugerem que os lactentes dessa faixa etária preferem objetos pequenos devido ao fato de apresentarem melhora no controle dos movimentos finos, maturação das vias neurais envolvidas na apreensão e melhora na cognição, o que torna os lactentes capazes de usar a informação visual para prever qual objeto será facilmente manipulado. Com base nessas suposições, pode-se inferir que a preferência do lactente poderá ser adquirida em etapas posteriores do desenvolvimento, quando houver aumento ainda maior da competência motora dos lactentes. Considera-se, ainda, que será necessária não somente a maturação das vias neurais, como proposto por Newman, Atkinson e Braddick (2001); serão necessárias, também, mudanças do organismo como um todo, tais como mudanças antropométricas das mãos, que facilita a apreensão dos objetos, aumento do controle muscular, além da intenção do lactente em apreender os objetos preferidos.

O presente estudo disponibiliza evidências de que as propriedades de tamanho e rigidez dos objetos influenciaram tanto os ajustes proximais quanto os distais do alcance de lactentes de quatro a seis meses de idade, confirmando, assim, as hipóteses previamente levantadas.

Verifica-se que os lactentes guiaram seus movimentos a partir da informação visual do tamanho e da rigidez dos objetos, realizando ajustes proximais bimanuais para o objeto rígido grande (RG) e unimanuais para os objetos pequenos (MP e RP), conforme esperado. Os resultados que indicam a influência do tamanho nos ajustes proximais estão de acordo com

## **Discussão**

---

estudo de Newell et al. (1989). Tais autores verificaram que lactentes de 4-5 meses de idade foram capazes de usar uma mão para pegar um objeto pequeno e duas para pegar um objeto grande, sugerindo que o comportamento do lactente não é inflexível, mas, sim, funcionalmente adaptativo à restrição de tarefa. Em contraste, Fagard (2000) e Corbetta, Thelen e Johnson (2000) verificaram que o desenvolvimento da capacidade do lactente em realizar ajustes proximais em relação ao tamanho ocorre somente por volta dos 8-9 meses. Fagard (2000) atribui tais resultados ao controle insuficiente principalmente de tronco superior, o qual seria necessário para manter a simetria corporal e permitir livre movimento de braço. No presente estudo, o insuficiente controle de tronco não foi considerado como um fator que possa ter influenciado os ajustes dos movimentos dos lactentes, visto que a cadeira de teste permitiu o apropriado suporte de tronco, possibilitando o livre movimento de braços. Sendo assim, os resultados do presente estudo revelam que os lactentes jovens foram capazes de perceber as *affordances* dos objetos, bem como gerar ações motoras apropriadas. Tal suposição reforça a idéia de Gibson (1995), que defende o princípio de percepção-ação. É possível sugerir, portanto, que a prática de movimentos diversificados durante dias, semanas e meses de vida foi o que provavelmente conduziu ao refinamento das ações dos lactentes e permitiu ajustes dos movimentos dos membros superiores.

Referente à rigidez dos objetos, pode-se constatar que o objeto maleável ofereceu ao lactente a opção de usar as duas ou apenas uma mão para alcançar e apreender os objetos, mesmo o objeto sendo grande. Esse resultado está de acordo com o estudo de Corbetta, Thelen e Johnson (2000). Em tal estudo, entretanto, os pesquisadores verificaram que tais ajustes ocorreram apenas em lactentes por volta dos 8 e 9 meses de idade, quando a restrição intrínseca foi reduzida. No presente estudo, acredita-se que lactentes mais jovens – de 4 a 6

## **Discussão**

---

meses, não apresentam restrição intrínseca que os impeçam de realizar ajustes proximais, visto que eles possuem padrões flexíveis de movimento que se adaptam às condições de diferentes objetos.

A preferência manual foi predominante à direita para todos os objetos apresentados. Além disso, a porcentagem de uso da mão direita parece ter sido maior para alcançar os objetos pequenos. O alcance de objetos pequenos parece exigir maior precisão na trajetória, sugerindo que os lactentes podem apresentar tendência em usar a sua mão preferida ao alcançarem os objetos que possivelmente exigem maior precisão dos movimentos. Essa inferência está de acordo com as idéias de Fagard e Lockman (2005), que sugerem que, ao aumentar o nível de precisão da tarefa, ocorre a diminuição da variabilidade no uso da mão, ou seja, a restrição da tarefa modula esta escolha. Em suma, acredita-se que quando o alcance requer mais precisão, a variabilidade no uso da mão diminui e o uso de uma das mãos (preferida) torna-se mais claramente observado.

Pode-se constatar que as propriedades intrínsecas dos objetos também influenciaram os ajustes distais do alcance no período estudado. Os lactentes ajustaram a abertura da mão em relação ao tamanho e rigidez dos objetos somente no final do movimento, o que foi observado pela predominância de mão aberta para o objeto rígido grande (RG), confirmando, assim, a hipótese levantada. Esse resultado está de acordo com Jakobson e Goodale (1991), que demonstraram que a abertura da mão aumenta com o tamanho do objeto. Acredita-se que a mão deveria estar mais aberta para permitir a apreensão do objeto RG, o que não seria necessário para apreender os objetos maleáveis, mesmo que grandes, visto que suas características físicas facilitam a entrada dos dedos dentro dos fios de lã, mesmo com as mãos semi-abertas. Essa mesma atribuição pode ser feita para a apreensão dos objetos (sucesso do

## **Discussão**

---

alcance), visto que os objetos maleáveis eram mais facilmente apreendidos e mantidos nas mãos para serem explorados. Esses resultados estão de acordo com Corbetta, Thelen e Johnson (2000), que afirmam que o objeto que não tem forma densa pode facilitar a apreensão. Essa evidência pode ser particularmente interessante no que se refere à intervenção fisioterapêutica, pois o comportamento de apreensão de objetos é difícil de ser obtido em crianças com distúrbios neuromotores.

Foi possível verificar, também, que a orientação da mão no momento do toque foi predominantemente oblíqua, independentemente das propriedades dos objetos. Entretanto, para apreender os objetos, os lactentes mudaram seus ajustes, passando a utilizar a orientação vertical, principalmente para o objeto RG. De fato, os lactentes praticamente não utilizaram a orientação horizontal para tal objeto. Nota-se, portanto, que a orientação vertical parece ser a mais funcional para a apreensão voluntária e que a orientação horizontal parece não ser adequada para apreender o objeto RG, pois este exigiria do lactente disposição alternada dos membros superiores (uma mão sobre e acima do objeto, e a outra sob e abaixo o mesmo) para manter o objeto RG nas mãos. Vale ressaltar que poucos estudos avaliaram o ajuste distal correspondente à orientação da mão, sendo que nenhum estudo identificado avalia ajustes entre o toque e a apreensão dos objetos ou utiliza objetos esféricos de diferentes tamanhos e rigidez.

Von Hofsten e Fazel-Zandy (1984), ao avaliarem ajustes na orientação da mão utilizando como estímulos barras dispostas na vertical e na horizontal, evidenciaram que lactentes de 4 meses e meio de idade realizaram ajustes de orientação da mão em direção à orientação da barra antes mesmo de tocá-las. Dessa forma, tanto no estudo de Von Hofsten e Fazel-Zandy (1984) quanto no presente estudo, demonstrou-se que lactentes jovens mudaram

## **Discussão**

---

suas estratégias para melhor ajustar a configuração da mão às propriedades e disposição dos objetos. Entretanto, no primeiro estudo, os lactentes ajustaram a palma das mãos antes do toque; enquanto, neste, os lactentes ajustaram a orientação das mãos também após o toque do objeto. Isso provavelmente deve-se ao fato de que os lactentes precisaram da informação tátil adicional do tamanho e rigidez dos objetos, além das informações visual e proprioceptiva da relação do tamanho e orientação da mão com o objeto. Tais resultados avigoram o que Gibson (1995) preconiza sobre a informação que guia a ação, ou seja, a informação diz ao indivíduo o que deve ser feito e como deve ser feito. Segundo Gibson, o requerimento de mais sistemas para levantar informações induz a descoberta de novas *affordances*. Os resultados do presente estudo revelam, portanto, que os lactentes usaram as informações visual, tátil e proprioceptiva para planejar e ajustar efetivamente seus movimentos em relação às propriedades físicas dos objetos.

Nota-se, portanto, que os achados deste estudo sugerem, mais uma vez, que os lactentes jovens perceberam as propriedades intrínsecas dos objetos e foram capazes de planejar e ajustar seus movimentos. Isso porque as capacidades do lactente estão em constantes modificações e as *affordances* mudam com o passar do tempo, dando lugar à emergência de novas percepções e ações.

### **2.2 Efeito das propriedades dos objetos nas variáveis quantitativas (espaço-temporais) do alcance**

Pode-se verificar que as propriedades de tamanho e rigidez dos objetos influenciaram significativamente a maioria das variáveis quantitativas do alcance. Os resultados mostraram

## **Discussão**

---

que o índice de retidão foi maior para o objeto maleável grande (MG), isto é, a trajetória do movimento foi mais retilínea (direta) quando este objeto foi apresentado, ao passo que para os demais objetos a trajetória foi mais curvilínea (indireta). Assim, admitindo que trajetórias mais retilíneas sejam características de alcance mais refinado (maduro), é possível sugerir que os lactentes avaliados foram mais capazes de organizar seus movimentos quando o objeto MG foi apresentado, visto que para os demais objetos a trajetória ainda foi indireta. Esse resultado não está de acordo com Newman, Atkinson e Braddick (2001), pois eles não verificaram a influência do tamanho dos objetos no índice de retidão em grupos de lactentes de 5 a 15 meses de idade. Essa controvérsia pode ser mais uma vez atribuída à metodologia utilizada, visto que uma das mãos do lactente foi restringida (segurada) pelo examinador e isso pode ter influenciado a trajetória do movimento do braço contralateral. Outro fator metodológico que pode ter influenciado na diferença dos resultados é o de que o tamanho dos objetos apresentados por tais autores foi muito diferente (diâmetros de 1 e 6 cm) do utilizado no presente estudo (diâmetros de 5 e 12,5 cm), bem como, a rigidez dos objetos não foi considerada, o que dificulta a comparação dos resultados. Vale ressaltar, ainda, que os autores acima citados não deixam claro qual a razão da ausência de mudanças nas variáveis cinemáticas do alcance em relação aos objetos de diferentes tamanhos.

Com base nos resultados de que a trajetória do movimento de alcance foi mais retilínea quando o objeto MG foi apresentado, sugere-se que o membro superior foi ajustado de acordo com a informação visual (informação sobre o tamanho do objeto) (JACKOBSON; GOODALE, 1991) e, também, tátil (informação da rigidez do objeto), o que conduziu a menor exigência de controle e permitiu que o movimento tornasse mais retilíneo. Essas informações

## **Discussão**

---

especificaram a direção e a trajetória do braço em relação ao objeto apresentado, permitindo a seleção de um movimento mais econômico e adaptado às metas.

Segundo Von Hofsten (2004), com o aumento da capacidade de captar as informações dos objetos, o lactente torna-se mais motivado, o que também influencia o processo de resolução de problemas na atividade de alcançar.

A variável velocidade média não foi modificada em relação às propriedades dos objetos apresentadas, não comprovando, portanto, as previsões previamente levantadas. Acredita-se que os lactentes estudados possam ter encontrado uma solução mais estável, mantendo uma velocidade média para executar a trajetória do movimento em direção a todos os objetos. Não é possível, no entanto, saber se em dias, semanas ou meses posteriores, os lactentes manterão um padrão mais estável de velocidade. Vale ressaltar, ainda, que a maioria dos estudos que avaliaram a cinemática do alcance em relação ao tamanho do objeto, não analisou as variáveis quantitativas utilizadas neste estudo, bem como, não estudaram lactentes jovens, dificultando assim, nossas inferências.

No presente estudo, pode-se verificar que, quando os lactentes alcançaram os objetos pequenos, estes parecem ter exigido mais controle da trajetória dos braços, levando ao aumento no número de unidades de movimento. Além disso, o tempo de ajustes no final da trajetória (tempo em desaceleração) foi maior para o objeto MP do que para o objeto MG. Esses resultados estão de acordo com os achados de Pryde, Roy e Campbell (1998). Embora tais autores tenham verificado apenas a influência do tamanho e, não, da rigidez dos objetos, eles constataram que os objetos pequenos afetaram a trajetória do movimento de alcance em crianças de 9 e 10 anos, o que pôde ser observado pelo aumento do tempo de desaceleração do

## **Discussão**

---

movimento. Considera-se, portanto, que ambas as variáveis, unidades de movimento e tempo de desaceleração, refletem mais correções na trajetória, o que confirma que os alcances para os objetos pequenos exigem maior precisão e controle do movimento do que para os demais objetos.

Pryde, Roy e Campbell (1998) atribuem seus achados à menor capacidade das crianças em integrar a informação visual e proprioceptiva, o que faz com que as mesmas gastem mais tempo desacelerando o movimento para processar a informação e ajustar a trajetória para alcançar o objeto pequeno. No entanto, acredita-se que os lactentes jovens do presente estudo aumentaram o número de unidades de movimento para os objetos pequenos (RP e MP) e gastaram mais tempo desacelerando o movimento para os objeto MP devido ao fato de eles serem capazes de perceber as propriedades dos objetos e, a partir de tal percepção, ajustar a trajetória para garantir a precisão do movimento e atingir o seu objetivo. O aumento significativo no tempo de ajuste do movimento dos lactentes ao alcançarem o objeto MP, e não ao alcançarem o objeto RP, foi um resultado não esperado. A predição do estudo foi a de que o objeto pequeno, independentemente da sua rigidez, levaria a mais correções na trajetória e a mais tempo de ajuste no final do movimento, visto que o objeto pequeno deveria exigir mais controle do movimento, promovendo, assim, mais ajustes na trajetória. É possível que tal fato deva-se à percepção do lactente de que os objetos pequenos eram diferentes em algum aspecto. Acredita-se que os lactentes tiveram a percepção visual de que os objetos eram pequenos e, a partir dessa percepção, passaram a realizar mais ajustes da trajetória (aumento no número de unidades de movimentos). No entanto, os lactentes aumentaram o tempo de desaceleração do movimento para tocar o objeto MP mais do que o RP. Ao analisarmos as imagens dos alcances para o objeto MP, notamos que, no final da trajetória do movimento

## **Discussão**

---

(próximo ao toque), os lactentes realizavam movimentos como se fossem tocar o objeto, mas acabavam por voltar a mão e, somente após um novo reajuste, chegavam a tocá-lo e apreendê-lo. Esse ajuste foi o que provavelmente levou ao aumento no tempo de desaceleração do movimento. Pode-se atribuir esse achado à característica dos fios de lã, que chamou a atenção dos lactentes e estes, na tentativa de tocar alguma parte do objeto (observado pelo toque de apenas um dedo), levou ao aumento no tempo de desaceleração. Contudo, não podemos afirmar exatamente o que levou o aumento no tempo de ajuste no final da trajetória do alcance, pois não é possível saber se os lactentes tiveram a intenção de tocar alguma parte específica dos fios e por isso reajustaram o final da trajetória. Por outro lado, essas inferências suportam as idéias de Jeannerod (1984), que sugere que a fase de desaceleração do movimento na apreensão de adultos é a parte da trajetória do alcance quando o *feedback* visual é mais utilizado para direcionar os ajustes na trajetória antes do contato final com o objeto. Sendo assim, é possível sugerir que foi no final da trajetória do alcance que os lactentes perceberam a maior diferença na rigidez dos objetos pequenos.

Quanto às variáveis quantitativas do alcance, pode-se considerar, de maneira geral, que tanto o tamanho quanto a rigidez dos objetos influenciaram os ajustes na trajetória do movimento dos lactentes aqui estudados. Os resultados mostram que os alcances para o objeto MG foram caracterizados por maior índice de retidão, diminuição nas unidades de movimentos e diminuição no tempo de ajustes no final do movimento, sugerindo, assim, que os lactentes perceberam e identificariam o objeto MG como mais fácil de ser apreendido por ser este maior e, ao mesmo tempo, por sua característica física (fios de lã) que facilitou ajustes na trajetória do movimento. O tamanho e a rigidez dos objetos parecem, portanto, influenciar

## **Discussão**

---

conjuntamente as variáveis quantitativas do alcance. Todas essas mudanças sugerem que os lactentes jovens deste estudo puderam modificar os parâmetros do movimento para adaptarem-se às demandas da tarefa, evidenciando certa flexibilidade das suas ações. Além disso, tais achados reforçam os princípios dos Sistemas Dinâmicos de que o desenvolvimento é norteado pela interação de percepção e ação, ou seja, os lactentes percebem as propriedades relevantes dos objetos e ajustam os seus movimentos baseados nessa percepção.

Os resultados do presente estudo reforçam, uma vez mais, a idéia de Gibson (1995) de que a percepção das *affordances* direciona as ações específicas do indivíduo. Isso indica que, ao perceberem os objetos, os lactentes do presente estudo modificaram suas estratégias de movimento para alcançarem os objetos rígidos e maleáveis. No entanto, considera-se que mais estudos utilizando análise cinemática devam ser realizados, principalmente em relação à rigidez dos objetos, visto que o único estudo encontrado que avaliou o efeito da rigidez dos objetos, verificou apenas as variáveis qualitativas do alcance (Corbetta, Thelen e Johnson, 2000).

Com este estudo, foi possível identificar que variáveis analisadas foram modificadas para que os objetos de tamanho e rigidez diferentes fossem alcançados e apreendidos pelos lactentes. Os resultados apresentados revelam, portanto, que o desenvolvimento do alcance envolve um processo de interação das capacidades perceptuais e motoras do lactente, ou seja, os movimentos de alcance são adaptados à condição específica do ambiente. Além disso, os dados mostram que não há uma seqüência previsível de mudanças das estratégias ao longo do tempo, visto que determinadas variáveis do movimento foram modificadas, enquanto outras permaneceram invariáveis, como, por exemplo, a velocidade média. Os dados revelam,

## **Discussão**

---

portanto, que os lactentes estudados apresentaram flexibilidade dos seus movimentos, pois prontamente adaptaram-se às variações específicas dos objetos.

Em suma, verificou-se a influência tanto da idade dos lactentes quanto das propriedades dos objetos no movimento de alcance dos lactentes estudados. As mudanças observadas sugerem transformações no organismo e na dinâmica relação deste com o ambiente. Todas as mudanças são mutuamente influenciáveis ao longo de todo o desenvolvimento. Dessa forma, se a tarefa é alcançar ou apreender um objeto, as características do objeto, bem como as possibilidades do organismo, impõem restrições à ação do indivíduo, sendo que determinados componentes de movimentos devem ocorrer para que o objeto seja alcançado e apreendido com exatidão.

**CONCLUSÕES**

## CONCLUSÕES

---

Os resultados obtidos no presente estudo sugerem que:

- As variáveis qualitativas e quantitativas (espaço-temporais) do alcance dos lactentes estudados modificam-se ao longo dos 4 aos 6 meses de idade, o que reflete aprimoramento, ou seja, ganho de *performance* na faixa etária estudada. Esse ganho é observado pelo aumento das respostas de alcance, aumento da preferência manual à direita, uso de ajustes distais de posicionamento dos dedos e orientação da mão para melhor apreender os objetos, aumento na linearidade da trajetória do alcance e na velocidade média e diminuição das unidades de movimento. Essas mudanças ao longo dos meses não seguiram necessariamente uma distribuição linear, mas uma variedade de direções de mudanças.
- Os lactentes jovens deste estudo, que foram estudados dos 4 aos 6 meses de idade, demonstram capacidade de ajustar seus movimentos em relação aos objetos de diferentes tamanho e rigidez. Além disso, eles apresentaram maior frequência de ajustes bimanuais para o objeto rígido grande e de unimanuais para o objeto pequeno, fosse ele rígido ou maleável. Para o objeto maleável grande, as frequências de ajustes uni e bimanuais foram semelhantes. Os objetos maleáveis parecem ser mais facilmente apreendidos pelos lactentes do que os rígidos. Ademais, os lactentes parecem usar movimentos mais retilíneos e com menos ajustes na trajetória ao alcançarem o objeto maleável grande. Por outro lado, ao alcançarem os objetos pequenos, parece que os lactentes realizam movimentos com mais ajustes na trajetória.

