

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE PSICOLOGIA

MARIANA VULCANO SIQUEIRA

**Aprendizado motor em crianças:
Comparação entre 06 e 10 anos**

São Paulo
2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

MARIANA VULCANO SIQUEIRA

**Aprendizado motor em crianças:
Comparação entre 06 e 10 anos**

Dissertação apresentada ao Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo como exigência parcial para obtenção do título de mestre.

Área de concentração: Neurociências e Comportamento.

Orientadora: Maria Elisa Pimentel
Piemonte

São Paulo
2007

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo

Siqueira, Mariana Vulcano.

Aprendizado motor em crianças: comparação entre 06 e 10 anos / Mariana Vulcano Siqueira; orientadora Maria Elisa Pimentel Piemonte. -- São Paulo, 2007.

87 p.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Psicologia. Área de Concentração: Neurociências e Comportamento) – Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo.

1. Aprendizagem motora 2. Desenvolvimento 3. Crianças
4. Cognição I. Título.

BF295

FOLHA DE APROVAÇÃO

Mariana Vulcano Siqueira

Aprendizado motor em crianças: Comparação entre 06 e 10 anos

Dissertação apresentada ao Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre

Área de Concentração: Neurociências e Comportamento

Aprovado em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Ao meu namorado Leandro, pela ajuda, pela compreensão ao tempo utilizado à realização desse estudo e por seu amor, incentivo essencial.

Aos meus pais, pelo apoio incondicional e por terem me dado as condições necessárias para minha formação profissional.

Aos meus padrinhos, por sempre me encorajarem.

À minha irmã, pelo amor e carinho dispensado.

À professora doutora Maria Elisa Pimentel Piemonte pela paciência e pela arte do ensino da ciência.

À Alessandra, minha colega e amiga, pelos auxílios e por sua amizade.

A todos os funcionários da Escola ABC e Cia, em especial à Ana e à Paula, por colocarem à disposição o espaço e os alunos.

RESUMO

SIQUEIRA, M. V. **Aprendizado motor em crianças: Comparação entre 06 e 10 anos**. São Paulo, 2007. 87p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo.

A aprendizagem motora é um processo desencadeado pelo treino, que envolve inúmeras mudanças sinápticas que, inicialmente, são temporárias e depois, com a continuidade do estímulo, consolidam-se definitivamente. Como tal processo não pode ser mensurado diretamente *in vivo*, as medidas tomadas como evidências da sua consolidação são comportamentais, ou seja, medidas de alteração de desempenho desencadeadas pelo treino. Um maior conhecimento a respeito dos fatores que interferem no processo de aprendizagem motora é de extrema importância para todas as ciências que estudam os efeitos do treino motor, tais como Pedagogia, Educação Física, Terapia Ocupacional, Fisioterapia, entre outras, à medida que permitem a implantação de abordagens mais específicas. Dentre vários fatores importantes, esse estudo elegeu a idade, já que, atualmente, não é claro como diferenciar o treino para crianças em diferentes faixas etárias. A indagação a respeito dos possíveis efeitos da idade sobre o processo sustenta-se no fato que o cérebro humano, ao nascimento, não se encontra completamente

desenvolvido, o que só será alcançado, aproximadamente, duas décadas depois. Assim, sendo o processo de aprendizagem dependente de várias estruturas cerebrais, funcionando de forma complexa e sincrônica, é plausível supor que crianças em diferentes estágios maturacionais do Sistema Nervoso, sob as mesmas condições de treino, alcancem diferentes desempenhos. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi, por meio da análise do desempenho de uma nova tarefa, investigar possíveis diferenças no processo de aprendizagem motora entre crianças saudáveis de 6 e 10 anos. Para isso, foi comparado o desempenho motor em uma tarefa de oposição de dedos da mão, em duas diferentes seqüências, uma treinada por meio de 4 blocos de 600 movimentos e outra tomada como controle, entre um grupo de 16 crianças com idade de seis anos ($6,5 \pm 0,2$) e outro composto por dez crianças com idade entre 9 e 10 anos ($9,6 \pm 0,50$). O desempenho para ambas as seqüências foi tomado em 6 diferentes momentos: antes, 2 minutos, 4, 7, 14 e 28 dias depois da sessão de treino e então, analisado estatisticamente por meio da ANOVA para medidas repetidas. Os resultados obtidos durante o treino mostraram que, em termos de velocidade de oposição de dedos, as crianças menores apresentavam, inicialmente, uma lentidão que desapareceu após as primeiras 600 repetições. Já a análise do desempenho dos mesmos movimentos dentro de uma seqüência específica mostrou o comportamento oposto: as crianças menores, inicialmente, apresentavam o mesmo desempenho em comparação às mais velhas,

mas, após o primeiro bloco de treino, essas últimas tornaram-se progressivamente mais eficientes no aproveitamento do treinamento. A análise dos resultados obtidos com a seqüência tomada como controle mostrou que as crianças menores apresentaram dificuldade em generalizar a aprendizagem para a seqüência reversa. Tomados em conjunto, esses resultados indicam diferenças no aproveitamento do treino entre crianças de 6 e 10 anos, discutidas nesse estudo como associadas principalmente a diferenças nas funções cognitivas envolvidas na construção da habilidade, coerentes com as diferenças maturacionais do Sistema Nervoso esperadas entre essas idades.

Palavras-chave: aprendizagem motora; desenvolvimento; crianças; cognição.

ABSTRACT

SIQUEIRA, M. V. **Motor learning in children: Comparison between 06 and 10 years old**. São Paulo, 2007. 87p. Master's Degree Dissertation. Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo.

Motor learning is a process triggered by training, which involves numerous synaptic changes that are initially temporary, and further, with the stimulus continuity, consolidate definitively. As such process cannot be measured directly *in vivo*, the measures taken as evidences of their consolidation are behavioral, that is, they are performance change measures triggered by training. A greater knowledge on the factors that interfere on the motor learning process is extremely important for all the sciences that investigate the effects of motor training, such as Pedagogy, Physical Education, Occupational Therapy, Physiotherapy, among others, as they enable the implementation of more specific approaches. Among several important factors, this investigation has elected age, since today it is not clear how to differentiate training for children at different age ranges. The question about the possible effects of age on the process is supported by the fact that the human brain, upon birth, is not completely developed, and this development will only be reached approximately two decades later. Thus, as the learning process depends on several brain structures,

which operate in a complex and synchronized way, it is plausible assuming that children at different maturity stages of the Nervous System, and under the same training conditions, achieve different performances. Thus, this work aimed at investigating eventual differences in the motor learning process, by analyzing the performance of a new task, among healthy children from 6 to 10 years old. To do that, the motor performance was compared for a task of hand's fingers opposition, in two different sequences, one trained by means of 4 blocks with 600 motions, and the other taken as control, in a group of 16 (sixteen) six-year old children (6.5 ± 0.2), and another one comprised by 10 (ten) 9-10-year old children (9.6 ± 0.50). The performance for both sequences was taken in 6 different times: before, 2 minutes, 4, 7, 14 and 28 days after the training sessions, and then statistically analyzed via ANOVA for repeated measures. The results achieved during the training evidenced that, in terms of finger opposition speed, smaller children initially presented a slowness, which disappeared after the first 600 repetitions. By its turn, the performance for the same motions within a specific sequence showed the opposite behavior: smaller children initially presented the same performance when compared to the older ones, but after the first training block, the latter ones became more and more efficient in terms of training results. The analysis of the results achieved with the sequence taken for control purposes showed that smaller children presented difficulty in generalizing the learning for the reverse sequence. When considered as a

set, these results indicate differences in the training results between 6- and 10-year old children, discussed in this investigation as especially associated to differences in the cognitive functions involved in skill construction, coherent with the maturity differences of the Nervous System, expected between these ages.