## **Conclusões**

---

Os lactentes jovens não são, portanto, limitados e inflexíveis. Estes são capazes de perceber as propriedades mais relevantes dos objetos e selecionar parâmetros que devem ser modificados a partir da capacidade motora que eles têm disponível para responder às exigências da tarefa. Tais evidências, além de indicar parâmetros de normalidade do desenvolvimento do alcance nessa faixa etária, possibilitarão possíveis comparações com lactentes de risco, podendo subsidiar ações terapêuticas em programas de intervenção que visem adequar o contexto às capacidades dos lactentes.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---

ADOLPH, K. E.; EPPLER, M. A.; GIBSON, E. J. Development of perception of affordances. **Advances in Infancy Research**. Norwood: Ablex Publishing Corporation, v.8, 1993. p. 51-95.

ANDRADE, L. A. **Análise da marcha**: protocolo experimental a partir de variáveis cinemáticas e antropométricas. 2002. 103f. Dissertação (Mestrado em Educação Física)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

BARELA, J. A. Ciclo de percepção-ação no desenvolvimento motor. In: TEIXEIRA, L. A. (Ed.). **Avanços em Comportamento Motor**. São Paulo: Movimento, 2001. p. 40-61.

BARELA, J. A. Perspectiva dos sistemas dinâmicos: teoria e aplicação no estudo do desenvolvimento motor. In: PELEGRINI, A. M. (Org.). **Coletânea de Estudos do Comportamento Motor I**. São Paulo: Movimento, 1997. p. 11-28.

BARELA, J. A. et al. Efeito da exposição visual no acoplamento entre a informação visual e controle postural em bebês. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 17, n. 1, p. 16-31, 2003.

BARROS, R. M. L. et al. Desenvolvimento e avaliação de um sistema para análise cinemática tridimensional de movimentos humanos. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, v. 15, p. 79-86, 1999.

## **Referências Bibliográficas**

---

BEE, H. **A criança em desenvolvimento**. 9. ed. Tradução: Maria Adriana Veríssimo Veronese. Porto Alegre: Artmed, 2003.

BERNSTEIN, N. A. **Co-ordination and regulation of movements**. New York: Pergamon Press, 1967.

BERTHIER, N. E. et al. Proximodistal structure of early reaching in human infants. **Experimental Brain Research**, v. 127, p. 259-269, 1999.

BLY, L. **Motor skills acquisition in first year: an illustrated guide to normal development**. Tucson: Therapy Skill Builders, 1994.

BRANDÃO, J. S. **Desenvolvimento psicomotor da mão**. Rio de Janeiro: Enelivros, 1984.

BREMNER, J. G. Developmental relationships between perception and action in infancy. **Behavior and Development**, v.23, p. 567-582, 2000.

CARVALHO, R. P. **Influência da postura corporal no movimento de alcance manual em lactentes de 4 meses de vida**. 2004. 117f. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia)- Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

CARVALHO, R. P.; TUDELLA, E.; BARROS, R. M. L. Utilização do sistema Dvídeow na análise cinemática do alcance manual de lactentes. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 9, n.1, p. 41-47, 2005.

CHARLTON, J. L.; IHSEN, E.; OXLEY, J. The influence of context in the development of reaching and grasping: implications for assessment of disability. In: PIEK, J.

## **Referências Bibliográficas**

---

P. (Ed.). **Motor behavior and human skill: a multidisciplinary approach**. Human Kinetics, 1998.

CLARK, J. E. Motor development. **Encyclopedia of human behavior**, v. 3, p. 245-55, 1994.

COELHO, Z. A. **O impacto da informação ambiental no desenvolvimento do alcance em crianças nascidas a termo na faixa etária de 4 a 6 meses: uma abordagem ecológica**, 2004. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

CORBETTA, D.; THELEN, E. The developmental origins of bimanual coordination: a dynamic perspective. **Journal of Experimental Psychology: human perception and performance**, v.22, n.2, p.502-522, 1996.

CORBETTA, D.; THELEN, E. Lateral biases and fluctuations in infants' spontaneous arm movements and reaching. **Developmental Psychobiology**, v. 34, p. 237-255, 1999.

CORBETTA, D. Why do infants regress to two-handed reaching at the end of the 1<sup>st</sup> year? **Infant Behavior and Development**, v.21, p.42, 1998.

CORBETTA, D.; THELEN, E.; JOHNSON, K. Motor constraints on the development of perception-action matching in infant reaching. **Infant Behavior and Development**, v.23, p.351-374, 2000.

CRUTCHFIELD, J. P. et al. Chaos. **Scientific American**, v.254, p. 46-57, 1987.

DARRAH, J.; BARTLETT, D. Dynamic systems theory and management of children with cerebral palsy: unresolved issues. **Infants and Young Children**, v.8, n.1, p. 52-59, 1995.

## **Referências Bibliográficas**

---

ENNOURI, K.; BLOCH, H. Visual control of hand approach movements in newborns. **Journal of Developmental Psychology**, v. 14, p. 327-338, 1996.

FAGARD, J. Linked proximal and distal changes in the reaching behavior of 5-to 12-month-old human infants grasping objects of different sizes. **Infant Behavior and Development**, v. 23, p. 317-329, 2000.

FAGARD, J. Manual strategies and interlimb during reaching, grasping, and manipulating throughout the first year of life. In: SWINNEN, S. et al. **Interlimb coordination: neural, dynamical, and cognitive constraints**. San Diego: Academic Press, p. 439-460, 1994.

FAGARD, J.; JACQUET, A. Y. Onset of bimanual coordination and symmetry versus asymmetry of movement. **Infant Behavior and Development**, v. 12, p. 229-235, 1989.

FAGARD, J.; PEZÉ, A. Age changes in interlimb coupling and the development of bimanual coordination. **Journal of Motor Behavior**, v.29, n.3, p. 199-208, 1997.

FAGARD, J.; LOCKMAN, J. J. The effect of task constraints on infants' (bi)manual strategy for grasping and exploring objects. **Infant Behavior and Development**, v. 28, n. 3, p. 305-315, 2005.

FALLANG, B.; SAUGSTAD, O. D.; HADDERS-ALGRA, M. Goal directed reaching and postural control in supine position in healthy infants. **Behavioural Brain Research**, n.115, p. 8-18, 2000.

FETTERS, L; TODD, J. Quantitative assessment of infant reaching movements. **Journal of Motor Behavior**, v. 19, n. 2, p. 147-166, 1987.

## **Referências Bibliográficas**

---

FIGUEROA, P. J.; LEITE, N. J.; BARROS, R. M. L. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 72, p. 155-165, 2003.

GALLAHUE, D. L.; OZMUN, J. C. **Compreendendo o desenvolvimento motor: bebês, crianças, adolescentes e adultos**. Tradução: Maria Aparecida da Silva Pereira Araújo. São Paulo: Phorte Editora, 2003.

GALLOWAY, J. C.; THELEN, E. Feet first: object exploration in young infants. **Infant Behavior and Development**, v. 27, p. 107-112, 2004.

GESSEL, A. Maturation and the patterning of behavior. In: MURCHISON, C. **A handbook of child psychology**. 2 ed. New York: Russel & Russel, 1933. p. 209-235.

GESSEL, A. Reciprocal interweaving in neuromotor development. A principle of spiral organization shown in the patterning of infant behavior. **The Journal of Comparative Neurology**, v. 70, n. 2, p.161-182, 1939.

GENTILE, A. M. A working model of skill acquisition with application to teaching. **Quest**, v. 17, p. 3-23, 1972.

GIBSON, E. J. **Principles of perceptual learning and development**. New York: Meredith Corporation, 1967.

GIBSON, E. J. Exploratory behavior in the development of perceiving, acting, and the acquiring of knowledge. **Advances in Infancy Research**, Norwood: Ablex Publishing Company, v. 9, 1995. p. 21-61.

GIBSON, J. J. **The ecological approach to visual perception**. Hillsdale: Laurence

## **Referências Bibliográficas**

---

Erlbaum Associates, 1986.

GOODALE, M. A.; SERVOS, P. Visual control of prehension. In: ZELAZNIK, H. N. (Ed.). **Advances in motor learning and control**. Champaign: Human Kinetics, 1996. p. 67-121.

HADDERS-ALGRA, M. The neuronal group selection theory: a framework to explain variation in normal motor development. **Developmental Medicine and Child Neurology**, v. 42, p. 566-572, 2000a.

HADDERS-ALGRA, M. The neuronal group selection theory: promising principles for understanding and treating developmental motor disorders. **Developmental Medicine and Child Neurology**, v. 42, p. 707-715, 2000b.

HALVERSON, H. M. The acquisition of skill in infancy. **Journal of Genetic Psychology**, v. 43, p. 3-48, 1933.

HAYWOOD, K. M. **Life span motor development**. Campaign-Illinois: Human Kinetics, 1986.

IRWIN, O. C. Proximodistal differentiation of limbs in young organisms. **Psychological Review**, v. 40, p. 467-477, 1933.

JAKOBSON, L. S.; GOODALE, M. A. Factors affecting higher-order movement planning: a kinematic analysis of human prehension. **Experimental Brain Research**, v. 86, p.199-208, 1991.

JEANNEROD, M. Intersegmental coordination during reaching at natural visual objects. In: LONG, J.; BADDELEY, A. (Ed.). **Attention and Performance IX**. Hillsdale: Erlbaum, 1981. p. 153-168.

## **Referências Bibliográficas**

---

JEANNEROD, M. The timing of natural prehension movements. **Journal of Motor Behavior**, v. 16, p. 235-254, 1984.

KAMM, K.; THELEN, E.; JENSEN, J. A dynamical systems approach to motor development. **Physical Therapy**, v. 70, n. 12, p. 763-75, 1990.

KONCZAK, J.; BORUTTA, M.; DICHGANS, J. The development of goal directed reaching in infants: hand trajectory formation and joint torque control. **Experimental Brain Research**, v.106, p.156-68, 1995.

KONCZAK, J.; BORUTTA, M.; DICHGANS, J. The development of goal-directed reaching in infants. In: Learning to produce task-adequate patterns of joint torque. **Experimental Brain Research**, v.113, p. 465-474, 1997.

KONCZAK, J.; DICHGANS, J. The development toward stereotypic arm kinematics during reaching in the first 3 years of life. . **Experimental Brain Research**, v.117, p. 346-354, 1997.

KUHTZ-BUSCHBECK, J. P. et al. Development of prehension movements in children: a kinematic study. **Experimental Brain Research**, v.122, p. 424-432, 1998.

KUYPERS, H. G. J. M. The descending pathways to the spinal cord, their anatomy and function. In: J. C. ECCLES; J.C. SHADE (Ed.). **Organization of the spinal cor**, 1964.

LEW, A. R.; BUTTERWORTH, G. The developmental of hand-mouth coordination in 2 to 5 month old infants: similarities with reaching and grasping. **Infant Behavior and Development**, v. 20, p. 59-69, 1997.

LOCKMAN, J. J.; THELEN, E. Developmental biodynamics: brain, body, behavior

## **Referências Bibliográficas**

---

connections. **Child Development**, v. 64, p. 953-959, 1993.

LOCKMAN, J. J.; ASHMEAD, D. H.; BUSHNELL, E. W. The development of anticipatory hand orientation during infancy. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 37, n. 1, p. 176-186, 1984.

MACKENZIE, C. L. A. et al. Three-dimensional movement trajectories in Fitt's task: implications for control. **Quarterly Journal of Experimental Psychology: human experimental psychology**, v. 39, p. 629-647, 1987.

MAGIL, R. A. **Aprendizagem motora: conceitos e aplicações**, tradução: Aracy Mendes da Costa. 5.ed. São Paulo: Edgar Blücher, 2000.

MARTENIUK, R. G. et al. Constraints on human arm movement trajectories. **Canadian Journal of Psychology**, v. 41, p. 365-378, 1990.

MATHEW, A.; COOK, M. The control of reaching movements by young infants. **Child Development**, v. 61, p.1238-1257, 1990.

MCCARTY, M. E.; ASHMEAD, D. H. Visual control of Reaching and Grasping in Infants. **Developmental Psychology**, v.35, n.3, p. 620-631, 1999.

MCGRAW, M. B. **The neuromuscular maturation of the human infant**. New York: Hafner, 1945.

MCGRAW, M. B. From reflex to muscular control in the assumption of an erect posture and ambulation in the human infant. **Child Development**, v. 3, p. 291-297, 1932.

MOLINA, M.; JOUEN, F. Manual cyclical activity as an exploratory tool in neonates. **Infant Behavior and Development**, v. 27, p. 42-53, 2004.

## **Referências Bibliográficas**

---

NEWELL, K. M. Physical constraints to development of motor skills. In: THOMAS, J. I. (Ed). **Motor development skills during childhood and adolescence**. Minneapolis: Burgess, 1984. p. 105-120.

NEWELL, K. M. Constraints on the development of coordination. In: WADE, M. G; WHITING, H. T. A. (Ed). **Motor development in children: aspects of coordination and control**. Boston: Martin Nighoff, 1986. p. 341-360.

NEWELL, K. M.; MCDONALD, P. V; BAILLARGEON, R. Body scale and infant grip configurations. **Developmental Psychobiology**, v. 26, n. 4, p. 195-205, 1993.

NEWELL, K. M. et al. Task constraints and infant grip configurations. **Developmental Psychobiology**, v. 22, n.8, p. 817-832, 1989.

NEWMAN, C.; ATKINSON, J.; BRADDICK, O. The developmental of reaching and looking preferences in infants to objects of different sizes. **Developmental Psychology**, v.37 n.4, p.561-572, 2001.

OUT, L. et al. The effect of posture on early reaching movements. **Journal of Motor Behavior**, v.30, n. 3, p. 260-272, 1998.

PAULIGNAM, Y.; et al. Selective perturbation of visual input during prehension movements. 1: the effects of changing object position. **Experimental Brain Research. Experimentelle Hirnforschung. Experimentationm Cerebrale**, v. 83, n. 3, p. 502-512, 1991.

PIAGET, J. **The origins of intelligence in the children**. New York: Int. Univ. Press, 1952.

## **Referências Bibliográficas**

---

PRYDE, K. M.; ROY, E. A.; CAMPBELL, K. Prehension in children and adults: the effects of object size. **Human Movement Science**, v. 17, n. 6, p. 743-752, 1998.

PRECHTL, H. F. R.; BEINTEMA, D. J. The neurological examination of the full-term newborn infant. **Clinics in Developmental Medicine**, v. 12, p. 1-73, 1964.

RADER, N.; VAUGHN, L. A. Infant reaching to a hidden affordance: evidence for intentionality. **Infant Behavior and Development**, v. 23, p. 531-541, 2000.

ROCHA, N. A. C. F. **A influência da postura corporal nas habilidades manuais nos primeiros quatro meses de vida do bebê**. 2002. 149f. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.

ROCHA, N. A. C. F.; BARELA, J. A.; TUDELLA, E. Perspectivas dos sistemas dinâmicos aplicados ao desenvolvimento motor. **Temas sobre Desenvolvimento**, v. 14, n. 79, p. 5-13, 2005.

ROCHA, N. A. C. F.; TUDELLA, E. Teorias que embasam a aquisição das habilidades motoras do bebê. **Temas sobre Desenvolvimento**, v. 11, n. 66, p. 5-11, 2003.

ROCHAT, P. Self-sitting and reaching in 5-8 month-old infants: the impact of posture and its development on early eye-hand coordination. **Journal Motor Behavior**, v. 24, n. 2, p. 210-20, 1992.

ROCHAT, P. Mouthing and grasping in neonates: evidence for the early detection of what hard or soft substances afford for action. **Infant Behavior and Development**, v. 10, p. 435-449, 1987.

ROCHAT, P. Perception and manual action in infancy. **International Journal of**

## **Referências Bibliográficas**

---

**Psychology**, v. 27, n. 3-4, p. 200-201, Jun.-Aug. 1992.

ROCHAT, P.; SENDERS, S. J. Active touch in infancy: action systems in development. In: WEIS, M. J. S.; ZELAZO, P. R. (Ed.) **Newborn attention: biological constraints and the influence of experience**. New Jersey: Ablex Publishers, 1991. p. 412-442.

SAVELSBERGH, G. J. P.; VAN DER KAMP, J. The effect of body orientation to gravity on early infant reaching. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 58, p. 510-528, 1994.

SHIRLEY, M. The Sequential method for the study of maturing behavior patterns. **Psychological Review**, 38, p. 507-528, 1931.

SHIRLEY, M. Locomotor and visual-manual functions in the first two years. **Child Psychology**. 2ed. New York: Russell & Russell. 1933. p. 237-270.

SIDDIQUI, A. Object size as a determinant of grasping in infancy. **The Journal of Genetic Psychology**, v.153, n.3, p. 345-358, 1995.

SMITH, L. B.; THELEN, E. Development as a dynamic system. **Trends in Cognitive Sciences**, v.7, n.8, p.343-348, 2003.

SOECHTING, J. F. Effect of target size on spatial and temporal characteristics of a pointing movement in man. **Experimental Brain Research**, v. 54, p. 121-13, 1984.

SVEISTRUP, H.; WOOLLACOTT, M. H. Systems contributing to the emergence and maturation of stability in postnatal development. In: Savelsbergh, G. J. P. (Ed.). **The Development of Coordination in Infancy**. Elsevier Science Publishers B. V., 1993. p. 319-336.

THELEN, E. Motor development: a new synthesis. **American Psychologist**, v. 50, n.

## **Referências Bibliográficas**

---

2, p. 79-95, 1995.

THELEN, E. Coupling perception and action in the development of skill: A dynamic approach. In: BOLCH, H; BERTENTHAL, B. I. (Ed.). **Sensory-motor organizations and development in infancy and early childhood**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1990. p. 39-56.

THELEN, E. The (re) discovery of motor development: learning new things from an old field. **Developmental Psychology**, v. 25, p. 946-949, 1989.

THELEN, E. Treadmill-elicited stepping in seven-month old infants. **Child Development**, v. 57, p. 1498-506, 1986.

THELEN, E. et al. The transition to reaching: mapping intention and intrinsic dynamics. **Child Development**, v. 64, p.1058-98, 1993.

THELEN, E.; SPENCER, J. P. Postural control during reaching in young infants: a dynamic systems approach. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 22, n. 4, p. 507-514, 1998.

THELEN, E.; CORBETTA, D.; SPENCER, J. P. Development of reaching during the first year: Role of movement speed. **Journal of Experimental Psychology: human perception and performance**, v. 22, n.5, p.1059-1076, 1996.

THELEN, E.; KELSO, J. A. S.; FOGEL, J. A. S. Self-organizing systems and infant motor development. **Developmental Review**, v. 7, p. 39-65, 1987.

THELEN, E.; SMITH, L. B. Knowledge from action: exploration and selection in learning to reach. In: **Dynamic systems approach to the development of cognition and**

## **Referências Bibliográficas**

---

**action**. Cambridge: The MIT Press, 1994. p. 177-247.

THELEN, E.; ULRICH, B. D.; JENSEN, J. L. The developmental origins of locomotion. In: WOOLLACOTT, M. H.; SHUMWAY-COOK (Ed.). **Development of posture and gait across the life span**. 2. ed. University of South Carolina Press, 1990. p.26-47.

TREVARTHEN, C.; MURRAY, L.; HUBLEY, P. Psychology of infants. In DAVIES, J. A.; DOBBING, J (Ed.). **Scientific foundations of pediatrics**. 2. ed. London: Willian Heinemann Medical Books, 1981, p. 211-274.

ULRICH, B. D. et al. Sensitivity of infants with and without Down Syndrome to intrinsic dynamics. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 68, n. 1, p. 10-19, 1997.

VAN DER FITS, I. B. M. et al. Postural adjustments during spontaneous and goal-directed arm movements in the first half-year of life. **Behavioural Brain Research**, v.106, p. 75-90, 1999.

VAN DER FITS, I. B. M. et al. Postural adjustments accompanying fast pointing movements in standing, sitting and lying adults. **Experimental Brain Research**, v. 120, p. 202-216, 1998.

VAN DER FITS, I. B. M.; HADDERS-ALGRA, M. The development of postural response patterns during reaching in healthy infants. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 22, n. 4, p. 521-526, 1998.

## **Referências Bibliográficas**

---

VAN DER KAMP, J.; OUDEJANS, R.; SAVELSBERGH, G. The development and learning of the visual control of movement: An ecological perspective. **Infant Behavior and Development**, v.26, p.495-515, 2003.

VAN DER KAMP, J.; SAVELSBERGH, G. Action and perception in infancy. **Infant Behavior and Development**, v.23, p.237-251, 2000.

VAN DER MEER, A. L. H.; VAN DER WEEL, F. R.; LEE, D. N. The functional significance of arm movements in neonatos. **Science**, v. 267, p. 693-695, 1995.

VAN HOF, P. et al. The relation of unimanual and bimanual reaching to crossing the midline. **Child Development**, v.73, n. 5, p.1353 (10), 2002.

VAN HOF, P. et al. The confluence of intrinsic and extrinsic constraints on 3-to 9-month-old infants' catching behavior. **Infant Behavior and Development**, v.28, p. 179-193, 2005.

VON HOFSTEN, C. Developmental changes in the organization of prereaching movements. **Developmental Psychology**, v.20, n.3, p.378-386, 1984.

VON HOFSTEN, C. Mastering reaching and grasping: the development of manual skills in infancy. In: WALLACE, S. A. (Ed.). **Perspectives on the Coordination of Movement**. Elsevier Science Publishers B. V. North-Holland, 1989. p. 223-257.

VON HOFSTEN, C. Structuring of early reaching movements: a longitudinal study. **Journal of Motor Behavior**, v. 23, p. 280-292, 1991.

VON HOFSTEN, C. An action perspective on motor development. **Trends in Cognitive Sciences**, v.8, n.6, p.263-272, 2004.

## **Referências Bibliográficas**

---

VON HOFSTEN, C.; FAZEL-ZANDY, S. Development of visually guided hand orientation in reaching. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 38, p. 208-219, 1984.

VON HOFSTEN, C. Development of visually directed reaching: The approach phase. **Journal of Human Movement Studies**, v. 5, p. 160-178, 1979.

VON HOFSTEN, C. Early spatial perception taken in reference to manual action. **Acta Psychology**, v. 63, p. 323-335, 1986.

VON HOFSTEN, C. Eye-hand coordination in the newborn. **Developmental Psychology**, v. 18, p. 450-461, 1982.

VON HOFSTEN, C. The organization of arm and hand movements in the neonate. In: VON EULER, FORSSBERG, LAGERCRANTZ (Ed.). **Neurobiology of early infant behaviour**. New York: Stockton Press, 1989, p. 129-142.

VON HOFSTEN, C.; RÖNNQVIST, L. Preparation for grasping an object: a developmental study. **Journal of Experimental Psychology: human perception and performance**, v.14, n.4, p. 610-621, 1988.

WEIR, P. L. Object property and task effects on prehension. In: BENNETT, K.M.B.; CASTIELLO, U. (Ed.). **Reach to grasp movement**. Elsevier Science B. V., 1994, p. 129-150.

WHITE, B. L.; CASTLE, P.; HELD, R. Observations on the development of visually directed reaching. **Child Development**, v.35, p. 349-364, 1964.

ZERNICKE, R. F.; SCHNEIDER, K. Biomechanics and developmental neuromotor control. **Child Development**, v. 64, p. 982-1004, 1993.

## **APÊNDICES**

## **APÊNDICES**

---

### **Apêndice I – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

**Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**  
(Consentimento Pós-informação para Pesquisa com Seres Humanos)

**LABORATÓRIO DE PESQUISAS EM ANÁLISE DO MOVIMENTO (LAPAM)**  
**Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos**

Consentimento formal de participação no estudo intitulado “O impacto das propriedades dos objetos nos movimentos de alcance de lactentes saudáveis de 4 a 6 meses de idade”.

Responsável: Prof<sup>ª</sup> Ms Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eloísa Tudella

Eu,.....  
portador(a) do RG nº ....., residente à .....  
.....nº..... bairro:.....  
na cidade de ....., telefone:..... responsável pelo(a)  
menor.....  
....., autorizo a  
participação de meu (minha) filho (a) no estudo e concordo em participar na pesquisa  
conduzida por Ms. Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha e Dr<sup>ª</sup> Eloísa Tudella.

**Objetivo do estudo:**

É analisar a influência da apresentação de quatro objetos diferentes no movimento de alcance de lactentes saudáveis nas idades de 4, 5 e 6 meses de vida.

**Explicação do procedimento:**

Na primeira avaliação serei submetida a um questionário acerca dos meus dados gestacionais, dados do nascimento de meu (minha) filho(a) e seus dados atuais de condições de saúde e comportamentos. Meu filho será pesado e serão registrados as medidas do comprimento de ambos braços, antebraços, cirtometria de braços, antebraços e punhos e largura da mão. Em seguida, serão afixados marcadores do tipo “pérola” em três pontos dos membros superiores

## **Apêndices**

---

de meu (minha) filho(a) e ele será colocado em uma cadeira, segura, inclinada a 50°. Serão apresentados a(o) meu (minha) filho(a) quatro objetos diferentes para que ele(a) o alcance durante um minuto cada um e nesta fase três câmeras estarão filmando seus movimentos. Nas outras duas avaliações não haverá nova entrevista apenas os outros procedimentos serão mantidos.

### **Benefícios previstos:**

Participando deste estudo, estarei ajudando no entendimento de como os movimentos são realizados frente a diferentes objetos, ou seja, a influência ambiental, e isto poderá trazer benefícios para os lactentes, por exemplo, com atraso no desenvolvimento motor, no que se refere ao tratamento e intervenções que a eles são designados.

### **Potenciais riscos e incômodos:**

Fui informado de que o experimento não trará nenhum risco para a saúde de meu (minha) filho(a) e que a identidade dele(a) ou minha não serão reveladas.

### **Seguro saúde ou de vida:**

Eu entendo que não existe nenhum tipo de seguro de saúde ou de vida que possa vir a me beneficiar em função de minha participação neste estudo.

### **Liberdade de participação:**

A minha participação neste estudo é voluntária. É meu direito interromper a participação de meu (minha) filho(a) a qualquer momento sem que isto incorra em qualquer penalidade ou prejuízo. Também entendo que a pesquisadora tem o direito de excluir do estudo o (a) meu (minha) filho(a) a qualquer momento.

### **Sigilo de identidade:**

As informações obtidas nas filmagens deste estudo serão mantidas em sigilo e não poderão ser consultadas por pessoas leigas sem a minha autorização oficial. Estas informações só poderão ser utilizadas para fins estatísticos ou científicos, desde que fique resguardado a minha privacidade.

A responsável por este estudo me explicou todos os riscos envolvidos, a necessidades

## Apêndices

da pesquisa e se prontificou a responder todas as questões sobre o experimento. Eu estou de acordo com a participação de meu (minha) filho(a) no estudo de livre e espontânea vontade e entendo a relevância dele. Julgo que é meu direito manter uma cópia deste consentimento.

Para questões relacionadas a este estudo, contate:

Eloísa Tudella

ou

Ms. Nelci Adriana C. F. Rocha

Fone: 3372-4092 (residência)

Fone: 3351-8407 (LAPEN)

e-mail: [etudella@power.ufscar.br](mailto:etudella@power.ufscar.br)

e-mail: [acicuto@power.ufscar.br](mailto:acicuto@power.ufscar.br)

\_\_\_\_\_  
Assinatura da mãe ou responsável legal\*

\_\_\_\_\_  
Nome por extenso

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador

\_\_\_\_\_  
Nome por extenso

\_\_\_\_\_  
Assinatura de uma testemunha

\_\_\_\_\_  
Nome por extenso

São Carlos, ..... de .....

(\*) Responsável Legal:.....

Idade: ..... Grau de parentesco: .....

Endereço: .....

Cidade/Estado: ..... CEP: .....

Telefones: .....

## Apêndices

---

### Apêndice II - Protocolo para Coleta de Dados das Mães e Lactentes

#### Protocolo para Coleta de Dados das Mães e Lactentes

Nº: \_\_\_\_\_

BBI: \_\_\_\_\_

##### 1 – DADOS PESSOAIS

Nome do bebê: .....

Sexo: ( ) M ( ) F

Cor: .....

Idade: .....

Data de nascimento:...../...../.....

Endereço.....

Bairro:..... Fone:.....

Nome da mãe:.....

Idade:.....

Data de Nascimento:...../...../.....

Grau de escolaridade:..... Profissão:.....

Estado Civil:.....

##### 2- DADOS GESTACIONAIS

Nº de gestações: ( ) 1º ( ) 2º ( ) 3º ( ) + de 3

Doenças da mãe: ( ) Não ( ) Anemia ( ) Sífilis ( ) Diabete ( ) Toxoplasmose ( ) Febre ( ) Rubéola ( ) outras: .....

##### **Anormalidades na gravidez:**

( ) Não ( ) Hemorragias ( ) Hipertensão ( ) Hipotensão ( ) Edema

( ) Outras:.....

##### **Ingestão de tóxicos:**

( ) Não ( ) Fumo ( ) Alcoolismo ( ) Outros:.....

##### **Ingestão de medicamentos:**

( ) Não ( ) Tranqüilizantes ( ) Vitaminas ( ) Outros: .....

**Exposição ao RX:** ( ) Sim ( ) Não Mês gestação:.....**Desnutrição e/ou maus tratos:** ( ) Sim ( ) Não Época gestação:.....

## Apêndices

### 3 – DADOS AO NASCIMENTO

**Tipo de parto:** ( ) Espontâneo ( ) Induzido ( ) Fórceps ( ) Cesariana

**Cordão Umbilical:** ( ) Normal ( ) Circular ( ) Nó

**Alguma intercorrência:** .....

### 4 – DADOS PÓS-NATAL

**Idade gestacional:** .....

**Peso Nascimento:**.....

**Estatura:**.....cm

**PC:** .....cm

**Apgar:** 1' ..... 5' .....

**Icterícia:** Duração:.....dias

**Doenças:** ( ) Eritroblastose ( ) Convulsões ( ) Cardiopatias ( ) Outras:.....

**Medicamentos:** .....

**Alimentação:** ( ) amamentação – tempo:..... ( ) mamadeira

**Data do Teste 1:** ...../...../.....

- Horário da última mamada:..... Horário que acordou:.....
- Está com algum problema de saúde: ( ) sim ( ) não
- Estado comportamental: ( ) alerta ativo ( ) alerta inativo
- Horário do início do teste:..... Término do teste:.....

Quem passa a maior parte do tempo com o bebê? .....

Brinca frequentemente com o bebê: ( ) Sim ( ) Não

Qual o brinquedo preferido? .....

Consegue alcançar o brinquedo sozinho? ( ) Sim ( ) Não ( ) Às vezes

**Data do Teste 2:** ...../...../.....

- Horário da última mamada:..... Horário que acordou:.....
- Está com algum problema de saúde: ( ) sim ( ) não
- Estado comportamental: ( ) alerta ativo ( ) alerta inativo
- Horário do início do teste:..... Término do teste:.....

Quem passa a maior parte do tempo com o bebê? .....

Brinca frequentemente com o bebê: ( ) Sim ( ) Não

## Apêndices

---

Qual o brinquedo preferido? .....

Consegue alcançar o brinquedo sozinho? ( ) Sim ( ) Não ( ) Às vezes

**Data do Teste 3:** ...../...../.....

- Horário da última mamada:..... Horário que acordou:.....
- Está com algum problema de saúde: ( ) sim ( ) não
- Estado comportamental: ( ) alerta ativo ( ) alerta inativo
- Horário do início do teste:..... Término do teste:.....

Quem passa a maior parte do tempo com o bebê? .....

Brinca frequentemente com o bebê: ( ) Sim ( ) Não

Qual o brinquedo preferido? .....

Consegue alcançar o brinquedo sozinho? ( ) Sim ( ) Não ( ) Às vezes

## Apêndices

---

### Apêndice III – Formulário para registro dos *frames* iniciais e finais do Alcance

N° alcance e objeto		Alta	Baixa	Nova
	Início			
	Final			

		Alta	Baixa	Nova
	Início			
	Final			

		Alta	Baixa	Nova
	Início			
	Final			

		Alta	Baixa	Nova
	Início			
	Final			

		Alta	Baixa	Nova
	Início			
	Final			

		Alta	Baixa	Nova
	Início			
	Final			

		Alta	Baixa	Nova
	Início			
	Final			

		Alta	Baixa	Nova
	Início			
	Final			

		Alta	Baixa	Nova
	Início			
	Final			

Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)*Infant Behavior & Development* 29 (2006) 251–261

---

**Infant  
Behavior &  
Development**


---

## The impact of object size and rigidity on infant reaching

Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha\*,  
Fernanda Pereira dos Santos Silva, Eloisa Tudella

*Department of Physiotherapy, Neuropediatrics Sector, Federal University of São Carlos (UFSCar), Brazil*

Received 11 May 2005; received in revised form 17 November 2005; accepted 27 December 2005

---

### Abstract

Although the changes in kinematics of infant reaching have been studied, few researchers have investigated the improvement of reaching regarding objects of distinct physical properties. The aim of this longitudinal study was to verify the impact of object size and rigidity on the development of reaching in 4–6-month-old infants. Four infants were observed with a motion capture system during trials with four objects of distinct sizes and rigidity. A total of 188 reaches were analyzed by using the 3D movement reconstruction. Our results showed that reaching frequency, mean velocity, and straightness index increased with age. The number of movement units decreased with age and increased for small objects. Rigidity was not shown to affect reaching trajectories. These findings suggest that infants are capable of perceiving the more relevant object properties, thus using their available motor capabilities to modify the essential variables so that they can reach the target more accurately.

© 2006 Elsevier Inc. All rights reserved.

*Keywords:* Reaching; Object properties; Affordance; Kinematics; Infants; Environment

---

### 1. Introduction

The emergence of reaching for objects is an important milestone in motor and cognitive development of infants during their first 6 months of life (Corbetta, 1998; Thelen, Corbetta, Spencer, Schneider, & Zernicke, 1993). From acquiring and improving this skill, infants learn to interact with the environment and consequently become capable of adjusting their movements so that they can reach the target more accurately.

Studies have shown that purposeful reaching emerge at around the third to fourth month of age in healthy infants, and once it is acquired, such skill is continuously improved (von Hofsten, 1979, 1984; Thelen et al., 1996). This process involves many different changes in arm movements. For instance, infants begin to perform reaching movements followed by grasping (Newman, Atkinson, & Braddick, 2001; Savelsbergh & van Der Kamp, 1994; Thelen & Spencer, 1998), and their reaches become smoother, straighter and accurate (Fallang, Saugstad, & Hadders-Algra, 2000; von Hofsten, 1991; Konczak & Dichgans, 1997; Thelen et al., 1996).

To better understand the changes in reaching movements, it seems necessary to take account of the environmental factors, since they are essential to comprehend the complexity as well as the adaptability of infant organisms. According

---

\* Corresponding author at: Rua Miguel Mazzei 130, Residencial Samambaia, CEP 13565-570, São Carlos – SP, Brazil.  
Tel.: +55 16 33518407; fax: +55 16 33612081.

E-mail address: [acicuto@power.ufscar.br](mailto:acicuto@power.ufscar.br) (N.A.C.F. Rocha).

to Gibson (1986), hand movements toward the object are modulated by affordances, that is, action possibilities available in the environment to the organism. As motor skills develop, infants become capable of perceiving new affordances, which, in turn, make new actions possible (Adolph, Eppler, & Gibson, 1993; Gibson, 1995). This perception–action cycle is, therefore, essential to infants acquire and improve functional actions, such as reaching for objects (Barela, 2001; Gibson, 1986; Gibson & Pick, 2000; von Hofsten, 2004).

Some studies have investigated the improvement of reaching concerning the influences of object physical properties. Newell, Scully, McDonald, and Baillargeon (1989) and Newell, McDonald, and Baillargeon (1993) showed that 4–5-month-old infants performed one-handed reaching for small objects and two-handed reaching for large objects. Corbetta, Thelen, and Johnson (2000) verified that object size and rigidity affected adjustments of proximal (one-or-two handed reaching) as well as distal movements (grasping) in 8–9-month-old infants. Pryde et al. (1998) demonstrated that objects of different sizes influenced spatio-temporal variables of reaching in 9–10-year-olds, suggesting that small objects require more corrections at the end of the trajectory.

Although the literature presents data regarding the impact of object properties on infant reaching in different age groups, no research has investigated whether distinct physical properties can influence kinematic characteristics of reaching in young infants. The aim of the current study, therefore, was to verify how size and rigidity might affect spatio-temporal variables of reaching in 4–6-month-old infants and how this might change over age.

To meet the objectives of this study, two hypotheses were tested. First, given that infants can improve their abilities to act on affordances throughout their development, we predict that spatio-temporal variables of reaching will change between 4 and 6 months of age, when reaching trajectory will be straighter, faster, and with fewer corrections. Second, given that infants are capable of adjusting proximal and distal arm movements when reaching for objects of distinct physical properties, we predict that spatio-temporal variables will change according to size and rigidity. Moreover, reaching trajectory will be less straight, slower, and more corrections will be required for both small and rigid objects. This hypothesis is based on the assumption that reaching for small objects requires more accuracy, control and coordination of arms (Brandão, 1984; Pryde et al., 1998), and that young infants have difficulty grasping rigid objects (Corbetta et al., 2000). In summary, we believe that the infants will change spatio-temporal variables of their reaches as they perceive the object affordances and become able to coordinate their movements based upon perception–action coupling.

This study may provide further information about which factors might influence reaching, thus contributing towards a better understanding of the complexity and adaptability of infant movements concerning the manipulation of object physical properties. Moreover, our findings may be applied to the clinical practice of professionals who work in the field of infant development.

## 2. Methods

### 2.1. Participants

Four healthy fullterm infants (two boys and two girls) participated in this study. The infants were born at a mean gestational age of 39 weeks, range 38–41 weeks, and all of them had an Apgar score of at least 9 after 5 min. The birthweights of the infants were appropriate for gestational age with a mean weight of 3501 g (S.D. = 0.27). The infants were evaluated longitudinally at the ages of 4 ( $M=4$  months and 1 day; S.D. = 4 days), 5 ( $M=5$  months and 1 day; S.D. = 1 day), and 6 months ( $M=5$  months and 29 day; S.D. = 4 days). Infants were admitted in the study following informed parental consent, as approved by the Human Research Ethics Committee of the Federal University of São Carlos (case no. 040/30).

### 2.2. Materials and procedures

Four attractive spherical objects of distinct physical properties were used in this study: two soft (anti-allergic wool pompoms) and two rigid (polystyrene balls) objects, which were small (5 cm in diameter) or large (12.5 cm in diameter) (Corbetta & Thelen, 1996; Fagard & Pezè, 1997; Fagard, 2000; van Hof, van der Kamp, & Savelsbergh, 2002). Therefore, they were classified into four types: large rigid, small rigid, large soft, and small soft. The objects were specially designed for this study.

Spherical markers of “pearl” type were fixed with double-sided hypoallergenic tape to the infant’s wrists (dorsal carpal region) (Out, van Soest, Savelsbergh, & Hopkins, 1998). The infant was placed in a baby chair reclined 50° from the horizontal (von Hofsten, 1982, 1984). A 10-s interval was allowed for the infant to get used to the position. Infants were alert throughout the experiment. Each object was presented in different predetermined sequences at the infant’s midline, shoulders height, and arm’s length (Corbetta et al., 2000; van der Fits & Hadders-Algra, 1998; van der Fits, Otten, Klip, van Eykem, & Hadders-Algra, 1999; Konczak, Borutta, & Dichgans, 1997; Thelen & Spencer, 1998) for a period of 1 min or until the infant had performed seven reaching movements. A 5-s interval was allowed after each presentation. Thus, the total length of the procedure was approximately 4 min and 25 s.

The whole experimental phase was recorded by using a three-camera (60 Hz) motion capture system. One camera was positioned above and behind the chair. The other two were positioned in front of and diagonally to the chair, on the right and left sides. Thus, all the markers were visible throughout the reaching movements.

### 2.3. Analysis system

The images from the three cameras were picked up by an image capture board. Adobe Premier 6.3 software was used to obtain files in AVI format. These files were opened within the Dvideow 5.0 image analysis system (Carvalho, Tudella, & Barros, 2005; Figueroa, Leite, & Barros, 2003). This system was used for obtaining a three-dimensional reconstruction of the infant’s arm movements undertaken while reaching for the object. For example, to analyze the movement of the left arm, the images from the cameras above and on the left side of the chair were used. For two-handed reaching movements, the arm that first touched the object was analyzed.

The Dvideow system outputs *X*, *Y* and *Z* coordinates from the marker fixed to the wrist for each frame of the movement. The Matlab 6.0 program was used to filter these outputs. A fourth-order Butterworth filter with a cutoff frequency of 6 Hz was used. Straightness index, mean velocity and movement units were calculated by means of routines.