Keywords: motor learning; development; children; cognition.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Foto da mão preparada para o registro dos movimentos de oposição dos dedos	42
Figura 2. Foto da situação de oposição dos dedos	43
Figura 3. Representação esquemática do experimento	44
Figura 4. Gráfico do tempo de treinamento	52
Figura 5. Gráfico do desempenho no treinamento	55
Figura 6. Gráfico da velocidade nas avaliações	59
Figura 7. Gráfico da acurácia nas avaliações	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Demonstração dos componentes das seqüências numéricas	44
Tabela 2. Médias e desvios-padrão do tempo de treinamento	51
Tabela 3. ANOVA sobre o tempo de treinamento	52
Tabela 4. Pós-teste: efeito dos blocos intragrupo sobre o tempo de Treinamento	53
Tabela 5. Pós-teste: efeito dos blocos intergrupo sobre o tempo de Treinamento	53
Tabela 6. Médias e desvios-padrão do desempenho no treinamento	55
Tabela 7. ANOVA sobre o desempenho no treinamento	56
Tabela 8. Pós-teste: efeito dos blocos intragrupo sobre o desempenho no treinamento	56
Tabela 9. Pós-teste: efeito dos blocos intergrupo sobre o desempenho no treinamento	57
Tabela 10. Velocidade média e médias dos DP nas avaliações para ST	58
Tabela 11. Velocidade média e médias dos DP nas avaliações para SNT	58
Tabela 12. ANOVA sobre a velocidade nas avaliações	60
Tabela 13. Pós-teste intragrupo para velocidade nas avaliações (ST / SNT)	61
Tabela 14. Média do no. percentual de erros e médias (DP) nas avaliações (ST)	62
Tabela 15. Média do no. percentual de erros e médias (DP) nas avaliações (SNT)	62
Tabela 16. ANOVA sobre acurácia nas avaliações	64

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A	Acurácia
AM	Aprendizagem Motora
AT	Avaliação antes do treino
AV	Avaliação
BI	Blocos
DT	Avaliação depois do treino
DeT	Desempenho no treinamento
DP	Desvio padrão
HCFMUSP	Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
M1	Córtex Motor Primário
SC	Seqüência controle
SNT	Seqüência não treinada
ST	Seqüência treinada
TR	Tempo de reação
TT	Tempo de treinamento
V	Velocidade
R4dDT	Retenção 4 dias Depois do Treinamento
R7dDT	Retenção 7 dias Depois do Treinamento
R14dDT	Retenção 14 dias Depois do Treinamento
R28dDT	Retenção 28 dias Depois do Treinamento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1 Desenvolvimento.....	20
2.2 Aprendizagem motora.....	26
2.3 Modelo interno.....	32
2.4 Estudo da aprendizagem motora.....	36
3 OBJETIVO	39
3.1 Geral.....	39
3.2 Específico.....	39
4 METODOLOGIA	40
4.1 Sujeitos.....	40
4.2 Materiais.....	41
4.3 Método.....	42
4.3.1 A tarefa.....	42
4.3.2 Etapas da pesquisa.....	44
4.3.2.1 Apresentação e memorização da seqüência.....	45
4.3.2.2 Familiarização da tarefa.....	45
4.3.2.3 Avaliação antes do treinamento (AT)	45
4.3.2.4 Treinamento.....	46
4.3.2.5 Avaliação depois do treinamento (DT)	47
4.3.2.6 Retenção 4 dias após o treinamento (R4dDT)	47
4.3.2.7 Retenção 7 dias após o treinamento (R7dDT)	47
4.3.2.8 Retenção 14 dias após o treinamento (R14dDT)	48
4.3.2.9 Retenção 28 dias após o treinamento (R28dDT)	48
4.3.3 Análise estatística.....	48
4.3.3.1 No treinamento.....	48
4.3.3.2 Nas avaliações.....	49
5 RESULTADOS	51
5.1 Análise no Treino.....	51
5.1.1 Análise do Tempo de Treinamento (TT)	51
5.1.2 Análise do Desempenho no Treinamento (DeT)	54
5.2 Análise dos resultados durante as avaliações.....	57
5.2.1 Análise da velocidade (número de seqüências corretas realizadas em um minuto)	58
5.2.2 Análise da Acurácia (A)	62
5.3 Síntese dos resultados.....	64
6 DISCUSSÃO	66

7 CONCLUSÃO.....	77
REFERÊNCIAS.....	78
ANEXOS.....	84

1 INTRODUÇÃO

Sem dúvida, a Neurociência foi uma das áreas que mais se desenvolveu nas últimas décadas. No entanto, nosso conhecimento sobre como a interação dos indivíduos com o meio externo influencia as modificações funcionais do cérebro ainda é pouco conhecido.

O maior conhecimento sobre o funcionamento normal do cérebro, particularmente sobre os mecanismos de aprendizagem motora (AM), é de extrema importância para todas as ciências que estudam os efeitos do treino motor. Beneficiam-se desses estudos, portanto, diversas áreas de conhecimento, tais como Pedagogia, Educação Física, Terapia Ocupacional, Fisioterapia, entre outras.

Há muitas particularidades envolvidas no processo de aprendizagem motora, como, por exemplo, diferenças dos efeitos do treino entre os sexos ou entre diferentes faixas etárias. O estudo dessas questões otimiza ainda mais a aplicação de técnicas de treino ou de intervenções terapêuticas.

Uma das áreas beneficiada com as pesquisas de aprendizagem motora é a Fisioterapia, ciência que vem se desenvolvendo de forma muito expressiva nos últimos anos. Para essa ciência aplicada, como para outras, cada vez mais se evidencia a importância do conhecimento das bases neurofisiológicas para o aprimoramento das práticas clínicas. Dentre vários aspectos importantes para a evolução da Fisioterapia, o aprofundamento dos conhecimentos da aprendizagem motora em crianças é particularmente importante devido ao grande número de crianças que necessitam de assistência fisioterapêutica para o tratamento de disfunções sensório-motoras decorrentes de lesões cerebrais que ocorram no período pré, peri ou pós-natal.

O tratamento dessas crianças deve merecer uma atenção especial, pois a intervenção se aplica a cérebros ainda imaturos, em desenvolvimento. Então, para que sejam obtidos melhores resultados, as condutas devem ser específicas para cada faixa de idade, de acordo com o respectivo desenvolvimento e amadurecimento cerebral.

Essa diferenciação no enfoque do tratamento ainda não é satisfatoriamente determinada. Não temos domínio adequado para definirmos as condutas mais eficientes para cada idade. Isso porque não se sabe amplamente como o cérebro em desenvolvimento se comporta e, principalmente, como esse desenvolvimento é alterado com uma lesão.

Possíveis diferenças observadas entre as faixas etárias podem ser explicadas por questões motoras, porém, talvez outros aspectos (perceptuais/sensoriais ou cognitivos) também sejam responsáveis por essas variações. Atualmente, se amplia cada vez mais, por exemplo, a discussão sobre como e quanto as funções cognitivas interferem no processo de aprendizagem motora. Dessa forma, considerando-se que essas funções são as últimas a atingirem o pleno desenvolvimento, possíveis diferenças no processo de aprendizagem entre crianças de diferentes idades, mesmo que de uma simples tarefa motora, podem estar relacionadas a diferentes estágios de desenvolvimento cognitivo.

Diversos trabalhos já investigaram o mesmo tipo de prática utilizada no presente estudo (movimentos seqüenciais de dedos), mas, embora pertinentes e importantes, poucos tem investigado essas questões na infância, provavelmente pelas dificuldades metodológicas envolvidas no treinamento de crianças em tarefas fechadas, em ambiente controlado, dentro dos rígidos critérios da pesquisa experimental. Também há diversos trabalhos na literatura comparando diferentes

faixas etárias, porém enfocando outros aspectos da AM, tal como tipo de prática (randômica versus fechada).