### 2.4. Description of dependent variables

#### 2.4.1. Straightness index

In this study, the straightness index was obtained by calculating the ratio between the least distance that could have been traveled in this trajectory (distance between the initial position of the hand and the object) and the distance traveled by the hand (total trajectory). The closer is this index to 1, the straighter is the trajectory. A straightness index of 1 would indicate that the infant had performed a reaching through the shortest possible trajectory (Thelen et al., 1996).

Fig. 1 shows the trajectory traveled by an infant’s hand, and the shortest possible trajectory.

#### 2.4.2. Mean velocity

The *Mean Velocity* was obtained by calculating the ratio between the distance traveled and the duration of the movement (Mathew & Cook, 1990) from the *X*, *Y* and *Z* coordinates of the wrist marker.

#### 2.4.3. Movement unit

Each *Movement Unit* was defined as a maximum velocity between two minimum velocities, for which the difference was greater than 1 cm/s (Thelen et al., 1996). Thus, a velocity curvature with several maximum and minimum peaks would illustrate several movement units. The velocity was obtained by the vector norm, which is the square root of the addition of *X*, *Y* and *Z* squares, and can be formally expressed as:

$$\|\vec{v}(t)\| = \sqrt{\left(\frac{dx(t)}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy(t)}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz(t)}{dt}\right)^2}$$

### 2.5. Data analysis

The beginning and the end of the reaches were analyzed by viewing the infant’s behavior on videotape recordings. The beginning of a reach was defined as the first frame when the infant’s arm began uninterrupted approach toward

## Apêndices

254

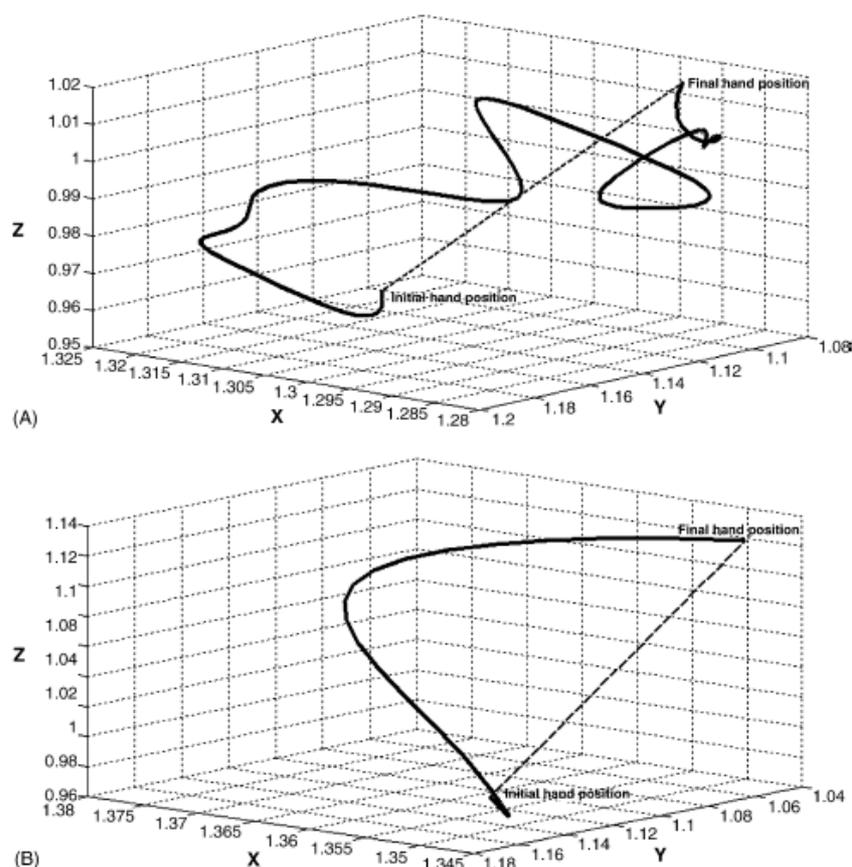
N.A.C.F. Rocha et al. / *Infant Behavior & Development* 29 (2006) 251–261

Fig. 1. Trajectories traveled (continuous line) by an infant of the study at 4 and 6 months, and the shortest possible trajectories (dotted line) this infant could have traveled. (A) The trajectory traveled at 4 months was 0.254 m, the shortest possible trajectory was 0.077 m, and the straightness index was 0.304. (B) The trajectory traveled at 6 months was 0.174 m, the shortest possible trajectory was 0.166 m, and the straightness index was 0.954.

the object. The end of a reach was defined as the first frame when the infant's hand touched the object. The reaching movement was excluded if the infant cried or became irritated while performing the movement or if the infant started the arm movement with the hand close to the object (trajectory lower than 10 frames). Furthermore, if one of the markers was not picked up by one of the cameras for more than 10% of the total duration of the movement (Konczak, Borutta, & Dichgans, 1997), this movement was also excluded.

Out of the seven possible reaching movements performed for each object, five were used for the statistical analysis. Kruskal–Wallis test analyzed whether the samples (from the same population) were different when comparing the spatio-temporal variables with the age. Mann–Whitney test examined the relation between spatio-temporal variables and the object properties (size and rigidity). Finally, chi-square tests were applied to verify if the frequency of reaching increased over age in relation to the number of times the objects were presented. A significance level of  $p \leq 0.05$  was used for all the analyses.

### 3. Results

Out of 214 reaching movements collected, seven were excluded because of crying, and 19 due to experimental errors (when infant began the arm movement with the hand close to the object, or when one of the markers was not picked

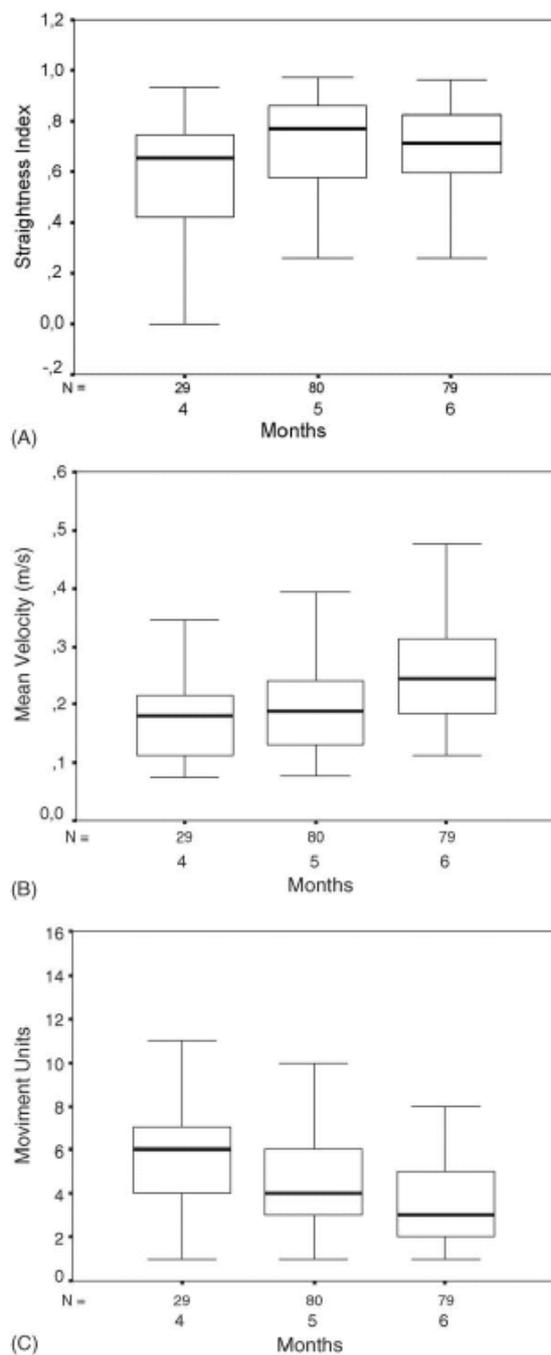


Fig. 2. (A) Median and standard deviation of the straightness index of infants at 4, 5, and 6 months. (B) Median and standard deviation of mean velocity of infants at 4, 5, and 6 months. (C) Median and standard deviation of the number of movement units of infants at 4, 5, and 6 months.

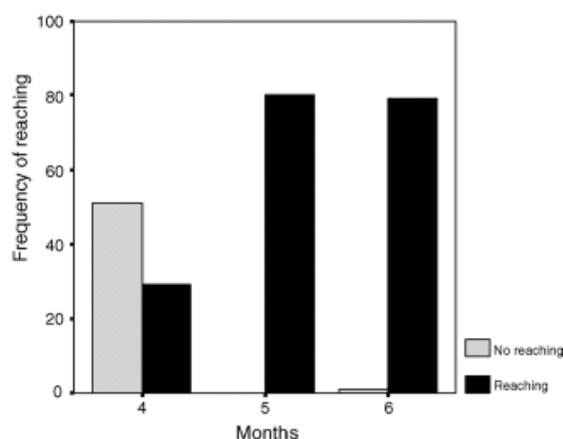


Fig. 3. Frequency of reaching of infants at 4, 5, and 6 months.

up by one of the cameras for more than 10% of the total duration of the movement). Thus, 188 reaching movements were included in the analysis.

### 3.1. The effect of age on spatio-temporal variables and frequency of reaching

Fig. 2A–C shows spatio-temporal variables of reaching for each month. Median straightness index was lower at the fourth month when compared with the other months. The difference among ages was confirmed by the Kruskal–Wallis Test ( $H(2)=9.447$ ;  $p=0.009$ ). Mean velocity was higher at 6 months when compared with the other months ( $H(2)=21.868$ ;  $p<0.001$ ), as shown by Fig. 2B. There were an increase in the number of movement units at 4 months in relation to the other months ( $H(2)=15.967$ ;  $p<0.001$ ). In summary, straightness index and mean velocity increased between 4 and 6 months. In contrast, the number of movement units decreased over age.

Fig. 3 shows the frequency of reaching for each month, independent of the objects presented. At the fourth month the frequency of reaching was lower than at the fifth and sixth months. The difference among ages was significant ( $\chi^2(2)=125.254$ ;  $p<0.001$ ).

### 3.2. The effect of object size on spatio-temporal variables of reaching

Fig. 4A–C shows spatio-temporal variables of reaching for each object size. Median straightness index and mean velocity were lower for small objects. However, the Mann–Whitney test indicated no significant differences in relation to the object size ( $U(1)=3904.5$ ;  $p=0.169$ ;  $U(1)=4169.0$ ;  $p=0.504$ , respectively). Fig. 4C shows an increase in the number of movement units for small objects, which was statistically confirmed ( $U(1)=3566.5$ ;  $p=0.021$ ). In summary, although all of the spatio-temporal variables analyzed were different in relation to the object size, only the movement units were significantly different.

### 3.3. The effect of object rigidity on spatio-temporal variables of reaching

Fig. 5A–C shows spatio-temporal variables of reaching for soft and rigid objects. The median straightness index was higher for soft objects than for rigid objects. However, the Mann–Whitney test did not confirm a significant difference in relation to object rigidity ( $U(1)=4073.0$ ;  $p=0.380$ ). Fig. 5B–C shows that mean velocity ( $U(1)=4105.5$ ;  $p=0.429$ ) and number of movement units ( $U(1)=4226.5$ ;  $p=0.638$ ) were similar for both rigid and soft objects. In summary, there were no significant changes in the spatio-temporal variables analyzed for both soft and rigid objects.

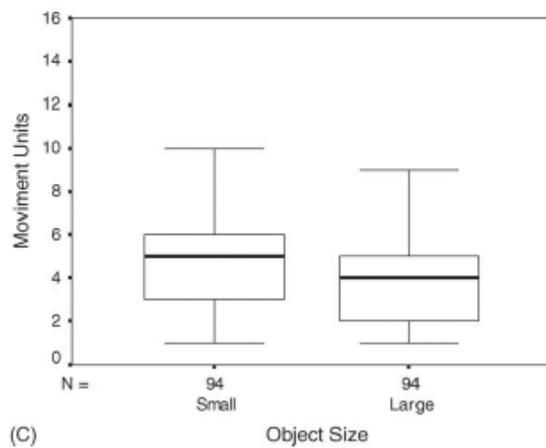
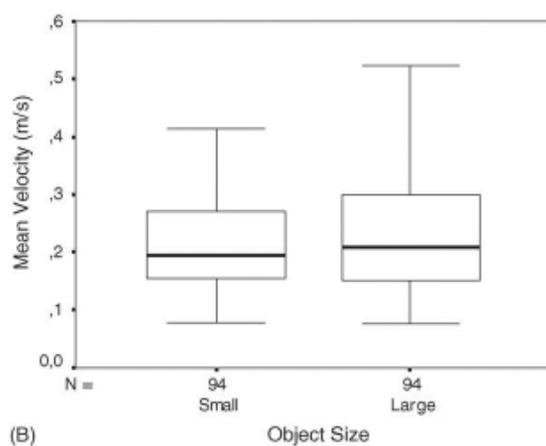
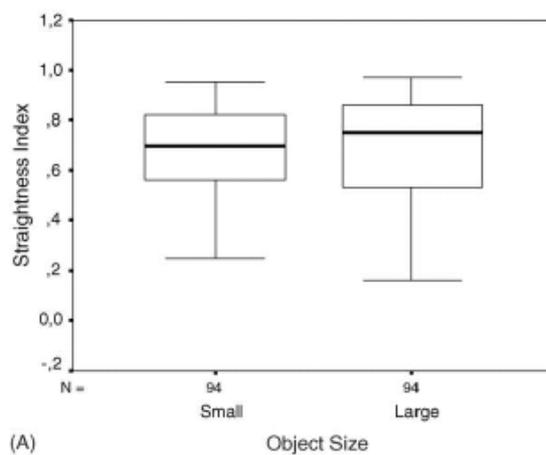


Fig. 4. (A) Median and standard deviation of the straightness index for small and large objects. (B) Median and standard deviation of mean velocity for small and large objects. (C) Median and standard deviation of the number of movement units for small and large objects.

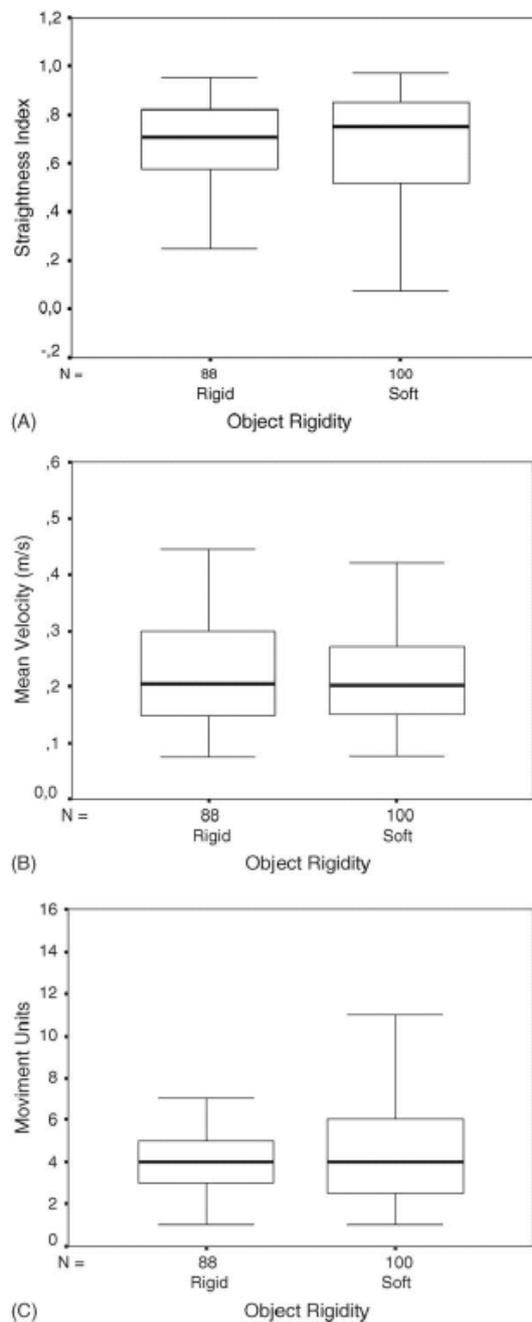


Fig. 5. (A) Median and standard deviation of the straightness index for rigid and soft objects. (B) Median and standard deviation of mean velocity for rigid and soft objects. (C) Median and standard deviation of the number of movement units for rigid and soft objects.

#### 4. Discussion

##### 4.1. *The effect of age on spatio-temporal variables and frequency of reaching*

One of the objectives of this study was to investigate how spatio-temporal variables of reaching might change between 4 and 6 months of age. Our results indicated many different changes in reaching, which were reflected by the increase in linearity and movement velocity, the decrease in trajectory corrections, and the increase in frequency of reaching in relation to the number of times the objects were presented. These findings suggest that the infants improved their abilities to reach for objects with increasing age, which is consistent with previous studies (Coelho, 2004; Corbetta & Thelen, 1996; Fallang et al., 2000; von Hofsten, 1991; Konczak & Dichgans, 1997; Mathew & Cook, 1990; Thelen et al., 1996).

The developmental changes in reaching may be due to increases in visual attention to objects, visual accuracy, cognitive ability, the use of hands for exploratory purposes (Gibson, 1986), and the development of postural control (Fallang et al., 2000). All of these factors play a role in the improvement of reaching, since they lead to an increased object perception and make the arm movements toward the target easier. Consequently, we believe that changes in spatio-temporal variables of reaching are due to the increase in infants' abilities to detect affordances from the environment (Gibson, 1969), and the improvement of their motor abilities to control and coordinate their arm movements toward the objects. Hence, it seems that the improvement of such behavior involves the emergence of an appropriate perception–action coupling, which is tied to important changes in the motor system when reaching.

Our results provide further support for the assumption that, from practicing diverse arm movements against gravity across hours, days and months, infants start to master their biomechanical strengths, thus controlling the trajectory and velocity of their movements based upon the task demands. This process is considered as adaptative, and highlights the infant's motor plan to develop strategies to move their hands smoother and more accurately toward the object. Thus, we suggest that the infants of our study explored the action possibilities provided by the objects throughout their development, and that by the sixth month they were capable of selecting motor strategies that were faster and with fewer corrections.

Our findings confirm, therefore, our predictions that the infants would develop and improve their reaching trajectories over age.

##### 4.2. *The effect of object size on spatio-temporal variables of reaching*

As regards the impact of object size on reaching movement, our results show that the trajectory toward the small objects was performed through more corrections (increased number of movement units) when comparing with the large objects. This finding suggests that the infants modified their movements in order to get adapted to the task demands, indicating some flexibility of their actions. When the infants reached for the small object, it seems that this object required more control of the arm trajectory. This is supported by Pryde et al. (1998), who verified that small objects affected reaching trajectory in 9–10-year-olds, which was manifested by the increase in time spent in deceleration. Although the variable analyzed by them is different from the one analyzed in the current study, we consider that both variables (movement unit and deceleration time) reflected an increased number of trajectory corrections, thus confirming that reaching for small objects requires more accuracy and control of the movement. However, further studies examining the profile of deceleration should be carried out in order to verify whether similar patterns are also present in young infants' behaviors.

It is important to point out that Pryde et al. (1998) attributed their findings to the fact that children have lower ability to integrate visual and proprioceptive information, thus spending more time in deceleration when processing the information and adjusting the trajectory to reach for small objects. We suggest, however, that the number of movement units increased when reaching for the small object, since the infants were able to perceive the differences in size and adjust their trajectory in order to ensure the accuracy of the movement and reach their objectives.

Such variables as straightness index and mean velocity were not modified in relation to the small objects. As regard these results, we believe that the infants may have found a more stable solution, keeping linearity and mean velocity practically constant when performing the movement trajectory toward objects of distinct sizes.

The fact that changes did not occur in all the spatio-temporal variables analyzed in this study is attributed to the early development process of young infants. Since these infants are still learning to master the biomechanical and neural

strengths to control their movements, their patterns can be either more consistent or more variable. Nevertheless, it is not possible to predict if within days, weeks or months the infants would show an even more stable pattern, or if it would be more variable. Likewise, it is not possible to predict whether other variables, not analyzed in this study, would be affected by the object size. It is important to emphasize that most research in this field has neither analyzed the same spatio-temporal variables as the ones of our study, nor assessed infants as young as ours. Hence, our inferences become more difficult to be drawn.

#### 4.3. The effect of object rigidity on spatio-temporal variables of reaching

We predicted that the infants would perceive the soft objects as easier to be grasped due to their physical characteristics (wool pompons) that make the trajectory adjustment easier. As a result, the trajectory would be straighter, faster, and the number of movement units would decrease when comparing with the rigid objects. Nevertheless, no significant differences were verified in the spatio-temporal variables regarding the object rigidity. We do not consider that the lack of changes in such variables is due neither to the lack of object perception – as some authors have suggested (Piaget, 1952; White, Castle, & Held, 1964) – nor to motor constraints – as suggested by Corbetta et al. (2000).

We considered that two different factors may have contributed to this finding. First, given that colors and sizes of the objects were similar (the large rigid object compared with the large soft one, and the small rigid object compared with the small soft one), it is possible that no further relevant information were provided by the object so that the infants could perceive the differences between them, thus needing to adjust velocity and linearity as well as to correct the reaching trajectory. This idea is supported by Gibson (1995), who demonstrated that the perception of affordances leads to specific actions. Thus, when the infants perceived the similarities between the objects, they kept adopting similar movement strategies to reach for either rigid or soft objects. Since the literature only presents data regarding the effect of object rigidity on qualitative adjustments of reaching, we believe that further research using kinematic analysis should be carried out to support our inferences. Corbetta et al. (2000), and Rocha, Silva, and Tudella (in press, *Brazilian Journal of Physical Therapy*) verified that the soft object, independent of its size, provides the infant with the option of using only one hand to reach and grasp, and it also makes grasping easier. The second factor, therefore, is that object rigidity may influence the qualitative variables of reaching more than the quantitative ones, inasmuch as soft objects make grasping easier, without, however, leading to significant changes in spatio-temporal variables.

To confirm which attribution is the more relevant to explain the results presented here, further studies should be carried out, especially those comparing the effects of object properties on both qualitative and quantitative (kinematic) variables of reaching in young infants. Such research might provide data showing which variables are essentially modified when objects of different rigidity are accurately reached and grasped.

The results of this study not only raise important questions but also indicate the need for further experimental studies towards a better understanding of the complexity and adaptability of the movements in young infants.

Furthermore, the findings of our study provide evidences that young infants are not limited and inflexible. On the contrary, they are able to perceive the more relevant properties of an object and modify the essential spatio-temporal variables by using their available motor capabilities.

#### References

- Adolph, K. E., Eppler, M. A., & Gibson, E. J. (1993). Development of perception of affordances. *Advances in infancy research* (Vol. 8, pp. 51–95). Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.
- Barela, J. A. (2001). Ciclo de percepção-ação no desenvolvimento motor. In L. A. Teixeira (Ed.), *Avanços em comportamento motor* (pp. 40–61). São Paulo: Movimento.
- Brandão, J. S. (1984). *Desenvolvimento psicomotor da mão*. Rio de Janeiro (Brazil): Enelivros.
- Carvalho, R. P., Tudella, E., & Barros, R. M. L. (2005). Utilização do sistema Dvideow na análise cinemática do alcance manual de lactentes [Utilization of the Dvideow system in kinematic analysis of infants' reaching movements]. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 9(1), 41–47.
- Coelho, Z. A. (2004). O impacto da informação ambiental no desenvolvimento do alcance em crianças nascidas a termo na faixa etária de 4 a 6 meses: uma abordagem ecológica. Unpublished Master Dissertation, Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte – Brazil.
- Corbetta, D. (1998). Why do infants regress to two-handed reaching at the end of the 1<sup>st</sup> year? *Infant Behavior and Development*, 21, 42.
- Corbetta, D., & Thelen, E. (1996). The developmental origins of bimanual coordination: A dynamic Perspective. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22(2), 502–522.
- Corbetta, D., Thelen, E., & Johnson, K. (2000). Motor constraints on the development of perception-action matching in infant reaching. *Infant Behavior & Development*, 23, 351–374.

- Fagard, J. (2000). Linked proximal and distal changes in the reaching behavior of 5- to 12-month-old human infants grasping objects of different sizes. *Infant Behavior & Development*, 23, 317–329.
- Fagard, J., & Pezè, A. (1997). Age changes in interlimb coupling and the development of bimanual coordination. *Journal of Motor Behavior*, 29(3), 199–208.
- Fallang, B., Saugstad, O. D., & Hadders-Algra, M. (2000). Goal directed reaching and postural control in supine position in healthy infants. *Behavioural Brain Research*, 115, 8–18.
- Figuerola, P. J., Leite, N. J., & Barros, R. M. L. (2003). A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 72, 155–165.
- van der Fits, I. B. M., & Hadders-Algra, M. (1998). The development of postural response patterns during reaching in healthy infants. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 22(4), 521–526.
- van der Fits, I. B. M., Otten, E., Klip, A. W. J., van Eykem, L. A., & Hadders-Algra, M. (1999). The development of postural adjustments during reaching in 6 to 8 month-old infants. *Experimental Brain Research*, 126, 517–528.
- Gibson, J. E. (1969). *Principles of perceptual learning and development*. New York: Appleton-Century/Crofts.
- Gibson, J. J. (1986). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin/Erlbaum.
- Gibson, E. J. (1995). Exploratory behavior in the development of perceiving, acting, and the acquiring of knowledge. *Advances in infancy research* (Vol. 9, pp. 21–61). Norwood, NJ: Ablex Publishing Company. (Original work published 1988).
- Gibson, E. J., & Pick, A. D. (2000). *An ecological approach to perceptual learning and development*. Oxford: Oxford University Press.
- van Hof, P., van der Kamp, J., & Savelsbergh, G. J. P. (2002). The relation of unimanual and bimanual reaching to crossing the midline. *Child Development*, 73, 1353–1363.
- von Hofsten, C. (1979). Development of visually directed reaching: The approach phase. *Journal of Human Movement Studies*, 5, 160–178.
- von Hofsten, C. (1982). Eye-hand coordination in the newborn. *Developmental Psychology*, 18(3), 450–461.
- von Hofsten, C. (1984). Developmental changes in the organization of pre-reaching movements. *Developmental Psychology*, 20(3), 378–386.
- von Hofsten, C. (1991). Structuring of early reaching movements: A longitudinal study. *Journal of Motor Behavior*, 23(4), 280–292.
- von Hofsten, C. (2004). An action perspective on motor development. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(6), 263–272.
- Konczak, J., Borutta, M., & Dichgans, J. (1997). The development of goal-directed reaching in infants. In: Learning to produce task-adequate patterns of joint torque. *Experimental Brain Research*, 113, 465–474.
- Konczak, J., & Dichgans, J. (1997). The development toward stereotypic arm kinematics during reaching in the first 3 years of life. *Experimental Brain Research*, 117, 346–354.
- Mathew, A., & Cook, M. (1990). The control of reaching movements by young infants. *Child Development*, 61, 1238–1257.
- Newman, C., Atkinson, J., & Braddick, O. (2001). The developmental of reaching and looking preferences in infants to objects of different sizes. *Developmental Psychology*, 37(4), 561–572.
- Newell, K. M., McDonald, P. V., & Baillargeon, R. (1993). Body scale and infant grip configurations. *Developmental Psychobiology*, 26(4), 195–205.
- Newell, K. M., Scully, D. M., McDonald, P. V., & Baillargeon, R. (1989). Task constraints and infant grip configurations. *Developmental Psychobiology*, 22(8), 817–832.
- Out, L., van Soest, A. J., Savelsbergh, G. J. P., & Hopkins, B. (1998). The effect of posture on early reaching movements. *Journal of Motor Behavior*, 30(3), 260–272.
- Piaget, J. (1952). *The origins of intelligence in the children*. New York: International Universities Press.
- Pryde, K. M., Roy, E. A., & Campbell, K. (1998). Prehension in children and adults: The effects of object size. *Human Movement Science*, 17(6), 743–752.
- Savelsbergh, G. J. P., & van Der Kamp, J. (1994). The effect of body orientation to gravity on early infant reaching. *Journal of Experimental Child Psychology*, 58, 510–528.
- Thelen, E., Corbetta, K. K., Spencer, J. P., Schneider, K., & Zernicke, R. F. (1993). The transition to reaching: Mapping intention and intrinsic dynamics. *Child Development*, 64, 1058–1098.
- Thelen, E., Corbetta, D., & Spencer, J. P. (1996). Development of reaching during the first year: Role of movement speed. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22(5), 1059–1076.
- Thelen, E., & Spencer, J. P. (1998). Postural control during reaching in young infants: A dynamic systems approach. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 22(4), 507–514.
- White, B. L., Castle, P., & Held, R. (1964). Observations on the development of visually directed reaching. *Child Development*, 35, 349–364.

## Apêndices

---

### Apêndice V – Artigo aceito na Revista Brasileira de Fisioterapia



RBF 788 2005

São Carlos, 21 de dezembro de 2005.

Ilmos. Srs.  
N. A. C. F. Rocha;  
F. P. S. Silva;  
E. Tudella.

Ref.: Manuscrito 166/2005 - INFLUÊNCIA DO TAMANHO E DA RIGIDEZ DOS  
OBJETOS NOS AJUSTES PROXIMAIS E DISTAIS DO ALCANCE DE LACTENTES

Prezados Autores

Informamos V.Sas que o artigo acima foi aceito para publicação na data de hoje.

Atenciosamente.



Dormélia Pereira Cazella  
Secretária Executiva  
Revista Brasileira de Fisioterapia

## Apêndices

---

### INFLUÊNCIA DO TAMANHO E DA RIGIDEZ DOS OBJETOS NOS AJUSTES PROXIMAIS E DISTAIS DO ALCANCE DE LACTENTES

N. A. C. F. Rocha<sup>1</sup>; F. P. S. Silva<sup>1</sup>; E. Tudella<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Fisioterapia/Setor de Fisioterapia em Neuropediatria da Universidade Federal de São Carlos.

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)  
Rodovia Washington Luís, Km 235, Caixa Postal 676  
CEP: 13565-905, São Carlos (SP), Brasil  
Núcleo de Estudos em Neuropediatria e Motricidade (NENEM)  
Laboratório de Pesquisas em Neuropediatria (LAPEN)  
Tel/Fax: (16) 3351-8407  
[www.ftneuroped.ufscar.br](http://www.ftneuroped.ufscar.br)

Agradecimento:

Apoio financeiro do CNPq.

Correspondência para:

Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha  
Rua Miguel Mazzei nº 130  
Residencial Samambaia  
CEP: 13565-570, São Carlos (SP), Brasil  
tel: (16) 3361-9499/ 9994-1846  
e-mail: [acicuto@power.ufscar.br](mailto:acicuto@power.ufscar.br)

Título para páginas do artigo:

Influência dos objetos no alcance de lactentes

Influence of objects on infant reaching

Palavras-chave:

Propriedades físicas dos objetos, alcance, apreensão, percepção-ação, lactentes, *affordances*.

Key words: Physical properties of objects, reaching, grasping, perception-action, infants, *affordances*.

**INFLUÊNCIA DO TAMANHO E DA RIGIDEZ DOS OBJETOS NOS AJUSTES PROXIMAIS E DISTAIS DO ALCANCE DE LACTENTES****RESUMO**

**Contextualização:** Estudos têm identificado que as propriedades dos objetos induzem os ajustes no alcance; no entanto, poucos investigaram a influência específica do tamanho e rigidez dos objetos em lactentes jovens. **Objetivo:** Verificar se lactentes de 4 a 6 meses de idade realizam ajustes proximais e distais ao alcançarem objetos de diferentes tamanhos e rigidez. **Métodos:** Nove lactentes saudáveis foram posicionados em uma cadeira inclinada a 50°. Quatro objetos foram apresentados, um rígido grande (RG), um rígido pequeno (RP), um maleável grande (MG) e um maleável pequeno (MP), por um período de 1 minuto cada. Em um total de 384 alcances, foram analisados os ajustes proximais (alcance uni e bimanual) e distais (orientação da mão horizontal, vertical e oblíqua; mão aberta, fechada e semi-aberta) e o sucesso do alcance dos objetos. **Resultados:** Constatou-se ajuste bimanual para o objeto RG e unimanual para os demais. A orientação da mão oblíqua foi predominante no toque dos objetos, enquanto para a preensão dos mesmos, a predominância foi a vertical, principalmente para o objeto RG. A orientação horizontal não foi observada na preensão do objeto RG. A mão semi-aberta foi mais freqüente no início do alcance para todos os objetos, enquanto no toque do objeto RG a mão aberta foi predominante. O sucesso do alcance foi maior para os objetos maleáveis (MG, MP) do que para os rígidos (RG e RP). **Conclusão:** Lactentes jovens são capazes de planejar e ajustar seus movimentos baseados na percepção das propriedades físicas dos objetos, o que sugere interação percepção-ação.

**INFLUENCE OF OBJECT SIZE AND RIGIDITY ON PROXIMAL AND DISTAL  
ADJUSTMENTS IN INFANT REACHING**

***ABSTRACT***

**Contextual:** Studies have identified that object properties lead to adjustments in reaching; however, few have investigated the specific influence of object size and rigidity on young infants. **Objective:** Verify whether 4-to-6-month infants make proximal and distal adjustments in reaching for objects of different sizes and rigidity. **Methods:** Nine healthy infants were seated on a chair inclined at 50°. Four objects were presented to them, one large rigid (LR), one small rigid (SR), one large malleable (LM) and one small malleable (SM), for a period of 1 minute each. A total of 384 reaches was analyzed in order to verify proximal (unimanual and bimanual reaching) and distal (horizontal, vertical and oblique hand orientation; opened, closed and half-opened hand) adjustments, and the success in reaching the objects. **Results:** The infants showed bimanual adjustments to the LR object and unimanual adjustments to the other objects. Oblique orientation was more frequent at the touch of the objects, while vertical orientation was more frequent at the grasping for the same objects, specially the LR object. Horizontal orientation was not observed when grasping the LR object. Half-opened hand was more frequent at the beginning of the reaching for all the objects, while at the touch of the LR object the hand was predominantly opened. The success in reaching was higher with malleable objects (LM, SM) than with rigid objects (LR and SR). **Conclusion:** Young infants are capable of planning and adjusting their movements as they perceive physical properties of the objects, thus suggesting a perception-action interaction.

## **Apêndices**

---

KEY WORDS: physical properties of objects, reaching, grasping, perception-action, infants, affordances.

A aquisição da habilidade de alcançar e apreender objetos constitui um importante marco no desenvolvimento motor e cognitivo no primeiro ano de vida dos lactentes<sup>1,2</sup>. Aprender a coordenar e ajustar os movimentos dos membros superiores para alcançar e apreender objetos é, portanto, um processo essencial para que o lactente aprenda sobre o ambiente e atinja seus objetivos com maior precisão<sup>2</sup>.

Para que os objetos sejam alcançados e apreendidos com precisão, deverão ocorrer dois tipos de ajustes de movimentos dos membros superiores: o ajuste proximal, considerado como a iniciativa de direcionar um ou ambos os membros superiores (alcances uni e bimanual) ao alvo apresentado; e o ajuste distal, que se refere ao posicionamento da mão e dos dedos para fazer contato e apreender o objeto<sup>3</sup>. Alguns pesquisadores relatam que os ajustes proximais bimanuais iniciam por volta dos 5-6 meses<sup>3,4</sup> e os ajustes distais, por volta dos 7-9 meses<sup>5</sup>. Outros pesquisadores, ainda verificaram que os ajustes proximais e distais são guiados pela informação disponibilizada pelas propriedades físicas dos objetos<sup>6,7,8</sup>.

Jeannerod<sup>9</sup> sugere que as propriedades físicas intrínsecas dos objetos, tais como tamanho, forma, textura e peso, afetam o posicionamento das mãos e dedos (ajustes distais) em relação ao objeto, enquanto as propriedades extrínsecas, tais como distância, localização e orientação do objeto, influenciam a trajetória de braço e mão (ajustes proximais) em direção ao objeto.

Estudos têm constatado que o tamanho e a rigidez dos objetos influenciam nos ajustes manuais em lactentes apenas por volta dos 8-9 meses de idade<sup>10,3</sup>. Segundo Corbetta, Thelen e Johnson<sup>10</sup>, o tamanho do objeto influenciará a estratégia do lactente em usar uma ou duas mãos para tocar e apreender objetos, ou seja, uma mão para os objetos pequenos e duas para

## Apêndices

---

os grandes, sendo que o objeto maleável oferece a opção de usar apenas uma mão para alcançar e apreender os objetos independentemente de seu tamanho. Contudo, o efeito do tamanho e da rigidez nos ajustes distais do alcance (orientação e abertura da mão) não foi verificado em tal estudo. Referente aos ajustes distais, Fagard<sup>3</sup> verificou aumento da abertura da mão de acordo com o tamanho do objeto, diminuição da orientação horizontal da mão com o aumento da idade, bem como aumento na orientação vertical ao tocar o objeto. Fagard<sup>3</sup>, no entanto, não verificou a relação da orientação das mãos com o tamanho do objeto.

Dessa forma, nota-se que, embora a literatura evidencie o desenvolvimento do alcance e relate o fato de que as propriedades físicas dos objetos induzem ajustes proximais e distais de movimentos, há poucos estudos que investigam o aprimoramento de ambos considerando as influências específicas das propriedades de tamanho e rigidez dos objetos em lactentes jovens de 4 a 6 meses de vida.

Além disso, observa-se que há um consenso de que os lactentes possuem sistemas perceptuais ativos que captam as informações específicas do ambiente<sup>11,10</sup> e de que, nesse período, o sistema exploratório manual (visual e motor) desenvolve-se, tornando possível a percepção das *affordances* tal como, características distintas dos objetos<sup>12</sup>. Atualmente pesquisadores têm se interessado em investigar se os lactentes são capazes de guiar seus movimentos baseados nessas informações. Dessa forma, o presente estudo tem por objetivo verificar se os lactentes tão jovens como os de 4 a 6 meses de vida são capazes de guiar seus movimentos realizando ajustes proximais e distais a partir das informações visual e tátil de tamanho e rigidez dos objetos.

Para responder o propósito deste estudo, duas hipóteses foram testadas. Embora Jeannerod<sup>9</sup> afirme que as propriedades intrínsecas dos objetos, tal como o tamanho, afetam apenas os ajustes distais dos membros superiores, nossa primeira hipótese é a de que as

## Apêndices

---

propriedades intrínsecas, representadas neste estudo pelo tamanho (grande e pequeno) e rigidez (rígido e maleável) dos objetos, influenciarão tanto os ajustes proximais (alcance uni e bimanual) quanto os distais (mão aberta, semi-aberta, fechada, horizontal, vertical e oblíqua) do alcance manual. Isso porque acreditamos que, para alcançar e apreender com sucesso o objeto grande e rígido, o lactente precisará realizar ajuste bimanual, verticalização das mãos e mãos abertas; enquanto que, para alcançar e apreender o objeto grande e maleável, o lactente terá a opção de utilizar ajuste unimanual e, também, ajustes distais diversificados, sendo mesmo assim, capaz de apreender o objeto com sucesso. Quanto aos objetos pequenos, tanto o rígido quanto o maleável permitem a utilização de apenas uma mão, e os ajustes distais de orientação da mão poderão ser diversificados, sendo que a mão não precisa estar necessariamente aberta ao tocar os objetos para que estes sejam apreendidos.

Embora Corbetta, Thelen e Johnson<sup>10</sup> e Fagard<sup>3</sup> tenham verificado que os ajustes manuais ocorreram somente em lactentes por volta dos 8-9 meses de idade, nossa segunda hipótese é a de que os lactentes tão jovens quanto os de 4 a 6 meses apresentarão mudanças nos ajustes proximais e distais em função das variações de tamanho e rigidez dos objetos. Uma vez que os lactentes saudáveis iniciam os movimentos de alcance por volta dos 4 meses<sup>11,13</sup>, e os de prensão voluntária, por volta dos 5 meses<sup>5,14,15,16,17</sup>, acreditamos que a prática na execução dos movimentos dos braços ao longo dos 4 aos 6 meses de idade conduzirá ao refinamento das suas ações.

Portanto, acreditamos que os ajustes proximais e distais dos membros superiores dos lactentes serão influenciados pela percepção das propriedades físicas de tamanho e rigidez dos objetos, e bem como pela capacidade intrínseca do lactente de coordenar seus movimentos em uma complexa interação de percepção-ação. Obter maiores informações sobre os possíveis fatores que influenciam os movimentos de alcance e prensão de objetos parece, portanto, ser

## **Apêndices**

---

de suma importância, visto que tais comportamentos são fundamentais para a continuidade do desenvolvimento motor e cognitivo do lactente.