A proposta do estudo, então, foi verificar, na infância, a influência da idade na aprendizagem motora. No entanto, foi necessário que fossem estudadas idades tais de modo que todos os sujeitos fossem capazes de compreender e executar adequadamente o treino e os testes. Além disso, deveriam partir de condições motoras semelhantes, para que possíveis melhoras decorrentes do treino pudessem ser adequadamente comparadas. Por outro lado, deveriam apresentar algum diferencial que justificasse a separação dos dois grupos e, também, pudesse ser relacionado aos resultados. Optamos, então, por uma diferenciação em relação à maturidade cerebral de áreas relacionadas à prática motora. Além disso, nos baseamos em diferenças comportamentais, sustentadas por estudos de desenvolvimento como os de Piaget. Portanto, foram comparadas crianças de seis e de dez anos. A escolha dessas duas faixas etárias satisfaz os vários aspectos citados anteriormente: capacidade de realizar a tarefa, semelhante condição motora e diferentes estágios maturacionais em áreas cerebrais associadas ao movimento.

A análise do processo de aprendizagem motora foi realizada em um nível comportamental, pelo qual inferimos a ocorrência de tal processo pela modificação no desempenho dos sujeitos. Essa análise é baseada no seguinte modelo: (1) a AM é um processo implícito conseqüente ao treino; (2) tal processo é caracterizado por mudanças sinápticas temporárias e definitivas; (3) essas mudanças sinápticas representariam a formação de uma representação interna, chamada anteriormente de Esquema Motor (SCHMIDT, 1975) e, atualmente, definida como “modelo interno”. Portanto, acreditamos que, ao analisarmos mudanças de desempenho relacionadas

ao treino, inferimos a ocorrência de mudanças sinápticas e, conseqüentemente, a formação de um modelo interno de movimento.

Segundo a Teoria do Esquema, elaborada por Schmidt em 1975, a base para a produção dos movimentos não são as variáveis tais quais força e velocidade, mas sim as regras envolvidas no ato. Uma visão mais moderna dessa teoria seria o conceito de modelo interno, segundo o qual os comandos motores são construídos baseados nas previsões a respeito das dinâmicas da tarefa. Tal teoria preenche lacunas da Teoria do Esquema ao explicar, por exemplo, a prática mental e a independência do efector. Além disso, enfoca os componentes cognitivos da aprendizagem motora.

A tarefa escolhida (movimentos seqüenciais em oposição de dedos) reproduz o padrão de movimentos seqüenciais e finos utilizados em diversas funções. Portanto, tal tarefa nos permite verificar as seguintes hipóteses: (1) os dois grupos teriam desempenho semelhante. Logo, as possíveis diferenças funcionais ou anatômicas entre os grupos não interfeririam na aquisição da tarefa; (2) os dois grupos apresentariam comportamento diferente. E, pela análise das características de tais diferenças comportamentais, poderíamos inferir se essas diferenças seriam motoras, perceptuais/sensoriais ou cognitivas.

Baseados, então, na hipótese de que as possíveis diferenças decorrentes dos diferentes estágios de maturação e desenvolvimento cerebral entre crianças de 6 e 10 anos poderiam interferir nos resultados do treino de uma nova habilidade motora, propusemos o atual estudo que, pelo que se sabe, foi o primeiro a investigar, com essa mesma metodologia, a aprendizagem motora de movimentos seqüenciais de dedos em crianças dessas faixas etárias. Esse tipo de tarefa tem sido amplamente utilizado para a investigação do processo de aprendizagem motora em adultos,

mostrando-se um excelente modelo para tal finalidade. Os resultados desse estudo então, possibilitarão que os resultados de pesquisas anteriores com adultos sejam confrontados com os obtidos pelas crianças.

Assim, acreditamos que o presente estudo forneça evidências inéditas e importantes tanto para a área da neurociência, já que esclarece diferenças próprias da idade no processo de aprendizagem, quanto para a área clínica, uma vez que possibilita o direcionamento e otimização do tratamento das disfunções motoras por meio do treino.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Desenvolvimento

A evolução das capacidades motora, perceptual e cognitiva está ligada a processos maturacionais que ocorrem no cérebro durante os primeiros anos de vida.

Durante o desenvolvimento, ocorrem alterações anatômicas, funcionais e organizacionais no cérebro. São essas mudanças que possibilitam o complexo comportamento adaptativo próprio de um indivíduo maduro normal (CHUGANI et al., 1987). Além disso, as mudanças funcionais observadas no decorrer da infância e da adolescência são reflexos de modificações estruturais que ocorrem paralelamente (CASEY et al., 2000; ANDERSEN, 2003; NAGY et al., 2004; CASEY et al., 2005).

Tais modificações estruturais e funcionais podem explicar as diversidades no aprendizado encontradas em diferentes idades. Essas alterações e a conseqüente maturação do Sistema Nervoso não acontece apenas durante o período pré-natal, mas mielinizações e formações de árvores dendríticas também ocorrem ao longo do desenvolvimento pós-natal. Essa maturação não é, no entanto, uniforme em todo o Sistema Nervoso, ocorrendo em diferentes idades nas diversas áreas corticais e subcorticais. Associadas a esse desenvolvimento neuroanatômico, são observadas mudanças nas habilidades motoras, sensoriais e cognitivas durante as diversas fases da vida (JOHNSON, 2003).

A seguir, descrevemos diversos estudos que citam diferenças estruturais ao longo do desenvolvimento e discutem a evolução das áreas motoras e cognitivas. De modo geral, os estudos demonstram que áreas cerebrais envolvidas com funções

primárias, como sistemas motor e sensorial, maturam primeiro, seguidas pelos córtices temporal e parietal de associação, relacionados com funções básicas de linguagem e atenção espacial. Por último, se desenvolvem as áreas superiores de associação, como o córtex pré-frontal e córtex temporal lateral, que integram processos sensório-motores e modulam atenção e linguagem. Esse padrão de desenvolvimento está relacionado à mudança no recrutamento das áreas corticais (de mais difuso para mais focal), como consequência do aprendizado e do desenvolvimento cognitivo, da mesma forma como foi encontrado em estudos de aprendizado em adultos por curtos períodos de tempo. Essas mudanças corticais e funcionais provavelmente fazem parte de um processo maturacional experiência-dependente. Contudo, ainda não se sabe ao certo como o aprendizado durante o desenvolvimento afeta esse processo (CASEY et al., 2005).

Com o objetivo de obter uma medida indireta da atividade de diversas regiões do cérebro, Chugani et al. (1987) estudaram o metabolismo cerebral através da taxa de consumo de glicose do nascimento até a adolescência. Os dados obtidos foram comparados com os valores encontrados em adultos normais. Foi verificado que, com 5 dias de vida, o índice é maior no córtex sensório-motor, tálamo, vermis cerebelar e tronco cerebral. Até o terceiro mês, esse índice vai gradualmente crescendo no córtex parietal, temporal e calcarino, núcleos da base e córtex cerebelar. Aos seis meses, aproximadamente, o consumo aumenta no córtex frontal e, por volta dos 8 meses, na região medial do córtex frontal e no córtex occipital dorsolateral. A taxa de consumo de glicose continua aumentando até os 4 anos e se mantém elevada até por volta dos 9 anos, época em que começa a diminuir até atingir os valores encontrados em adultos por volta da segunda década. Segundo a conclusão do trabalho, o alto valor de consumo de glicose pode estar vinculado ao

processo de mielinização. Constatamos, portanto, que por volta dos 9 anos haveria uma diferenciação importante no funcionamento cerebral entre essa faixa etária e as crianças mais novas.

Além das modificações de densidade sináptica e metabolismo durante o desenvolvimento já citadas, parece haver correspondente mudança na substância branca e cinzenta.

Estudos com ressonância magnética indicam haver proporcional aumento no volume total da substância branca em relação à substância cinzenta entre a infância e a adolescência. Em estudo de Giedd et al. (1999), através de imagens de ressonância magnética funcional, foram mensurados os volumes de tais substâncias em cada lobo (frontal, parietal, temporal e occipital). Os dados obtidos indicam mudanças não lineares para a massa cinzenta, evidenciadas por um aumento até a pré-adolescência e posterior diminuição. Essas alterações na substância cinzenta foram específicas para cada região, sendo que as curvas de desenvolvimento para o lobo frontal atingiram seu pico aproximadamente aos 12 anos. Esses achados podem nos indicar que funções cognitivas teriam um desenvolvimento progressivo, havendo, então, diferenças nessas funções entre crianças mais novas e mais velhas.

Segundo Paus (2005), essa aparente “perda” de massa cinzenta que ocorreria no final da adolescência, atribuída por muitos autores a uma eliminação de sinapses, na realidade poderia ser explicada pelo aumento de substância branca intracortical, indicando uma mielinização decorrente do desenvolvimento. Diversos estudos, como os descritos anteriormente, relacionam essas mudanças na proporção de substância branca e cinzenta ao fato de que as conexões corticais vão se tornando refinadas com a eliminação das sinapses desnecessárias e com o

fortalecimento das sinapses relevantes no decorrer do desenvolvimento e com a experiência (CASEY et al., 2005).

Nagy et al. (2004), para verificarem uma possível correlação entre a maturação da substância branca e o desenvolvimento de funções cognitivas, realizaram estudo usando imagens por ressonância. Foram avaliadas, em 23 crianças entre 8 e 18 anos, duas habilidades distintas: memória operacional e leitura, uma vez que cada habilidade está relacionada a áreas distintas do cérebro. O desenvolvimento da memória operacional teve correlação positiva com duas regiões do lobo frontal esquerdo, incluindo a região entre o córtex frontal superior e córtex parietal, conforme o esperado a partir de trabalhos que identificaram, por meio de imagens cerebrais, aumento da atividade nessas regiões durante a execução da mesma tarefa. A tarefa de leitura teve correlação apenas com ativação no lobo temporal esquerdo, na mesma região na qual adultos com dificuldade de leitura apresentam baixa ativação. Os estudos da atividade tanto da região temporal quanto frontal tiveram correlação com a idade, demonstrando, portanto, sua relação com o desenvolvimento.

A alteração da quantidade de substância branca e cinzenta não é, isoladamente, explicação para as diferenças do comportamento e competências motoras de diferentes faixas etárias. Há uma visão de que o ganho de habilidades funcionais não seja devido apenas ao desenvolvimento de determinada área cortical, mas ao desenvolvimento de interação entre as áreas. Uma nova competência estaria associada a mudanças na atividade de várias regiões e não apenas ao início de atividade de uma ou mais regiões adicionais. O mesmo comportamento em adultos e crianças pode ser mediado por diferentes estruturas e circuitos, havendo mudanças dinâmicas no processamento cortical durante o desenvolvimento.

Johnson (2003) denomina esse processo de *interactive specialization* (especialização interativa). O autor também sugere que alguns desses processos dinâmicos podem ser característicos da aprendizagem motora e perceptual em adultos.

A maturação não uniforme do Sistema Nervoso discutida anteriormente leva a diferenças funcionais. Uma vez que as áreas pré-frontais apresentam desenvolvimento mais tardio, os processos cognitivos superiores tais como memória operacional, linguagem, atenção, planejamento e resolução de problemas são os que se desenvolvem mais tardiamente (THOMAS et al., 1999). Devido ao desenvolvimento fisiológico prolongado do córtex pré-frontal durante a infância (especialmente da área pré-frontal dorsolateral, uma das últimas áreas a concluir o processo de maturação), funções relacionadas a essa área como, por exemplo, memória operacional, atenção seletiva e inibição da resposta, parecem ser componentes das bases neurais do desenvolvimento cognitivo (CASEY et al., 2000). Tal ocorrência pode ser observada em trabalhos em que foram estudadas tarefas cognitivas e motoras.

Estudo de Klingberg (2006) demonstra que, apesar de diferenças de estratégia contribuírem para a melhora do desempenho em testes cognitivos no início da infância, o aumento na capacidade cognitiva a partir dos 6 anos parece ser linear e está mais relacionada a uma mudança quantitativa na capacidade de reter informações, do que à uma mudança de estratégia.

Estudos discutem as modificações cognitivas que ocorrem ao longo do desenvolvimento. Segundo Gathercole et al. (2004), há gradativo aumento da capacidade de retenção na memória operacional entre os 4 e 15 anos de idade. Essa conclusão provém de estudo em que foram aplicados testes de retenção em

crianças dessas idades. Os sujeitos foram separados em grupos com diferença de um ano entre eles. A pesquisa mostrou que há diferença cognitiva significativa em fases iniciais do desenvolvimento, mesmo em variações tão pequenas como apenas um ano. E, segundo Hitch et al. (1998), a idade de 7 anos parece ser crítica para o desenvolvimento da memória operacional, uma vez que é nessa fase que as crianças começam a utilizar ensaios sub-vocais como estratégia de recordação.

Em relação às tarefas motoras, um dos trabalhos encontrados é o de Olivier et al. (1997). Nele, os autores examinaram o desenvolvimento da programação da resposta de interceptar uma bola, comparando o tempo de reação (TR) e o número de erros entre três grupos de crianças (6, 8 e 10 anos) e adultos. A análise dos dados foi significativa para idade: o TR e o número de erros diminuíram entre os grupos, sendo essa diferença mais importante entre 6 anos e as outras idades. A diminuição do TR confirma a hipótese já verificada em outros trabalhos de que, durante o desenvolvimento, há um aumento na velocidade de processamento das informações. Segundo os referidos autores, haveria um período crítico nesse processo entre os 6 e 8 anos. Pela análise dos dados citados, conclui-se que haveria uma diferença em relação ao processamento das informações, mais do que uma mudança de estratégia, reforçando a influência da imaturidade cognitiva nas diferenças de desempenho motor observadas entre as idades.

Uma vez que existe essa constante evolução do Sistema Nervoso, é plausível pensar que haja diferenças anatômicas e funcionais entre crianças de diferentes idades, com conseqüentes diferenças na aprendizagem motora, o que justifica a comparação de dois grupos de criança. Outro aspecto considerado para a escolha de crianças de seis e dez anos foi a maturidade motora de ambos os grupos (o que permitiu semelhante condição motora para a realização da tarefa) e uma

diferenciação maturacional em áreas cerebrais (o que permitiu a separação dos dois grupos). A equivalência na capacidade motora em realizar a tarefa é evidenciada por testes que avaliam essa função. Segundo avaliações de função motora, movimentos simples como tocar os dedos com o polegar já são realizados sem nenhuma dificuldade aos seis anos (MÜTSCHLE, 1996). Por isso, optamos pelas idades estudadas, já que satisfazem as condições citadas anteriormente.

2.2 Aprendizagem motora

A adaptação do ser humano ao meio em que ele vive é uma capacidade essencial para a sua sobrevivência. E, para isso, dependemos, principalmente, da atividade do Sistema Nervoso, que deve ser capaz de detectar informações a respeito do ambiente (seja por vias conscientes ou inconscientes), selecioná-las e, então, emitir um comportamento adequado. Esse deve ter função e objetivo definidos, de modo a permitir a melhor e mais eficiente interação com o meio. Há diversos padrões de comportamento possíveis de serem emitidos conforme a demanda de cada situação e as variações do ambiente que agem sobre o indivíduo. Algumas dessas respostas são inatas e outras são aprendidas em função da repetição. A resposta motora constitui um importante componente da emissão de comportamento, sendo, inclusive, passível de aperfeiçoamento: com a repetição, sofre mudanças conseqüentes ao processo conhecido como aprendizagem motora.

Até mesmo os comportamentos inatos podem sofrer alterações em sua eficiência e, conseqüentemente, podem ser aperfeiçoados. É esse processo que explica a capacidade de alguns indivíduos realizarem tarefas tão complexas quanto as performances atléticas, por exemplo. Além disso, sem a aprendizagem, cada vez

que realizássemos um ato motor como dirigir ou amarrar os sapatos, ele seria executado como se fosse a primeira vez, exigindo maior concentração e tempo de execução (WILLINGHAN, 1998). Outra consequência do processo de aprendizagem, importante e muito útil do ponto de vista adaptativo, é a possibilidade de reabilitação após lesões do Sistema Nervoso (SHUMWAY-COOK e WOOLLACOTT, 2003).