### **METODOLOGIA**

#### *Participantes*

Participaram do estudo nove lactentes saudáveis, três meninos e seis meninas, nascidos a termo (M = 39 semanas gestacionais;  $\pm 1,41$ ). Esses foram avaliados longitudinalmente nas idades de 4 (M = 4 meses e 2 dias;  $\pm 0,85$ ), 5 (M = 4 meses e 26 dias;  $\pm 1,32$ ) e 6 (M = 6 meses e 1 dia;  $\pm 2,55$ ) meses, com tolerância de 5 dias anteriores ou posteriores à data do aniversário. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos (processo nº 040/30), e os pais ou responsáveis pelo lactente assinaram previamente o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

#### *Materiais e Procedimentos*

Para a realização deste estudo foram utilizados quatro objetos esféricos e atrativos de propriedades distintas: dois maleáveis (“pompon” de lã antialérgica) e dois rígidos (bolas de isopor), sendo dois pequenos (5cm de diâmetro) e dois grandes (12,5cm de diâmetro)<sup>4,18,3,19</sup>. Em suma, foram apresentados aos lactentes um objeto rígido grande (RG), um rígido pequeno (RP), um maleável grande (MG) e um maleável pequeno (MP). Os objetos foram especialmente confeccionados para o propósito deste estudo.

Os lactentes foram posicionados em uma cadeira infantil<sup>20</sup> com inclinação de 50° com a horizontal<sup>13</sup>. Um intervalo de 10 segundos foi permitido para que o lactente se adaptasse na

## Apêndices

---

postura e, então, com os lactentes em estado comportamental de alerta, iniciava-se o teste. Os objetos foram apresentados em diferentes seqüências pré-determinadas para que a ordem de apresentação não influenciasse nos resultados. Cada objeto foi apresentado a uma distância correspondente ao comprimento do membro superior do lactente, na linha média do corpo e na altura dos ombros<sup>10,15,16</sup>, por um período de 1 minuto ou até o lactente realizar 7 alcances. Um intervalo de 5 segundos foi permitido após cada apresentação, totalizando o tempo do procedimento em aproximadamente 4 minutos e 25 segundos.

Toda a fase experimental foi filmada por três câmeras filmadoras digitais, uma posicionada pósterio-superiormente à cadeira e as outras duas localizadas anterior e diagonalmente à cadeira, estando uma à direita e a outra à esquerda<sup>20</sup>.

### *Sistema de Análise*

**As imagens foram capturadas por uma placa de captura de imagens, utilizando o software Adobe Premier 6.3 em arquivos com formato AVI. De posse desses arquivos, as imagens foram abertas no sistema Dvideow 5.0<sup>21</sup>, por meio do qual foi realizada a identificação, quadro a quadro, do início e final do alcance do membro superior que tocou o objeto, tanto das imagens referentes às câmeras situadas superior quanto lateralmente à cadeira. Para análise do movimento do membro superior esquerdo, por exemplo, analisamos as imagens das câmeras situadas superior e à esquerda da cadeira. Para os alcances bimanuais, foi analisado o membro superior que primeiro tocou o objeto.**

### *Descrição das variáveis dependentes*

## **Apêndices**

---

### ***Ajustes proximais***

Foram considerados como ajustes proximais a iniciativa de direcionar um ou ambos os membros superiores ao alvo apresentado. Foi considerado ajuste unimanual quando o lactente deslocou somente um dos membros superiores em direção ao alvo<sup>10</sup>, ou quando ambos os membros saíram em direção ao objeto com uma diferença superior a 20 quadros (7,2 ms) do início do movimento de um membro para o outro, ou, ainda, quando um dos membros superiores realizou o alcance do objeto enquanto o outro ficou parado ou produzindo pequenos movimentos que não fossem orientados ao objeto<sup>4</sup>. Foi considerado alcance bimanual quando o lactente estendeu simultaneamente os membros superiores em direção ao alvo<sup>10</sup>, ou quando os membros superiores saíram da posição inicial com atraso igual ou inferior a 20 quadros de uma mão em relação à outra. Neste caso, as mãos deveriam deslocar simultaneamente até pelo menos a metade do arco de movimento (50% da trajetória), sendo que o toque poderia ser feito simultaneamente com ambas as mãos, ou inicialmente com uma delas.

### ***Ajustes distais e Sucesso do alcance***

Foram considerados como ajustes distais aqueles realizados pelas mãos e dedos. Foi avaliada a orientação da mão, considerando as seguintes posições: horizontal – quando o antebraço estava em pronação, com a palma da mão voltada para baixo; vertical – quando o antebraço estava em posição neutra e a palma da mão orientada para a linha média do corpo do lactente; e oblíqua – quando a mão estava em posição intermediária em relação às outras duas supracitadas. A orientação da mão foi avaliada no momento em que o lactente tocou o objeto e quando realizou a apreensão do mesmo. Referente à abertura da mão, foi considerada mão aberta quando as articulações metacarpofalangeanas e interfalangeanas estavam estendidas; mãos fechadas quando as articulações metacarpofalangeanas e interfalangeanas estavam fletidas; e mão semi-aberta quando as articulações metacarpofalangeanas estavam

## Apêndices

---

fletidas (independentemente do grau de flexão) e as interfalangeanas estendidas, ou, ainda, quando as metacarpofalangeanas estavam estendidas e as interfalangeanas fletidas. A abertura da mão foi avaliada no início e no final do alcance.

Alcance com sucesso foi considerado quando o lactente conseguia apreender o objeto ou parte dele com uma ou ambas as mãos. Alcance sem sucesso foi determinado por movimentos direcionados ao objeto, seguido de toque; porém, que não resultassem em apreensão do mesmo.

Para maior confiabilidade da análise dessas variáveis, foi realizado um Estudo de Fidedignidade inter-observadores (3 observadores) e obtida concordância de 97,9% entre eles.

### *Análise dos Dados*

A análise dos dados foi concentrada nos movimentos de alcance, dos quais o início foi determinado como o primeiro movimento direcionado e ininterrupto do braço em direção ao objeto. O final do alcance foi determinado como o primeiro quadro no qual a mão contactou o objeto. Os alcances foram excluídos quando o lactente apresentava falta de interesse, choro ou irritação durante a realização do movimento ou quando iniciou o movimento com a mão próxima (trajetória inferior a 10 quadros) ao objeto.

Dos 7 possíveis alcances realizados para cada objeto, os primeiros 5 alcances foram utilizados para tratamento estatístico.

Nas análises dos movimentos de alcance, foi aplicada a técnica não paramétrica, visto que os dados são nominais. O Teste Qui-quadrado foi proposto para avaliar o percentual de alcances para os objetos RG, RP, MG e MP em todas as avaliações longitudinais.

Para todas as análises considerou-se um nível de significância de 0,05.

## Apêndices

---

### RESULTADOS

Um total de 432 alcances foi coletado, 12 foram excluídos por falta de interesse dos lactentes e 36 por erro no experimento (lactente iniciou o movimento com a mão próxima ao objeto). Assim, 384 alcances foram incluídos na análise.

Para verificar se a ordem de apresentação dos objetos não influenciou os resultados de ajustes proximais e distais de alcance, foi aplicado o Teste Kruskal Wallis, o qual constatou ausência de influência ( $p > 0,05$ ).

#### *Ajustes proximais em relação aos objetos apresentados*

Constatou-se diferença significativa nos ajustes proximais (uni e bimanual) em relação aos objetos apresentados ( $\chi^2(3)=50,826$ ;  $p < 0,001$ ). A Figura 1 ilustra maior porcentagem de ajustes bimanuais para o objeto RG e unimanuais para os demais objetos, principalmente para o RP.

[inserir Figura 1]

#### *Ajustes distais em relação aos objetos apresentados*

Constatou-se que não houve diferença significativa ( $\chi^2(6)=3,189$ ;  $p=0,785$ ) na orientação da mão no toque em relação aos objetos apresentados (Figura 3A). Contudo, constatou-se diferença significativa da orientação da mão na preensão ( $\chi^2(6)=17,876$ ;  $p=0,007$ ). A Figura 2A mostra que a orientação da mão no toque dos objetos foi predominantemente oblíqua para todos os objetos. A Figura 2B mostra que a predominância de orientação da mão na preensão foi a vertical. O percentual de orientação da mão vertical, no

## **Apêndices**

---

entanto, foi maior para o objeto RG, e a orientação horizontal não foi observada na apreensão deste objeto.

[inserir Figura 2A e 2B]

Constatou-se que não houve diferença significativa da abertura da mão no início do alcance ( $\chi^2(6)=5,613$ ;  $p=0,468$ ) em relação aos objetos apresentados (Figura 3A). No entanto, constatou-se diferença significativa na abertura da mão no final do alcance ( $\chi^2(3)=9,551$ ;  $p=0,023$ ). A Figura 3A mostra que a abertura da mão no início do alcance foi predominantemente semi-aberta. A Figura 3B mostra que o percentual de mão aberta no final do alcance foi maior para o objeto RG quando comparado aos demais objetos.

[inserir Figura 3A e 3B]

### *Sucesso do alcance em relação aos objetos apresentados*

Constatou-se diferença significativa entre os alcances realizados com e sem sucesso em relação aos objetos apresentados ( $\chi^2(3)=55,006$ ;  $p<0,001$ ). A Figura 4 mostra que o percentual de alcances com sucesso foi maior para os objetos maleáveis (MP e MG) em relação aos rígidos (RP e RG). Entre os objetos rígidos observa-se um percentual maior de alcances com sucesso para o objeto RP.

[inserir Figura 4]

## **DISCUSSÃO**

*Influência das propriedades intrínsecas dos objetos nos ajustes proximais do alcance.*

## Apêndices

O presente estudo disponibiliza evidências de que as propriedades de tamanho e rigidez dos objetos influenciam tanto os ajustes proximais quanto os distais do alcance de lactentes tão jovens quanto os de quatro a seis meses de idade, confirmando, assim, as hipóteses previamente levantadas.

Verifica-se que os lactentes guiaram seus movimentos a partir da informação visual do tamanho e da rigidez dos objetos, realizando ajustes proximais bimanuais para o objeto RG e unimanuais para os demais objetos, principalmente para o RP, conforme esperado. Os resultados que indicam a influência do tamanho nos ajustes proximais estão de acordo com estudos de Newell et al.<sup>6</sup> e Newell et al.<sup>22</sup>. Estes verificaram que lactentes com 4-5 meses de idade foram capazes de usar uma mão para pegar um objeto pequeno e duas para pegar um objeto grande, sugerindo que o comportamento do lactente não é inflexível, mas, sim, funcionalmente adaptativo à restrição de tarefa. Entretanto, Fagard<sup>3</sup>, Corbetta, Thelen e Johnson<sup>10</sup> verificaram que a capacidade do lactente em realizar ajustes proximais em relação ao tamanho ocorre somente por volta dos 8-9 meses. Fagard<sup>3</sup> atribui tais resultados ao controle insuficiente principalmente de tronco superior, o qual seria necessário para manter a simetria corporal e permitir livre movimento de braço. No presente estudo, não considerou-se que o insuficiente controle de tronco possa ter influenciado os ajustes dos movimentos dos lactentes, visto que a cadeira de teste permitiu o suporte de tronco apropriado, possibilitando o livre movimento de braços. Sendo assim, os resultados revelam que os lactentes jovens foram capazes de perceber as *affordances* dos objetos, bem como de gerar ações motoras apropriadas. Tal suposição reforça a idéia de Gibson<sup>12</sup>, que defende que a percepção guia a ação e a ação refina a percepção. Sugere-se, então, que a prática de movimentos diversificados durante dias, semanas e meses de vida foi o que provavelmente conduziu ao refinamento das ações dos lactentes, e permitiu ajustes dos movimentos dos membros superiores.

## Apêndices

Referente à rigidez dos objetos, pode-se constatar que o objeto maleável ofereceu ao lactente a opção de usar apenas uma mão para alcançar e apreender os objetos independentemente de seu tamanho. Esse resultado está de acordo com o estudo de Corbetta, Thelen e Johnson<sup>10</sup>. Entretanto, neste estudo, os pesquisadores verificaram que tais ajustes ocorreram apenas em lactentes por volta dos 8 e 9 meses de idade, quando a restrição intrínseca foi reduzida. No presente estudo, acredita-se que os lactentes não apresentam restrição intrínseca que os impeçam de realizar ajustes proximais. Os lactentes tão jovens quanto os de 4 a 6 meses possuem padrões flexíveis de movimento que se adaptam às condições externas.

### *Influência das propriedades intrínsecas dos objetos nos ajustes distais e sucesso do alcance.*

Pode-se constatar que as propriedades intrínsecas dos objetos também influenciaram os ajustes distais do alcance no período estudado. Foi possível verificar que a orientação da mão no momento do toque foi predominantemente oblíqua, independentemente das propriedades dos objetos. Entretanto, para apreender os objetos, os lactentes precisaram mudar seus ajustes, passando a utilizar a orientação vertical, principalmente para o objeto RG, bem como, não utilizaram a orientação horizontal para este objeto. Portanto, nota-se que a orientação vertical parece ser a mais funcional para a preensão voluntária e a orientação horizontal parece não ser adequada para apreender o RG, pois exigiria do lactente disposição alternada dos membros superiores (uma mão sobre e acima e a outra, sob e abaixo do objeto) para manter o objeto RG nas mãos. Vale ressaltar que poucos estudos avaliaram o ajuste distal correspondente à orientação da mão, sendo que nenhum estudo foi identificado, avaliando ajustes entre o toque e a preensão dos objetos, bem como, utilizando objetos esféricos de diferentes tamanhos e rigidez. Von Hofsten e Fazel-Zandy<sup>23</sup>, ao avaliarem ajustes na orientação da mão utilizando

## Apêndices

---

como estímulos barras dispostas na vertical e na horizontal, também evidenciaram que lactentes tão jovens quanto os de 4 meses e meio de idade realizaram ajustes de orientação da mão em direção à orientação da barra antes mesmo de tocá-las.

Assim, tanto no estudo de Von Hofsten e Fazel-Zandy<sup>23</sup> quanto neste estudo demonstrou-se que lactentes jovens mudaram suas estratégias para melhor ajustar a configuração da mão às propriedades e disposição dos objetos. Entretanto, no primeiro estudo, os lactentes ajustaram a palma das mãos antes do toque; enquanto neste, os lactentes ajustaram a orientação das mãos principalmente após o toque do objeto. Provavelmente, os lactentes precisaram da informação tátil adicional do tamanho e rigidez dos objetos, além das informações visual e proprioceptiva da relação do tamanho e orientação da mão com o objeto. Dessa forma, tais resultados avigoram o que Gibson<sup>12</sup> preconiza sobre a informação que guia a ação, ou seja, a informação diz ao indivíduo o que deve ser feito e como deve ser feito. Segundo esse autor, o requerimento de mais sistemas para levantar informações induz a descoberta de novas *affordances*. Os resultados do presente estudo revelam, portanto, que os lactentes usaram as informações visual, tátil e proprioceptiva para planejar e ajustar efetivamente seus movimentos.

Os lactentes ajustaram a abertura da mão em relação ao tamanho e rigidez dos objetos somente no final do movimento, o que foi observado pela predominância de mão aberta para o objeto RG, confirmando, assim, a hipótese levantada. Esse resultado está de acordo com Jakobson e Goodale<sup>24</sup>, que demonstraram que a abertura da mão aumenta com o tamanho do objeto. Acredita-se que a mão deveria estar mais aberta para permitir a apreensão do objeto grande e rígido, o que não seria necessário para apreender os objetos maleáveis, mesmo que grandes, pois a sua característica física facilita a entrada dos dedos dentro dos fios de lã, mesmo com as mãos semi-abertas. Essa mesma atribuição pode ser feita para o sucesso do

## **Apêndices**

---

alcance, visto que os objetos maleáveis eram mais facilmente apreendidos e mantidos nas mãos para serem explorados. Esses resultados estão de acordo com Corbetta, Thelen e Johnson<sup>10</sup>, que afirmam que o objeto não tendo forma densa pode facilitar a preensão. Este resultado pode ser particularmente interessante no que se refere à intervenção fisioterapêutica, pois o comportamento de preensão de objetos é difícil de ser obtido em crianças com distúrbios neuromotores.

Assim, esses achados sugerem mais uma vez que os lactentes jovens perceberam as propriedades intrínsecas dos objetos e foram capazes de planejar e ajustar seus movimentos.

### **Considerações finais**

Este estudo mostra que os lactentes tão jovens quanto os de 4 a 6 meses de idade foram capazes de realizar ajustes proximais e distais em função do tamanho e rigidez dos objetos. Dessa forma, sugere-se que o desenvolvimento do alcance neste período de vida é marcado pela complexa interação de percepção-ação.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Thelen E, Corbetta D, Kamm K, Spencer J, Schneider K, Zernicke RF. The transition to reaching: Mapping intention and intrinsic dynamics. *Child Dev* 1993; 64: 1058-98.
2. Corbetta D. Why do infants regress to two-handed reaching at the end of the 1<sup>st</sup> year? [abstract] *Infant Behav Dev* 1998; 21: 42.
3. Fagard J. Linked proximal and distal changes in the reaching behavior of 5-to 12-month-old human infants grasping objects of different sizes. *Infant Behav Dev* 2000; 23: 317-329.

## Apêndices

---

4. Corbetta D, Thelen E. The Developmental origins of bimanual coordination: a dynamic perspective. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 1996; 22: 502-522.
5. Hofsten C von, Rönqvist L. Preparation for grasping an object: a developmental study. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 1988; 14(4): 610-621.
6. Newell KM, Scully DM, McDonald PV, Baillargeon R. Task constraints and infant grip configurations. *Dev Psychobiol* 1989; 22: 817-32.
7. Siddiqui A. Object size as a determinant of grasping in infancy. *J Genet Psychol* 1995; 153: 345-358.
8. Fagard J, Jacquet AY. Onset of bimanual coordination and symmetry versus asymmetry of movement. *Infant Behav Dev* 1989; 12: 229-235.
9. Jeannerod M. Intersegmental coordination during reaching at natural visual objects. In: Long J, Baddeley A editores. *Attention and Performance IX*. Hillsdale: Erlbaum; 1981. P. 153-68.
10. Corbetta D, Thelen E, Johnson K. Motor constraints on the development of perception-action matching in infant reaching. *Infant Behav Dev* 2000; 23: 351-74.
11. Thelen E, Corbetta D, Spencer JP. Development of reaching during the first year: Role of movement speed. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 1996; 22: 1059-76.
12. Gibson EJ. Exploratory behavior in the development of perceiving, acting, and the acquiring of knowledge. In: *Advances in infancy research*, Norwood (NJ): Ablex Publishing Company; 1995. P. 21-61.
13. Hofsten, C von. Developmental changes in the organization of prereaching movements. *Dev Psychol* 1984; 20: 378-386.
14. Savelsbergh GJP, Kamp van der J. The effect of body orientation to gravity on early infant reaching. *J Exp Child Psychol* 1994; 58: 510-528.

## **Apêndices**

---

15. Thelen E, Spencer JP. Postural control during reaching in young infants: a dynamic systems approach. *Neurosci Biobehav Rev* 1998; 22(4): 507-514.
16. Fits IBM van der, Hadders-Algra M. The development of postural response patterns during reaching in healthy infants. *Neurosci Biobehav Rev* 1998; 22(4): 521-526.
17. Newman C, Atkinson J, Braddick O. The developmental of reaching and looking preferences in infants to objects of different sizes. *Dev Psychol* 2001; 37(4): 561-572.
18. Fagard J, Pezé A. Age changes in interlimb coupling and the development of bimanual coordination. *J Mot Behav* 1997; 29(3): 199-208.
19. Hof P van, Kamp J van der, Savelsbergh GJP. The relation of unimanual and bimanual reaching to crossing the midline. *Child Dev* 2002; 73: 1353-63.
20. Carvalho RP, Tudella E, Barros RML. Utilização do sistema Dvideow na análise cinemática do alcance manual de lactentes. *Rev. Bras Fisioter* 2005; 9(1): 1-7.
21. Figueroa, P. J.; Leite, N. J.; Barros, R. M. L. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. *Comput Methods Programs Biomed* 2003; 72: 155-165.
22. Newell KM, McDonald PV, Baillargeon R. Body scale and infant grip configurations. *Dev Psychobiol* 1993; 26(4): 195-205.
23. Hofsten C von, Fazel-Zandy S. Development of visually guided hand orientation in reaching. *J Exp Child Psychol* 1984; 38: 208-219.
24. Jakobson LS, Goodale MA. Factors affecting higher-order movement planning: a kinematic analysis of human prehension. *Exp Brain Res* 1991; 86: 199-208.