Há dois sistemas envolvidos no processo de aprendizado: a memória declarativa (explícita) e a processual (implícita). A primeira se refere a conhecimentos adquiridos (fatos, pessoas e lugares), que podem ser descritos verbalmente, ser manipulada de forma consciente, e é relativamente flexível, de modo que pode ser aplicado em situações diferentes da que foi aprendida. Além disso, sua incorporação é rápida: apenas uma exposição ao evento é suficiente para que seja incorporada. Por outro lado, a memória implícita ou processual estaria relacionada a um sistema de aprendizado lento, necessitando, portanto, de repetição (prática) para ser consolidada, ainda que de forma inconsciente. Esse tipo de aprendizado (habilidades motoras e perceptuais) leva a um conhecimento relacionado a características particulares do contexto de aprendizagem (tarefa) e, por isso, é considerado mais específico. Por não ser acessada conscientemente, na prática é inferida apenas indiretamente pela melhora do desempenho. Apesar de serem dois sistemas de memória distintos, não apenas funcionalmente como também anatomicamente (a memória declarativa está relacionada ao hipocampo, lobo temporal medial e diencéfalo e a memória processual está relacionada principalmente ao córtex motor, estriado e cerebelo), sabe-se que existe uma relação de interdependência entre eles (WILLINGHAN et al., 1989; THOMAS e NELSON, 2001).

Sendo a AM um processo implícito, depende de treinamento e repetição de ações relativamente invariantes para desencadear mudanças em processos internos que acarretarão em mudanças relativamente permanentes na capacidade de movimentação dos indivíduos (SHUMWAY-COOK e WOOLLACOTT, 2003). Essas mudanças ocorrem mediante a prática e reprodução de performances motoras. Conseqüente a essas execuções repetidas, a capacidade do indivíduo em realizar determinada tarefa aumenta, o que caracteriza a aprendizagem, que pode ser mensurada objetivamente através da observação das seguintes características do desempenho: máxima certeza de alcance de meta, mínimo gasto de energia e menor tempo de movimento. Dessa forma, a ocorrência da aprendizagem motora pode ser mensurada do ponto de vista comportamental pela mudança da performance. Essas qualidades são alcançadas nos estágios finais do aprendizado, já que, inicialmente, a performance é caracterizada por atividade motora imprecisa, lentidão e maior número de erros (SCHMIDT e WRISBERG, 2001).

As mudanças comportamentais que caracterizam a AM são conseqüentes a mudanças nas redes neurais sustentadas por alterações das sinapses. Inicialmente, essas modificações desencadeadas pelo treino são temporárias e, progressivamente, com a continuidade do estímulo, tornam-se persistentes. Complexos fenômenos elétricos e químicos ocorrem no Sistema Nervoso durante o processo que culmina em alterações duradouras das redes sinápticas (MONFILS et al., 2005). Segundo Kandel et al. (1997), a maioria das alterações elementares que ocorrem no Sistema Nervoso com o processo de aprendizagem motora depende de modificações da eficácia de conexões sinápticas específicas. A intensificação da força das sinapses é conseqüente à liberação aumentada de neuromediadores que, se persistente, desencadeia a síntese de novas proteínas. Com a aquisição de

novas habilidades, ocorre o reforço dos circuitos pré-estabelecidos, o “desmascaramento” de conexões latentes existentes, a modulação da eficácia das sinapses e a posterior formação de novos circuitos (MUELbacher et al., 2002; BÜTEFISCH, 2004).

Essas mudanças sinápticas decorrentes da aprendizagem motora tem sido evidenciadas em diversos experimentos. Alguns estudos observaram relação entre o treino motor e o aumento de atividade de determinadas regiões cerebrais. Pascual-Leone e Torres (1993) estudaram, por meio de exames de imagens, a área de representação cortical do dedo usado para leitura de cegos hábeis no método Braille. Esses dados foram comparados com os obtidos em sujeitos controle (indivíduos sem habilidade em leitura Braille) e com os outros dedos do próprio sujeito. Os resultados indicam uma maior representação cortical do dedo usado pelos leitores habilidosos em comparação com seus outros dedos e com os demais indivíduos, sugerindo que a prática leva à maior eficiência de circuitos neurais pré-existentes.

Em outro estudo, mais recente, Debaere et al. (2004) realizaram pesquisa em que foram estudadas as mudanças neuroplásticas induzidas com a aquisição de uma tarefa motora. Isso foi feito através de registros de ressonância magnética funcional durante movimentos ativos de flexão e extensão de ambos os punhos. Foi observado, com o aprendizado, aumento da ativação no córtex motor primário bilateral, giro temporal superior bilateral, tálamo e cerebelo.

As mudanças sinápticas persistentes estariam relacionadas com o processo de consolidação da aprendizagem. Uma vez que o aprendizado esteja consolidado, esses novos circuitos serão acionados sempre que a tarefa for executada (KARNI, 1997). Esse pronto acionamento de redes neurais indica que o processo de

aprendizagem motora não está limitado apenas ao momento do treino, mas, além das conseqüências imediatas, ou seja, da melhora do desempenho observada já nos primeiros minutos de treinamento (intra-sessão), há também efeitos mais tardios, evidenciados por mudança da performance a longo prazo, mesmo após o término do treinamento, como manifestação da consolidação do processo (KARNI et al., 1998). Em estudo de Classen et al. (1998), concluiu-se que mudanças em circuitos corticais podem ocorrer mesmo após treinos curtos. Isso foi evidenciado por um experimento em que 20 sujeitos eram submetidos à estimulação magnética transcraniana em região motora do polegar antes e após um período de 30 minutos de treino de movimentação desse dedo. Na segunda estimulação magnética, observou-se mudança no padrão de ativação, evidenciando alteração cortical. Isso indica que a reorganização do circuito neuronal envolvido nos movimentos de polegar ocorre com simples movimentos repetitivos, a curto prazo. Os autores concluem, ainda, que esse tipo de plasticidade deve embasar os estágios iniciais na aquisição de habilidades motoras.

Evidências do processo de consolidação da aprendizagem também foram encontradas por Ungerleider et al. (2002). Utilizando imagens de ressonância magnética, encontraram evidências da reorganização do córtex motor primário (M1), assim como ativação de outras estruturas corticais em diferentes fases da aprendizagem motora. Para isso, foi utilizada uma tarefa de oposição de dedos para duas seqüências distintas. Os sujeitos foram orientados a realizar as seqüências da forma mais rápida e precisa possível com a mão não dominante e sem retroalimentação visual. Uma dessas seqüências (ST) foi treinada durante 10-20 minutos diariamente durante algumas semanas. A outra seqüência (SC) servia como controle para comparar a mudança de desempenho. Ambas foram reavaliadas

semanalmente. Após três semanas de treinamento, a ST superou em duas vezes o desempenho inicial. No exame de imagem, a partir da 3ª semana de prática diária foi encontrado, também, um aumento significativo no sinal da atividade motora evocada em M1 (na área de representação da mão), durante a execução da ST em comparação à SC, que persistiu durante semanas após o término do treinamento. A melhora do desempenho manteve-se por pelo menos um ano, sem prática adicional, confirmando a persistência dos novos circuitos corticais.

Diversos estudos investigaram as áreas relacionadas a cada fase do processo de aprendizagem motora. Resumidamente, identifica-se em uma fase inicial, na qual o desempenho é lento, incerto e com grande dependência atencional, o envolvimento do córtex frontal dorso-lateral, área pré-motora suplementar, córtex pré-motor, córtex cingulado, região anterior dos núcleos da base e cerebelo. Na fase mais tardia, quando há melhora expressiva do desempenho da tarefa que passa a ser realizada de forma automática, observa-se a ativação da região médio-posterior dos núcleos da base, região do sulco intraparietal, precuneos, área motora suplementar e cerebelo. Além do cerebelo, como área comum de ativação tanto nas fases iniciais quanto nas finais do aprendizado (porém mais ativo nas fases iniciais) e os núcleos da base (mais ativos nas fases finais), o córtex somatossensorial e motor primário também são ativados nesses dois estágios do aprendizado (HIKOSAKA et al., 1999; DOYON et al., 2003).