## **Apêndices**

---

### **Legendas de Figuras**

FIGURA 1. Percentual de alcances unimanual e bimanual para cada objeto apresentado: MG (maleável grande), MP (maleável pequeno), RG (rígido grande) e RP (rígido pequeno).

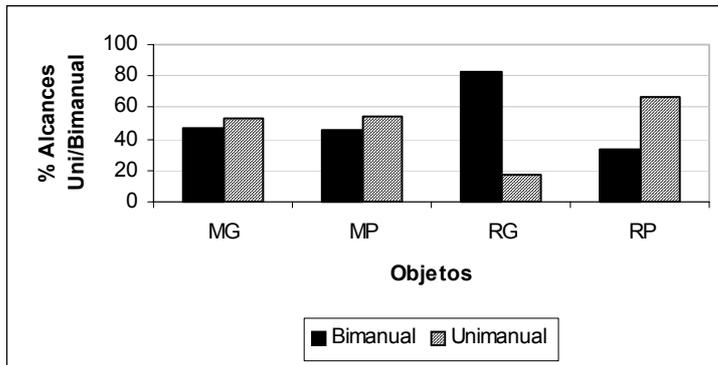
FIGURA 2. Percentual de orientação da mão para cada objeto apresentado: MG (maleável grande), MP (maleável pequeno), RG (rígido grande) e RP (rígido pequeno). A. Orientação da mão no toque dos objetos. B. Orientação da mão na preensão dos objetos.

FIGURA 3. Percentual de abertura da mão para cada objeto apresentado: MG (maleável grande), MP (maleável pequeno), RG (rígido grande) e RP (rígido pequeno). A. Abertura da mão no início do alcance. B. Abertura da mão no final do alcance.

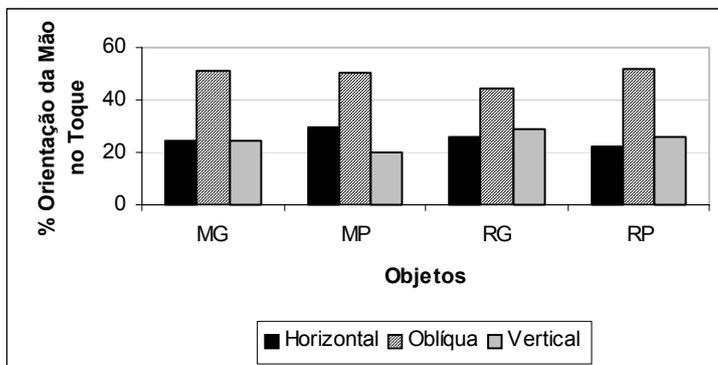
FIGURA 4. Percentual de alcances com e sem sucesso para cada objeto apresentado: MG (maleável grande), MP (maleável pequeno), RG (rígido grande) e RP (rígido pequeno).

## Apêndices

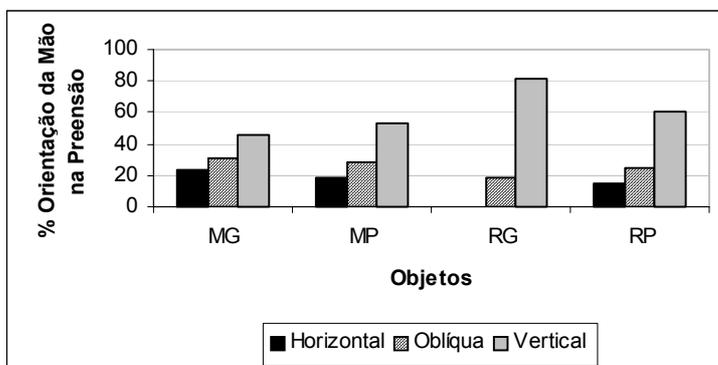
### Figura 1



### Figura 2



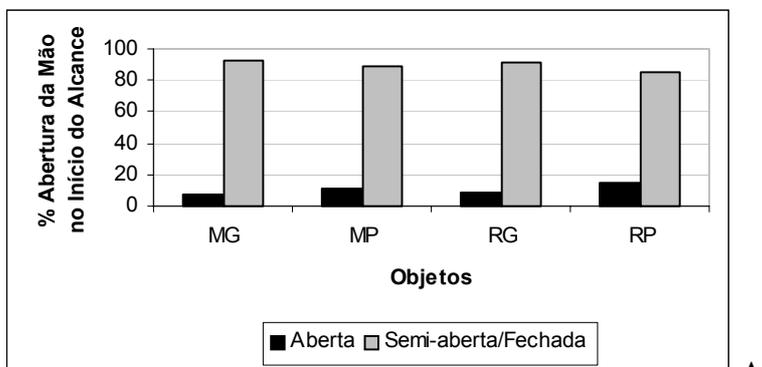
A



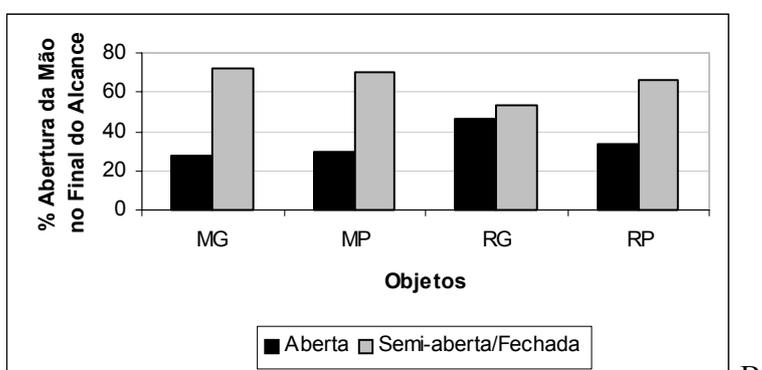
B

## Apêndices

### Figura 3

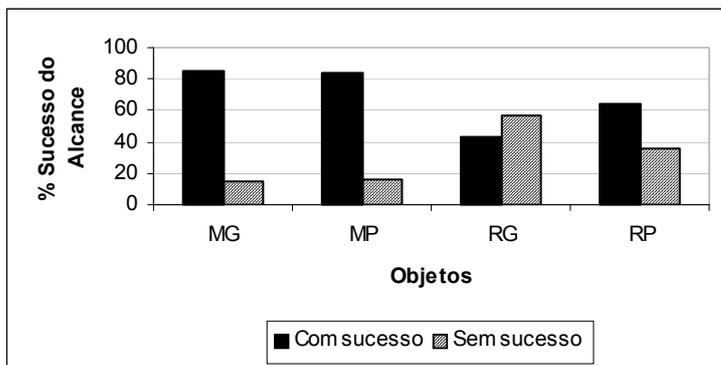


A



B

### Figura 4



## Apêndices

---

### Apêndice VI – Artigo aceito na Revista Fisioterapia e Pesquisa

# FISIOTERAPIA e PESQUISA

REVISTA DE FISIOTERAPIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

São Paulo, 15 de fevereiro de 2006

Ilmo (a). Sr(a). Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha

356 / 06 – “É a não-linearidade uma característica do desenvolvimento do alcance manual em lactentes saudáveis?”

Autores: Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha, Fernanda Pereira dos Santos Silva, Eloisa Tudella

Informamos que o mesmo foi aceito para a publicação na Revista Fisioterapia e Pesquisa. A previsão de publicação é 2006. Comunicamos ainda que, na fase de editoração do artigo para publicação, o mesmo será submetido a uma editora de texto, que caso necessário, entrará em contato com os autores para a realização de algumas adequações.

Assim que o manuscrito for publicado, o autor receberá dois números da revista correspondente e cada co-autor receberá um número. Qualquer problema no recebimento ou informações de assinaturas, favor entrar em contato por email: [revfisio@usp.br](mailto:revfisio@usp.br) ou no site [www.fm.usp.br/fofito/fisio/revista](http://www.fm.usp.br/fofito/fisio/revista).

Agradecemos a atenção em prestigiar a nossa Revista e aproveitamos a oportunidade para desejar sucesso nas realizações pessoais e profissionais. Despedimo-nos reiterando os votos de elevada estima e consideração.

Cordialmente,

  
Prof. Dra. Amélia Pasqual Marques  
Editora-chefe

## **Apêndices**

### **É A NÃO-LINEARIDADE UMA CARACTERÍSTICA DO DESENVOLVIMENTO DO ALCANCE MANUAL EM LACTENTES SAUDÁVEIS?**

### **IS NON-LINEARITY A CHARACTERISTIC OF THE DEVELOPMENT OF REACHING IN HEALTHY INFANTS?**

Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha, Professora doutoranda da disciplina de Fisioterapia em Pediatria da Universidade Federal de São Carlos.

Fernanda Pereira dos Santos Silva, Fisioterapeuta pós-graduanda em Intervenção em Neuropediatria pela Universidade Federal de São Carlos.

Eloísa Tudella, Professora doutora da disciplina de Fisioterapia em Pediatria da Universidade Federal de São Carlos.

#### **Endereço para correspondência:**

Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha

Rua Miguel Mazzei 130, Residencial Samambaia, CEP: 13565-570, São Carlos – SP.

Telefone: (16) 3351-8407 / 9994-1846

e-mail: acicuto@power.ufscar.br

Apoio financeiro do CNPq de parte do projeto de estudo.

## Apêndices

---

### RESUMO

Este estudo teve por objetivo verificar a transição de fases no desenvolvimento do alcance, bem como verificar se as mudanças nas variáveis cinemáticas seguirão uma direção linear ou não-linear ao longo dos 4 a 6 meses de idade. Nove lactentes saudáveis foram posicionados em uma cadeira infantil inclinada a 50° e a eles foram apresentados objetos esféricos e atrativos de propriedades distintas. Os movimentos foram registrados por um sistema de captura de imagem, e 384 alcances foram analisados utilizando-se análise tridimensional dos movimentos. Constatou-se que houve aumento no índice de retidão, aumento na velocidade média e diminuição das unidades de movimentos ao longo dos meses. As variáveis índice de retidão e unidades de movimentos indicaram distribuição não-linear e a velocidade média direção linear. A transição de fase mais evidente foi a do quarto para o quinto mês. No sexto mês, o número de unidades de movimento permaneceu próximo ao do quinto mês, e o índice de retidão apresentou discreta redução. Para essas variáveis, portanto, o período do quinto para o sexto mês parece ter sido o de maior estabilidade. Quanto à velocidade média, não foi possível verificar um ponto marcante de transição. Sugere-se que os movimentos de alcance são aprimorados ao longo dos meses, o que ilustra um ganho de *performance* no período de vida em questão. Entretanto, o aprimoramento dos movimentos não segue necessariamente uma direção gradual e linear, visto que cada variável cinemática apresenta um curso desenvolvimental diferente.

Descritores: alcance manual, desenvolvimento motor, lactentes, Sistemas Dinâmicos, cinemática.

## **Apêndices**

---

### **ABSTRACT**

This study aimed to investigate the phase transition in the development of reaching as well as verify whether the changes in the kinematics variables will follow a linear or non-linear direction between the fourth and the sixth months of age. Nine healthy infants were placed in a chair inclined 50° from the horizontal and were shown attractive spherical objects of different properties. The infants' movements were recorded through a motion capture system, and 384 reaches were analyzed by using the 3D movement reconstruction. The results showed an increase in both straightness index and mean velocity and a decrease in the number of movement units with age. Both straightness index and movement units indicated a non-linear direction. In contrast, mean velocity showed a linear one. The clearest phase transition occurred from the fourth to the fifth month. At the sixth month, the number of movement units was similar to the fifth month, and the straightness index was shown to reduce slightly. The fifth-to-sixth-month period, therefore, seem to be the most stable. Regarding the mean velocity, it was not possible to identify a remarkable point of transition. It is suggested that the reaching movements are improved with age, pointing to a performance gain during this period of life. However, the improvement of the movement does not necessarily follow a gradual and linear direction, since each kinematic variable shows a different developmental course.

Keywords: reaching, motor development, infants, Dynamic Systems, kinematics.

## **Apêndices**

---

### **INTRODUÇÃO**

A compreensão da aquisição e do desenvolvimento do alcance manual é, sem dúvida, um fenômeno que desafia muitos pesquisadores. O processo de desenvolvimento desse comportamento manual envolve uma série de transformações, visto que os lactentes iniciam os movimentos de alcance de forma imprecisa, apresentando pobre controle da trajetória, e, após alguns meses, passam a executar alcances habilidosos seguidos da apreensão de objetos. Entender o processo pelo qual essas transformações ocorrem torna-se, portanto, o foco de vários estudos da área do desenvolvimento motor.

Pesquisas pioneiras demonstraram que lactentes saudáveis iniciam o alcance manual por volta dos 3 a 4 meses de idade<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup>. Nesse período, os movimentos de alcance são indiretos, não controlados<sup>8</sup>, com trajetórias irregulares e de aparência atáxica<sup>6</sup>. Entretanto, com o aumento da idade, a trajetória dos alcances torna-se mais retilínea, controlada, aparentemente mais suave e com menor número de unidades de movimentos<sup>4</sup>.

Apesar das evidências de que ao longo do tempo os movimentos de alcance dos lactentes tornam-se mais aprimorados, a principal questão levantada por esses autores é a de como interpretar essas mudanças ocorridas. O processo de emergência de habilidades motoras foi, por muito tempo, entendido como aquisições seqüenciais, graduais (lineares) e invariáveis do desenvolvimento<sup>9,10</sup>, tendo como único componente determinante, a maturação do sistema nervoso central. O presente estudo, porém, foi projetado e executado com base na fundamentação teórica da Perspectiva dos Sistemas Dinâmicos, a qual entende que o desenvolvimento do alcance ocorre por meio de mudanças de um sistema complexo, sob influência de múltiplos componentes<sup>11,12,13</sup>. Esses componentes, por sua vez, consistem de fatores intrínsecos e extrínsecos. Os fatores intrínsecos são, por exemplo, a força muscular, o crescimento corporal e o desenvolvimento cerebral, e a relação entre eles é não-hierárquica,

## Apêndices

auto-organizada e não-linear<sup>6</sup>. Os fatores extrínsecos são, por exemplo, as condições ambientais e o requerimento de tarefas. Este estudo considera, portanto, que as variáveis cinemáticas serão modificadas ao longo do tempo devido às influências desses múltiplos componentes.

O desenvolvimento do alcance em um contexto de não-linearidade também será considerado neste estudo. Nesse contexto, o desenvolvimento, de forma geral, pode ser visto como uma série de padrões que evoluem ao longo do tempo (transição de fases) e que, em algum momento, possuem particular grau de estabilidade, ou seja, um determinado padrão é mantido<sup>14</sup>. Dessa forma, as mudanças comportamentais que ocorrem ao longo do tempo podem ser refletidas em períodos de pico ou de queda, apresentando vários níveis de estabilidade e instabilidades das variáveis analisadas.

A partir da Perspectiva dos Sistemas Dinâmicos, este estudo questiona se as mudanças nas variáveis cinemáticas do alcance seguirão uma direção linear ou não-linear ao longo do período de 4 a 6 meses de idade. Caso seja linear, sugere-se que ocorrerão aumentos ou diminuições graduais e seqüenciais nos parâmetros cinemáticos do alcance. Por outro lado, se o desenvolvimento do alcance seguir uma direção considerada não-linear, possivelmente haverá mudanças nas variáveis cinemáticas ao longo dos meses, as quais poderão ser caracterizadas por períodos de transição, evidenciados somente por picos ou por picos intercalados com períodos de platôs (estabilização). Acredita-se, ainda, que a análise da trajetória da mão em direção aos objetos a partir das variáveis cinemáticas (espaço-temporais) do alcance servirá para mensurar o estado de organização dos sistemas e suas mudanças. Sendo assim, maior retidão, maior velocidade e menos correções na trajetória do alcance ao longo dos meses deverão refletir controle dos movimentos e conseqüente ganho de *performance*.

## **Apêndices**

---

Este estudo de caráter longitudinal tem, portanto, a finalidade de compreender o desenvolvimento do alcance a partir da identificação dos limites (pontos de transição de fases) e da direção das mudanças nas variáveis cinemáticas, bem como explicar, a partir da Perspectiva dos Sistemas Dinâmicos, o processo que gerou tais mudanças ao longo do tempo.

### **CASUÍSTICA E MÉTODOS**

#### ***Participantes***

Participaram do estudo nove lactentes saudáveis, três meninos e seis meninas, nascidos a termo (M = 39 semanas gestacionais;  $\pm 1,11$ ), com índice de Apgar de 8,44 ( $\pm 0,72$ ) no primeiro e de 10 ( $\pm 0,0$ ) quinto minuto. Os lactentes nasceram com peso adequado ao nascimento, com média de 3410g ( $\pm 0,52$ ). Esses foram avaliados longitudinalmente nas idades de 4 (M = 4 meses e 2 dias;  $\pm 0,85$ ), 5 (M = 4 meses e 26 dias;  $\pm 1,32$ ) e 6 (M = 6 meses e 1 dia;  $\pm 2,55$ ) meses, com tolerância de 5 dias anteriores ou posteriores à data do aniversário. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos (processo nº 040/30), e os pais ou responsáveis pelo lactente assinaram previamente o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

#### ***Materiais e Procedimentos***

Para a realização deste estudo foram afixados marcadores esféricos do tipo “pérola” com fita dupla-face hipoalérgica nos punhos dos lactentes (região dorsal do carpo)<sup>15</sup>. Em seguida, os lactentes foram posicionados em uma cadeira infantil<sup>16</sup> com inclinação de 50° com a horizontal<sup>3</sup>. Um intervalo de 10 segundos foi permitido para que o lactente se adaptasse na

## **Apêndices**

---

postura e os lactentes estando em estado comportamental de alerta, iniciava-se os testes. Foram apresentados objetos esféricos e atrativos de propriedades distintas em diferentes seqüências pré-determinadas para que a ordem de apresentação não influenciasse nos resultados. Cada objeto foi apresentado a uma distância correspondente ao comprimento do membro superior do lactente, na linha média do corpo e na altura dos ombros<sup>17,18,19</sup>, por um período de 1 minuto ou até o lactente realizar 7 alcances. Um intervalo de 5 segundos foi permitido após cada apresentação, totalizando o tempo do procedimento em aproximadamente 4 minutos e 25 segundos.

Toda a fase experimental foi filmada por três câmeras filmadoras digitais, uma posicionada pósterio-superiormente à cadeira onde estava o lactente e as outras duas localizadas anterior e diagonalmente, estando uma à direita e a outra à esquerda<sup>16</sup> de modo que os marcadores do punho do lactente fossem visualizados por pelo menos duas câmeras ao longo de toda a trajetória do movimento de alcance.

### ***Sistema de Análise***

As imagens foram capturadas por uma placa de captura de imagens, utilizando o software Adobe Premier 6.3 em arquivos com formato AVI. De posse desses arquivos, as imagens foram abertas no sistema Dvideow 5.0<sup>20</sup>, por meio do qual foi realizada a identificação, quadro a quadro, do início e final do alcance do membro superior que tocou o objeto, tanto das imagens referentes às câmeras situadas superior quanto lateralmente à cadeira. Para análise do movimento do membro superior esquerdo, por exemplo, analisamos as imagens das câmeras situadas superior e à esquerda do lactente. Para os alcances bimanuais, foi analisado o membro superior que primeiro tocou o objeto.

## **Apêndices**

---

O sistema Dvideow fornece as coordenadas X, Y e Z do marcador afixado no punho para cada quadro do movimento. O programa Matlab 6.0 foi aplicado para filtrar os resultados, para tanto foi utilizado um filtro Butterworth de quarta ordem com frequência de corte de 6 Hz. As variáveis, índice de retidão, velocidade média e unidades de movimento foram calculadas por meio de rotinas também programadas no Matlab.

### ***Descrição das variáveis dependentes***

#### ***Índice de Retidão***

Este índice foi obtido pelo cálculo da razão entre a menor distância que poderia ser percorrida (distância entre a posição inicial da mão e o objeto) na trajetória, pela distância percorrida pela mão (trajetória total). Quanto mais próximo de 1 for o índice, mais próximo de um segmento de reta terá sido a trajetória. Além disso, índice de retidão igual a 1 indica que o lactente realizou o alcance na menor trajetória possível<sup>6</sup>.

#### ***Velocidade Média***

A velocidade média foi obtida pelo cálculo da razão entre a distância percorrida e o tempo gasto ao longo do movimento<sup>21</sup>, a partir das coordenadas X, Y, e Z do marcador do punho.