Assim, o processo de aprendizagem engloba mudanças permanentes nas redes neurais que levam à reorganização do sistema, demonstráveis por meio de modificações observáveis em nível (1) comportamental (2) celular e (3) molecular (PASCUAL-LEONE et al., 2005). Uma vez estabelecidas essas mudanças, há a consolidação definitiva da aprendizagem, marcada comportamentalmente pela

estabilidade do desempenho alcançado, mesmo após longos intervalos sem treinamento. Portanto, podemos avaliar e determinar a ocorrência de aprendizagem motora por exames de imagem e pela observação das mudanças comportamentais posteriores ao treino, meio utilizado no presente estudo pela maior facilidade metodológica.

2.3 Modelo interno

As modificações sinápticas que ocorrem com o processo de aprendizagem motora podem representar a formação de uma reprodução interna do movimento. Tal representação e suas características podem embasar a aprendizagem motora e explicar as diferenças entre as capacidades individuais.

Os estudos de Piaget já se referiam a algum componente mais abstrato no processo da aprendizagem, inclusive relacionando-o à evolução cognitiva. Segundo esse autor, desde as primeiras fases da vida, a capacidade de adaptação já é necessária, e o bebê a realiza por meio de ações. Esse processo, Piaget chama de “inteligência prática”, que consiste em uma comunicação por gestos, gritos e movimentos auto-regulados. Essa fase, que vai do nascimento até os 18 meses, é chamada de “período sensório-motor”, na qual a interação da criança com o mundo externo vai se modificando. O segundo período é o “pré-operacional” e compreende, aproximadamente, dos dois aos sete anos, momento em que a criança aprende baseada em imitações. A fase seguinte, que dura dos sete aos onze anos, é chamada de “período das operações concretas”. Nessa fase, a percepção da criança já é mais refinada, apesar do seu pensamento ainda ser concreto, não sendo capaz de aprender a partir de inferências e hipóteses (PULASKI, 1980). Ou seja, o

aprendizado que receber deverá partir do visível, daquilo que ela possa perceber por meio dos sentidos (MÜTSCHLE, 1996).

O conceito de um esquema interno de movimento foi descrito por Schmidt, autor que elaborou a Teoria do Esquema (1975). Segundo ele, os programas motores não conteriam características específicas dos movimentos, mas uma série de normas adquiridas durante o aprendizado, que poderiam ser aplicadas a diversos contextos. Para isso, após executar um movimento, quatro aspectos seriam armazenados na memória: (1) condições iniciais de movimento (fatores gerais a respeito do sujeito e objeto); (2) parâmetros utilizados no programa motor generalizado; (3) efeito do movimento em termos de conhecimento de resultados; (4) as conseqüências sensoriais do movimento. A partir dessas idéias, Schmidt propôs que a variabilidade da prática favoreceria o aprendizado, pois fortaleceria a generalização do programa motor (SHUMWAY-COOK e WOOLLACOTT, 2003; TANI, 2005).

Como uma evolução da Teoria do Esquema, surgiu o conceito de Modelo Interno. Modelos internos seriam mecanismos neurais que mimetizam as propriedades relacionadas ao movimento, formando um comando motor baseado nas previsões a respeito das dinâmicas físicas dos membros, do mundo externo e da tarefa. Empiricamente, dois tipos de informações são cruciais para a ativação do modelo interno: informação contextual que pode ser percebida antes da execução do movimento e informação a respeito da diferença entre informações sensório-motoras previstas e reais que podem ser calculadas durante ou após a execução (SHADMERH, 2004; IMAMIZU et al., 2007).

O conceito de Modelo Interno preenche algumas lacunas na Teoria do Esquema. A teoria elaborada por Schmidt não satisfazia alguns itens relacionados à

aprendizagem motora. Sherwood e Lee (2003) citam três fatores inconsistentes com a Teoria do Esquema: aprendizado na ausência de movimento, melhora do desempenho mesmo na ausência de conhecimento de resultados e a variabilidade da prática influenciando no desempenho.

Há diversas evidências da existência de um modelo interno para a execução dos movimentos. Estudos com prática mental, generalização e independência do efetor podem ser usados como evidências dessa representação interna.

Em estudo de Gentili et al. (2006), aprendizagem e generalização são discutidas com base na teoria de modelo interno. Os resultados indicaram melhora em uma tarefa realizada pelo braço em ambas as direções após treino com prática mental e em apenas uma direção. Segundo os autores, a representação interna das dinâmicas do braço e do ambiente formada conseqüente à prática mental foi utilizada para que houvesse aprendizagem. Uma cópia do comando motor estava disponível, possibilitando previsões a respeito das posições do membro. A generalização observada, segundo os autores, sugere que o Sistema Nervoso não registra dados específicos da tarefa, mas, ao contrário, desenvolve um novo mapa sensório-motor, relacionando as trajetórias desejadas e os comandos motores correspondentes.

Outros trabalhos discutem a transferência do aprendizado de um membro para o contralateral. Segundo os trabalhos, esse fenômeno seria evidência da formação de uma representação do movimento e não das variáveis específicas desse. Ou seja, haveria uma codificação do movimento que é independente do efetor, o que reforça a idéia da existência de um modelo interno (VANGHELUWE et al., 2006 e van MIER e PETERSEN, 2006).

Os estudos que discorrem sobre a teoria do Modelo Interno relacionam, de maneira bastante significativa, cognição e aprendizagem. Segundo a visão atual, o trabalho mental envolvido na tomada de decisões (esforço cognitivo), especificamente em habilidades motoras, seria relacionado àquelas decisões que resultam em processos perceptuais e motores envolvidos no controle do movimento.

Há estudos recentes que discorrem sobre essa interação entre a ação e a cognição. Segundo Hofsten (2007), as ações dirigidas para o mundo externo requerem conhecimento a respeito do espaço, objetos e pessoas. Portanto, é necessária a capacidade de distinção de características críticas e a percepção das “direções” corretas das ações, funções realizadas pelos sistemas sensorial e cognitivo, significando que a ação não envolve apenas sistemas motores, mas, também, sistemas perceptuais. Por exemplo, mecanismos de atenção seletiva podem guiar a seleção da ação pela ligação de uma específica saída motora para um estímulo entre uma variedade de estímulos. O autor ainda discute que a união entre cognição e ação é evidenciada com a observação do desenvolvimento de uma habilidade motora. Essa passa por várias etapas, até o ponto final, que inclui competência motora otimizada pela capacidade da antecipação do objetivo. Além disso, assim como há um visível desenvolvimento motor ao longo da vida, há, também, um desenvolvimento cognitivo. E esses dois componentes se relacionam, uma vez que a cognição evolui em paralelo com a evolução das possibilidades do corpo da criança e do sistema sensório-motor. A influência do cognitivo na ação motora já está presente desde fases iniciais. Alguns comportamentos dos recém-nascidos são ações direcionadas a um objetivo, muito mais que reflexos primitivos. Os bebês já podem, por exemplo, controlar visualmente o movimento dos braços. Logo, o “ponto de partida” do desenvolvimento não é um conjunto de reflexos

disparados por estímulos externos, mas um conjunto de sistemas de ação ativados pela criança. Ao observarmos um bebê, podemos perceber que ele realiza diversos movimentos diferentes. Isso serviria para que a criança descubra as próprias capacidades da ação: o ato de se mover é menos focado no que será “alcançado” e mais nas possibilidades de movimento. Isso faz o bebê tentar vários procedimentos diferentes e introduzir variabilidades necessárias para o processo de aprendizado.

A teoria de modelo interno, conforme observado nos trabalhos citados, permite discutirmos o papel da cognição na aprendizagem motora, assim como a generalização. Por isso, no nosso estudo, foram testadas duas seqüências (treinada e não treinada), para que uma possível transferência de aprendizado entre elas fosse analisada. Assim, foi possível a verificação da hipótese das possíveis diferenças na aprendizagem serem conseqüentes a uma diferenciação cognitiva.

2.4 Estudo da aprendizagem motora

Entre os diversos movimentos que fazemos diariamente, a maioria tem características seqüenciais. Atos cotidianos são formados por movimentos seqüenciais e finos, portanto acreditamos que esses subcomponentes dos movimentos expressem de maneira bastante adequada a construção da aprendizagem motora.

Uma vez que os movimentos seqüenciais representam tão adequadamente a funcionalidade do Sistema Nervoso, diversos pesquisadores utilizam esse método para estudar a AM. Existem diversos trabalhos, por exemplo, em que a aquisição de uma nova habilidade motora é estudada por metodologia em que os sujeitos são

instruídos a apertar os botões numa seqüência determinada aprendida por tentativa e erro (HIKOSAKA et al., 1996; JUEPTENER et al., 1997).

Também há diversos estudos sobre a aprendizagem de habilidades motoras específicas que avaliam movimentos seqüenciais de dedos em oposição. Tais trabalhos são responsáveis por contribuições importantes para a compreensão do processo e das estruturas nervosas nele envolvidas. A partir da modificação comportamental (maior número de acertos e diminuição do número de erros das seqüências realizadas), infere-se a ocorrência da aprendizagem motora. Em 1995, Karni et al. indicaram as evidências da aprendizagem motora ocorrida com o treino desse tipo de tarefa por exames de ressonância magnética. Após o treino de movimentos seqüenciais de dedos, foi observada melhora da performance (aumento do número de seqüências corretas), correlacionada a mudanças na intensidade do sinal das áreas envolvidas com os movimentos. Em 1998, Karni et al. também usaram esse mesmo método para investigar os efeitos do treino, porém relacionando-os ao curso do tempo. Nesse experimento, adultos jovens realizaram movimentos seqüenciais de oposição dos dedos. Foi registrada a atividade cerebral através de ressonância magnética funcional, sendo constatado aumento de atividade da área motora primária contralateral tanto nos primeiros minutos do treinamento, quanto semanas após o final da fase de treino, sugerindo que a aprendizagem motora não tenha apenas efeito imediato ao treinamento. Tal tarefa foi escolhida para nossa pesquisa, já que permite que seja inferida a ocorrência da AM e comparado o desempenho dos dois grupos. Por isso, uma vez que a repetição é fundamental para a aprendizagem, utilizamos alto número de movimentos durante o treino para garantir a ocorrência de modificações sinápticas. Além disso, não avaliamos apenas o desempenho intra-sessão, mas também em diferentes

momentos após o treino, para que fosse avaliado o processo de consolidação. Assim, pudemos verificar as seguintes hipóteses: (1) o desempenho seria semelhante. Logo, as possíveis diferenças funcionais ou anatômicas entre as duas faixas etárias não interfeririam na aquisição da tarefa; (2) os dois grupos apresentariam comportamento diferente. E, pela análise das características de tais diferenças comportamentais, poderíamos inferir se essas diferenças seriam motoras, perceptuais/sensoriais ou cognitivas, além de podermos verificar e analisar diferenças relacionadas à consolidação da aprendizagem.

Não foram encontrados trabalhos que comparem crianças de diferentes idades com essa metodologia (treino de movimentos seqüenciais com seqüência controle e treinada) e que tenham investigado se há diferenças no processo de aprendizagem motora entre as crianças de seis e dez anos. Isso nos levou a elaborar esse trabalho.

3 OBJETIVO

3.1 Geral

Investigar, por meio da análise do desempenho motor em uma tarefa de oposição de dedos, se há diferenças no processo de aprendizagem motora entre crianças de 06 e 10 anos, supostamente relacionadas a diferenças maturacionais do Sistema Nervoso existente entre essas idades.

3.2 Específico

Estudar o processo de aprendizagem motora em crianças, verificar se há diferenças no processo em diferentes idades, analisar a natureza dessas diferenças e identificar possíveis aspectos sensoriais, motores e cognitivos que estariam contribuindo para essa diferença.

4 METODOLOGIA

4.1 Sujeitos

Participaram do estudo dois grupos. O grupo experimental, denominado “grupo 06 anos”, era composto por dezesseis crianças de 06 anos de idade (média: 6,5; desvio-padrão: $\pm 0,2$), sendo doze meninas e quatro meninos. O grupo controle, denominado “grupo 10 anos”, era constituído por dez crianças com idade entre 9 e 10 anos (média: 9,6; desvio-padrão: ± 0.5), sendo seis meninas e quatro meninos. No grupo experimental, 15 das crianças eram destros e uma era canhota. No grupo controle, todas eram destros.

Todos os participantes eram sujeitos saudáveis, sem história de distúrbios sensoriais, e/ou motores e/ou cognitivos e/ou de aprendizagem. Testes neuropsicológicos para avaliar coordenação visuo-motora, atenção e memória (subtestes Código e Dígitos da Escala de Inteligência Wechsler para crianças – Wisc III) e rapidez motora e flexibilidade mental (Trail Making test) foram aplicados por uma psicóloga e usados como critério de exclusão. Isso garantiu que nenhum participante apresentasse déficits nessas funções que pudessem interferir no desempenho e, conseqüentemente, na análise dos resultados. Todas as crianças encontravam-se em série escolar adequada para a idade.

A pesquisa foi submetida à aprovação da Comissão de Ética (ANEXO A).

Todos os participantes ou responsáveis assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – HCFMUSP (ANEXO B).

As crianças participantes eram alunas de uma escola particular de ensino regular (Escola ABC e Cia).

4.2 Materiais

- Fita veda-rosca;
- Fitas de velcro para manter os cabos fixos em posição que não compromettesse a tarefa;
- Caneta hidrográfica para identificação dos dedos das mãos;
- Cadeira, na qual o sujeito se ajustava da maneira que lhe fosse mais confortável;
- Mesa, para que o sujeito apoiasse seu membro superior da maneira mais confortável para realizar a tarefa;
- Uma cabine especial que garantia a redução de interferências auditivas e visuais do ambiente;
- Fitas adesivo-metálicas coladas nos dígitos dos participantes, aos quais cabos eram conectados;
- Cabos de conexão dedos –computador para o registro do desempenho (Figura 1);
- Um computador cuja programação permitia o controle do desempenho dos movimentos de oposição de dedos.



Figura 1: Fotografia digital da mão preparada para o registro dos movimentos de oposição dos dedos.

4.3 Método

4.3.1 A Tarefa

A tarefa consistiu de movimentos seqüenciais dos dedos, em oposição, sendo que todos os sujeitos realizaram a tarefa com a mão dominante. Os dedos foram numerados de 1 a 4 (do dedo “indicador” ao “mínimo”), sendo que o primeiro dedo anatômico (“polegar”) não recebeu numeração devido aos movimentos serem realizados em função dele. Sendo assim, o segundo dedo anatômico (“indicador”) foi designado número 1, o terceiro dedo (“médio”), o número 2, o quarto dedo (“anelar”), o número 3 e o quinto dedo (“mínimo”), o número 4 (Figura 2).



Figura 2: Fotografia digital da situação de oposição de dedos, mostrando a oposição com o dedo “anelar” (que recebeu a numeração 3).

Eram apresentadas duas seqüências aos sujeitos: 4, 1, 3, 2, 4 ou 4, 2, 3, 1, 4. Uma delas era treinada nos quatro blocos de treino, sendo, depois, chamada de seqüência treinada (ST) e a outra servia como controle, de forma que podíamos checar mais adequadamente a diferença do desempenho da seqüência que recebeu treino. Essa segunda era chamada de seqüência não treinada (SNT).

As seqüências eram iniciadas e finalizadas com a oposição do primeiro (“polegar”) e quinto dedo (“dedinho”), sendo que uma era a reversa da outra de forma que dos cinco sub-movimentos envolvidos, apenas o último era comum às duas seqüências (Tabela 1).