#### ***Unidades de Movimento***

Cada unidade de movimento é definida como um pico de velocidade máxima entre dois picos de velocidades mínimas para os quais a diferença deve ser superior a 1cm/s<sup>6</sup>. Desta forma, uma curva de velocidade com vários picos de velocidade máxima e mínima ilustram várias unidades de movimentos. A velocidade foi obtida pela norma do vetor velocidade que é dada pela raiz quadrada da soma dos quadrados dos componentes X, Y e Z.

## **Apêndices**

---

### ***Análise dos Dados***

A análise dos dados foi concentrada nos movimentos de alcance, dos quais o início foi determinado como o primeiro movimento direcionado e ininterrupto do braço em direção ao objeto. O final do alcance foi determinado como o primeiro quadro no qual a mão contactou o objeto. Os alcances foram excluídos quando o lactente apresentava falta de interesse, choro ou irritação durante a realização do movimento ou quando iniciou o movimento com a mão próxima (trajetória inferior a 10 quadros) ao objeto.

Nas análises dos movimentos de alcance, foi aplicada a técnica paramétrica, visto que os dados são homogêneos (Teste de Levene de Homogeneidade de Variância,  $p \geq 0,05$ ) e normais (Teste KS – Normalidade,  $p \geq 0,05$ ). O Teste ANOVA para medidas repetidas foi proposto para avaliar os alcances para os objetos em todas as avaliações longitudinais. Contrastes pré-planejados foram testados para avaliar se o comportamento das variáveis apresentavam distribuição quadrática ao longo dos meses.

Para todas as análises considerou-se um nível de significância de 0,05.

## **RESULTADOS**

Um total de 432 alcances foi coletado no período de 4 a 6 meses de idades dos lactentes. Foram analisados 384 alcances, pois foram excluídos 12 alcances por falta de interesse dos lactentes e 36 por erro no experimento (lactente iniciou o movimento com a mão próxima ao objeto).

A Figura 1 mostra que o índice de retidão aumenta de 4 para 5 meses e há uma sutil diminuição de 5 para 6 meses. A ANOVA revelou diferença significativa entre as idades

## **Apêndices**

---

( $F(2)=2,9898$ ;  $p=0,05$ ). Os contrastes demonstraram que esta variável apresenta um comportamento quadrático significativo ( $p=0,0315$ ).

[inserir Figura 1]

A Figura 2 ilustra que aos 4 meses a velocidade empregada no movimento de alcance foi inferior quando comparada com os demais meses. Nota-se que, há um aumento progressivo e linear da velocidade com o aumento da idade. O teste revela diferença significativa entre as idades ( $F(2)= 5,3425$ ;  $p= 0,005$ ) e os contrastes caracterizam uma evolução linear significativa ( $p<0,001$ ).

[inserir Figura 2]

Observa-se na Figura 3 que aos 4 meses os lactentes realizaram alcances com mais unidades de movimentos do que aos 5 e 6 meses. Houve uma diminuição dos 4 para os 5 meses e uma estabilização de 5 para 6 meses. O teste revelou diferença significativa entre as idades ( $F(2)= 12,8179$ ;  $p<0,001$ ), os contrastes aplicados revelaram distribuição quadrática significativa ( $p<0,001$ ).

[inserir Figura 3]

## **DISCUSSÃO**

Este estudo mostra que, ao longo dos meses, os lactentes apresentaram alcances manuais com trajetórias mais retilíneas, menos unidades de movimentos e maior velocidade, indicando, assim, o aprimoramento desses movimentos. Todas essas mudanças observadas nas variáveis cinemáticas do alcance refletem maior controle dos movimentos e conseqüente ganho de *performance*, o que é consistente com estudos prévios que registraram

## Apêndices

aprimoramento do alcance com a idade<sup>1,21,4,6</sup>. Os estudos de Halverson<sup>1</sup>, Mathew e Cook<sup>21</sup> e Hofsten<sup>4</sup> sugerem que, ao longo do tempo, os lactentes ganham mais controle nos seus movimentos sob influência da prática, o que promove mudanças nas variáveis cinemáticas. Contudo, tais estudos não deixam claro o motivo pelo qual a prática pode conduzir a melhora de comportamento. Uma ampliação do entendimento do processo de mudanças subjacente à prática foi desenvolvida nos estudos de Thelen e colaboradores, os quais empregaram os princípios da Perspectiva dos Sistemas Dinâmicos<sup>5,6,14</sup>. Baseando-se nessa perspectiva, sugerimos que as mudanças observadas nas variáveis cinemáticas do alcance ocorreram devido ao aumento da capacidade dos lactentes em captar as informações disponibilizadas pelos objetos e gerar ações motoras apropriadas. Tal suposição é reforçada pela idéia de Gibson<sup>22</sup> de que a percepção guia a ação e a ação refina a percepção. Sugere-se, então, que a prática de movimentos diversificados durante dias, semanas e meses de vida é o que provavelmente permite ajustes dos movimentos dos membros superiores, levando, assim, ao aprimoramento das ações dos lactentes.

Neste estudo, aos 4 meses de idade, praticamente todos os lactentes apresentaram baixa *performance* de alcance, o qual foi caracterizado pelo baixo índice de retidão, maior frequência de unidades de movimentos e trajetórias mais lentas. Isso indica que, devido ao fato de tal movimento estar apenas emergindo, ele não foi praticado suficientemente para ser aprimorado. Provavelmente, muitos componentes do organismo tiveram que ser modificados para que os lactentes realizassem alcances mais refinados nos meses seguintes. Desses componentes, destacam-se a atenção visual aos objetos, melhor acuidade visual, aumento na capacidade cognitiva, desenvolvimento do sistema exploratório manual<sup>22</sup> e aumento do controle postural<sup>23</sup> que possibilita ações mais aprimoradas dos braços em direção aos objetos. Acredita-se, portanto, que as mudanças observadas nas variáveis cinemáticas do alcance ao

## Apêndices

---

longo dos meses ocorreram devido à complexidade de influências e à interação de vários sistemas (perceptuais e motores), o que coletivamente determinou as possibilidades de ação dos lactentes. De fato, somente com a prática de movimentos dos braços atinge-se a complexidade de interações de vários sistemas que possibilitam o controle dos movimentos. Dessa forma, o aumento da rapidez, suavidade e retidão observado na trajetória dos movimentos direcionados aos objetos parece ser um reflexo do aumento do controle do movimento ao longo do tempo.

Notavelmente, houve aumento de complexidade e refinamento do alcance ao longo dos 4 aos 6 meses de idade, representados pelas mudanças nas variáveis cinemáticas. No entanto, a evolução ao longo do tempo não obedeceu necessariamente um aumento gradual e linear. Os lactentes apresentaram, em determinados meses, pontos de transição que foram evidenciados por períodos de rápida mudança (aumento ou diminuição) seguidos de permanência em um platô. Esses resultados são consistentes com os princípios da Perspectiva dos Sistemas Dinâmicos de que, durante o desenvolvimento, uma série de padrões evolui ao longo do tempo e são identificados por períodos de transição de fases<sup>14,18</sup>. Tal transição pode ser marcada por períodos de maior instabilidade ou estabilidade. Nos períodos de instabilidade, os movimentos podem ser modificados, sendo evidenciados por mudanças nas variáveis analisadas. Em contraste, as variáveis podem permanecer em platôs quando os movimentos forem estáveis. A análise das variáveis cinemáticas deste estudo indica que a transição de fase mais evidente – quando houve aumento ou diminuição dos parâmetros – ocorreu do quarto para o quinto mês. No sexto mês, por outro lado, as variáveis permaneceram com valores próximos aos atingidos no quinto mês, apresentaram leve redução. Para essas variáveis, portanto, o período do quinto para o sexto mês parece ser um período de maior estabilidade. Nota-se, ainda, que a velocidade média teve curso diferente das demais, visto que houve um aumento aparentemente

## **Apêndices**

---

linear evidenciado pelo aumento nas médias das velocidades com o aumento da idade. Sendo assim, não foi possível verificar um ponto marcante de transição para essa variável na faixa etária estudada. Contudo, se os lactentes fossem acompanhados por mais alguns meses, esse ponto de transição possivelmente seria revelado.

Os resultados deste estudo indicam que as mudanças no desenvolvimento do alcance podem ter diferentes frequências e direções, ou seja, algumas mudanças podem ser não-lineares com pico em queda ou em elevação. Dessa forma, não é possível fazer forte inferência de que todas as variáveis analisadas no desenvolvimento terão um curso desenvolvimental gradual e linear; contudo, podemos descrever tanto a tendência comportamental predominante dessas variáveis como sua estabilidade e mudanças.

Em termos dinâmicos, a transição de fases no desenvolvimento é explicada pela relação dinâmica entre a tendência de organização existente no organismo e as influências ambientais que modulam a aquisição e o refinamento dos comportamentos motores<sup>24</sup>. Sendo assim, o lactente apresenta um sistema que se auto-organiza no curso do seu desenvolvimento, apresentando, em cada momento, um estado relacional entre o organismo e o ambiente<sup>25</sup>.

## **CONCLUSÕES**

Os achados do presente estudo disponibilizam evidências de que ao longo dos meses os movimentos de alcance manual são aprimorados, o que ilustra o ganho de *performance* neste período de vida. No entanto, o aprimoramento dos movimentos ao longo dos meses não segue simplesmente uma direção gradual e linear, mas, sim, cada variável cinemática apresenta um curso desenvolvimental diferente. Dessa forma, os sistemas orgânicos parecem selecionar estratégias para controlar e coordenar os movimentos a fim de manterem a retidão, a velocidade e o número de correções adequadas às exigências da tarefa.

## **Apêndices**

---

A partir de tais evidências, deve-se levar em consideração que, no processo de desenvolvimento motor normal, o alcance manual - foco deste estudo - pode não seguir um aumento gradual de complexidade (linear), e isto não implica em atraso no desenvolvimento. Sugere-se, portanto, que novos estudos sejam realizados em lactentes atípicos para que seja possível verificar como essas variáveis evoluem ao longo do tempo, bem como identificar se o sistema possui a mesma flexibilidade em mudanças de fases e de linearidade e não-linearidade dos lactentes saudáveis.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Halverson HM. The acquisition of skill in infancy. *J Genet Psychol* 1933; 43: 3-48.
2. Hofsten C von. Development of visually directed reaching: The approach phase. *J Hum Mov Stud*, 1979; 5: 160-178.
3. Hofsten C von. Developmental changes in the organization of prereaching movements. *Dev Psychol* 1984; 20: 378-386.
4. Hofsten C von. Structuring of early reaching movements: a longitudinal study. *J Mot Behav* 1991; 23: 280-292.
5. Thelen E, Corbetta D, Kamm K, Spencer J, Schneider K, Zernicke RF. The transition to reaching: Mapping intention and intrinsic dynamics. *Child Dev* 1993; 64: 1058-98.
6. Thelen E, Corbetta D, Spencer JP. Development of reaching during the first year: Role of movement speed. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 1996; 22: 1059-76.
7. Galloway JC, Thelen E. Feet first: object exploration in young infants. *Infant Behav Dev* 2004; 27: 107-112.

## Apêndices

---

8. Zernicke RF, Schneider K. Biomechanics and developmental neuromotor control. *Child Dev* 1993; 64: 982-1004.
9. Shirley MM. The first to years: A study of twenty-five babies. In: *Postural and Locomotor Development*. Minneapolis: University of Minnesota Press; 1931.
10. Irwin, OC. Proximodistal differentiation of limbs in young organisms. *Psychol Rev* 1933; 40: 467-477.
11. Thelen E. Treadmill-elicited stepping in seven-month old infants. *Child Dev* 1986; 57: 1498-506.
12. Thelen E. Motor development: a new synthesis. *Am Psychol* 1995; 50 (2): 79-95.
13. Thelen E, Kelso JAS, Fogel JAS. Self-organizing systems and infant motor development. *Dev Ver* 1987; 7: 39-65.
14. Thelen E, Smith LA. Dynamic systems theories. In: Lerner RM, editor. *Handbook of child psychology: Theoretical models of human development*. New York: John Wiley & Sons; 1998. P. 563-634.
15. Out L, van Soest AJ, Hopkins B. The effect of posture on early reaching movements. *J Mot Behav* 1998; 30 (3): 260-272.
16. Carvalho RP, Tudella E, Barros RML. Utilização do Sistema Dvideow na análise cinemática do alcance manual de lactentes. *Rev Bras Fisioter* 2005; 9(1): 1-7.
17. Corbetta D, Thelen E, Johnson K. Motor constraints on the development of perception-action matching in infant reaching. *Infant Behav Dev* 2000; 23: 351-74.
18. Thelen E, Spencer JP. Postural control during reaching in young infants: a dynamic systems approach. *Neurosci Biobehav Rev* 1998; 22(4): 507-514.
19. Fits IBM van der, Hadders-Algra M. The development of postural response patterns during reaching in healthy infants. *Neurosci Biobehav Rev* 1998; 22(4): 521-526.

## **Apêndices**

---

20. Figueroa, P. J.; Leite, N. J.; Barros, R. M. L. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. *Comput Methods Programs Biomed* 2003; 72: 155-165.
21. Mathew A, Cook M. The control of reaching movements by young infants. *Child Dev* 1990; 61: 1238-1257.
22. Gibson EJ. Exploratory behavior in the development of perceiving, acting, and the acquiring of knowledge. In: *Advances in infancy research*, Norwood (NJ.): Ablex Publishing Company; 1995. P. 21-61.
23. Fallang B, Saugstad OD, Hadders-Algra M. Goal directed reaching and postural control in supine position in healthy infants. *Behav Brain Res* 2000; 115: 8-18.
24. Rocha NACF, Tudella E. Teorias que embasam a aquisição das habilidades motoras do bebês. *Rev Temas Desenvolv*, 2003; 11(66): 5-11.
25. Rocha NACF, Tudella E, Barela JA. Perspectiva dos Sistemas Dinâmicos aplicados ao desenvolvimento motor. *Rev Temas Desenvolv*, 2005; 14(79): 5-13.

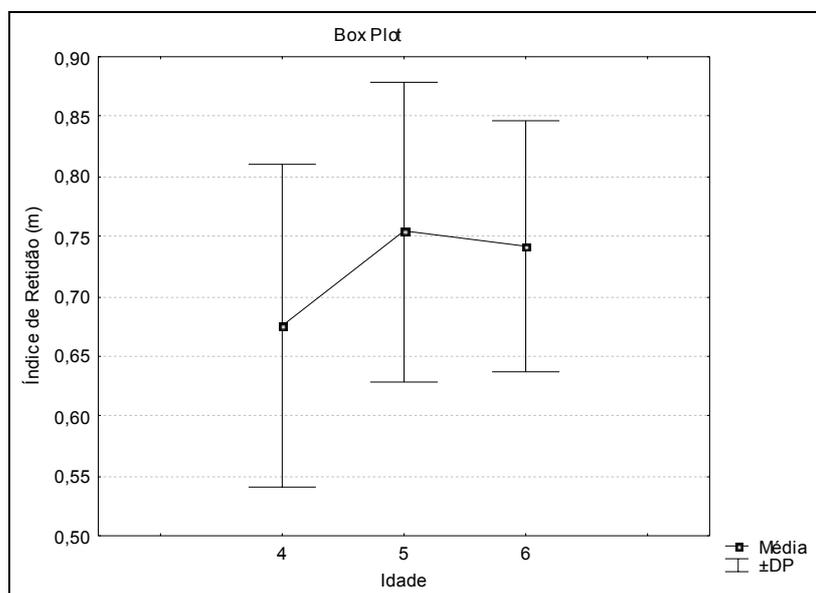


FIGURA 1. Média e desvio padrão do Índice de Retidão nas idades de 4, 5 e 6 meses.

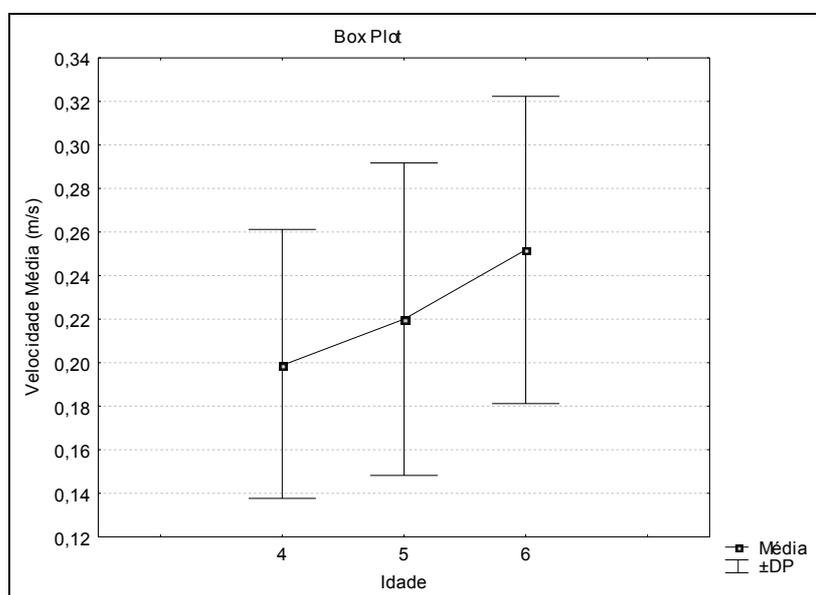


FIGURA 2. Média e desvio padrão da Velocidade Média nas idades de 4, 5 e 6 meses.

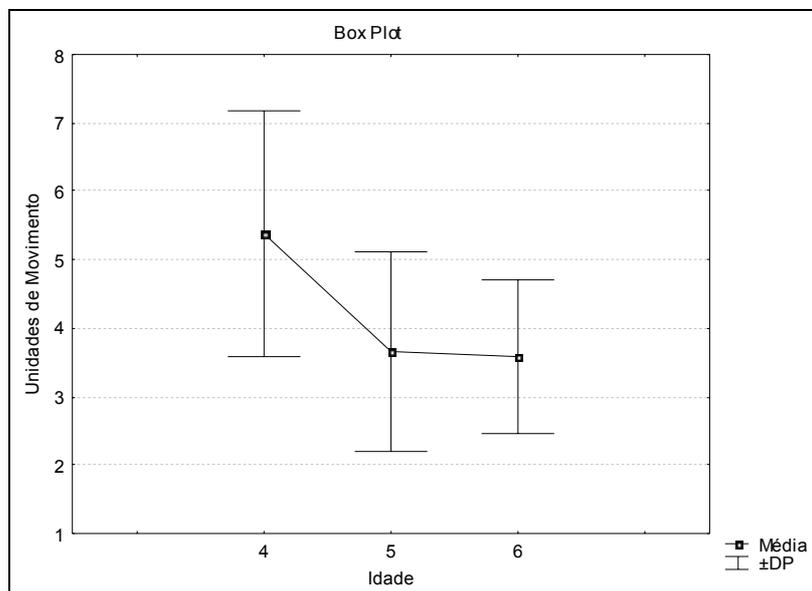


FIGURA 3. Média e desvio padrão das Unidades de Movimento nas idades de 4, 5 e 6 meses.

**ANEXOS**

**ANEXOS**

---

**ANEXO I - Aprovação do Comitê de Ética**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Via Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676

Fones: (016) 260-8109 / 260-8110

Fax: (016) 261-3176 - Telex 162369 - SCUF - BR

CEP 13.565-905 - São Carlos - SP - Brasil

End. Eletrônico: [propg@power.ufscar.br](mailto:propg@power.ufscar.br)

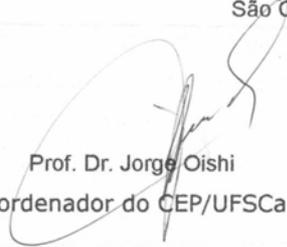
---

**Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos, Referente ao Protocolo N<sup>o</sup>. 099/03.**

**Deliberação**

O Comitê de Ética em Pesquisa para Experimentos em Seres Humanos da UFSCar (CEP/UFSCar), registrado do CENEP/Conselho Nacional de Saúde, pelo ato de 18 de março de 1997, acolhendo o parecer do relator e do revisor, deliberou pela aprovação do projeto **“Propriedades do Ambiente e do Organismo no Alcance Manual em Bebês Saudáveis de 4 a 6 Meses de Vida”**, com protocolo n<sup>o</sup> 099/03, a ser desenvolvido por Nelci Adriana Cicuto Ferreira Rocha sob a orientação do (a) Profa. Dra. Eloisa Tudella.

São Carlos, 20 de novembro de 2003.



Prof. Dr. Jorge Oishi  
Coordenador do CEP/UFSCar