Tabela 1: Demonstração dos componentes das seqüências. Os quatro primeiros componentes da seqüência 1 são diferentes dos da seqüência 2. Apenas o último é comum às duas seqüências avaliadas.

Subcomponentes	Seqüência 1 - 4*1*3*2*4	Seqüência 2 - 4*2*3*1*4
Subcomponente 1	4 * 1	4 * 2
Subcomponente 2	1 * 3	2 * 3
Subcomponente 3	3 * 2	3 * 1
Subcomponente 4	2 * 4	1 * 4
Subcomponente 5	4 * 4	4 * 4

4.3.2 Etapas da pesquisa

A pesquisa era constituída de várias etapas, assim representadas:

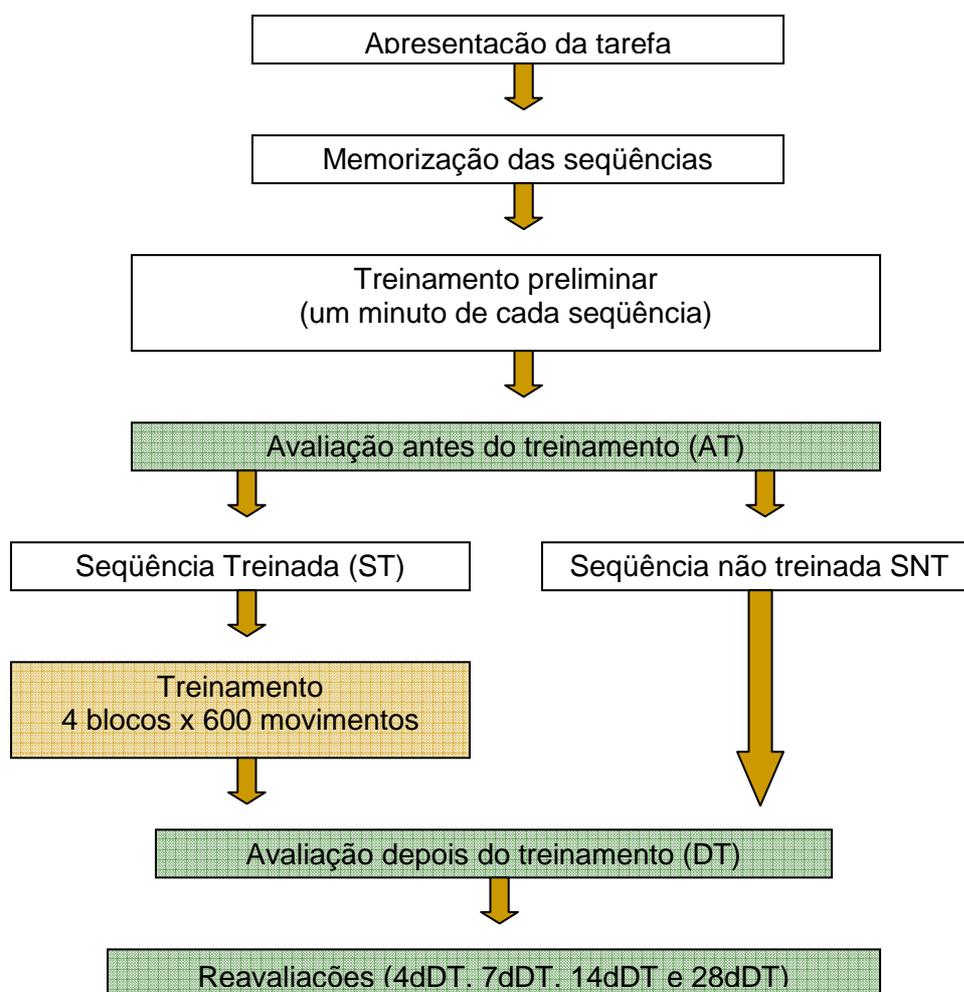


Figura 3: Representação esquemática do experimento.

4.3.2.1 Apresentação e memorização da seqüência

Inicialmente, era apresentado ao sujeito um cartão no qual estava escrita uma das seqüências numéricas a serem memorizadas (4, 1, 3, 2, 4 ou 4, 2, 3, 1, 4). Essa primeira seqüência apresentada era a que seria treinada (ST). Depois, era apresentada a outra seqüência, que serviria como controle (SNT). A primeira metade dos sujeitos avaliados recebeu uma seqüência como a ST e a outra metade recebeu a outra seqüência.

Após o sujeito relatar que já havia memorizado os números, a retenção da seqüência foi verificada através da evocação verbal.

4.3.2.2 Familiarização da tarefa

Após a seqüência ser memorizada, os participantes realizaram um minuto de prática da primeira seqüência para familiarização com a tarefa motora.

4.3.2.3 Avaliação antes do treinamento (AT)

Logo após a fase de familiarização, em que era certificado que o sujeito realmente havia entendido a tarefa e que o computador estava registrando corretamente os dados, o participante realizava novamente um minuto de prática da primeira seqüência (ST), sob a orientação de realizar os movimentos o mais rápido e mais corretamente possível.

O computador registrava, então, o número de seqüências certas completadas em um minuto.

Após a avaliação dessa primeira seqüência, todas as etapas realizadas com ela eram repetidas com a outra seqüência (SNT): memorização, familiarização e avaliação.

4.3.2.4 *Treinamento*

Dois minutos após a avaliação da segunda seqüência, iniciava-se a fase de treinamento.

O treino consistiu de 4 blocos (BI 1, BI 2, BI 3 e BI 4), intercalados por períodos de 2 minutos de descanso. Em cada bloco, o sujeito deveria realizar 600 movimentos, perfazendo um total de 2.400 movimentos de oposição dos dedos, de apenas uma das seqüências (ST). Esse número de movimentos foi definido com base em estudos anteriores do nosso laboratório. Inicialmente, limitávamos os blocos de treino pelo tempo, mas essa medida não é adequada, uma vez que possibilita diferenças na quantidade de treino entre os sujeitos. Então, definimos o término do bloco pela quantidade de movimentos, sendo esse número, em média, a menor quantidade de movimentos realizados pelos sujeitos estudados anteriormente. Dessa forma, garantimos que todos os participantes sejam submetidos ao treino na mesma proporção. O número de movimentos era controlado pelo computador, que interrompia o registro após o total ser completado.

O número de seqüências corretas, o número de erros e o tempo que cada sujeito levou para realizar cada bloco de treinamento foi controlado pelo computador.

Os indivíduos não recebiam qualquer informação sobre o seu desempenho.

4.3.2.5 Avaliação depois do treinamento (DT)

Dois minutos após o término dos blocos de treino, o desempenho para a seqüência que recebeu treinamento (ST) e para que não recebeu treinamento (SNT) foi reavaliado, sob as mesmas condições da avaliação AT, ou seja, o participante realizava novamente um minuto da ST e, após dois minutos de intervalo, realizava um minuto da SNT. Era registrado, novamente, o número de seqüências corretas completadas.

4.3.2.6 Retenção 4 dias após o treinamento (R4dDT)

Quatro dias após essa primeira avaliação (DT), o mesmo procedimento foi repetido: foi avaliado o desempenho da ST em um minuto e, após dois minutos de descanso, foi avaliada a SNT nas mesmas condições.

Antes do início da avaliação, era perguntado à criança e comprovado por evocação verbal se ela se lembrava das seqüências.

4.3.2.7 Retenção 7 dias após o treinamento (R7dDT)

O mesmo procedimento da R4dDT foi repetido, sete dias após o treinamento.

4.3.2.8 *Retenção 14 dias após o treinamento (R14dDT)*

O mesmo procedimento da R4dDT foi repetido, catorze dias após o treinamento.

4.3.2.9 *Retenção 28 dias após o treinamento (R28dDT)*

O mesmo procedimento da R4dDT foi repetido, vinte e oito dias após o treinamento.

4.3.3 Análise estatística

No presente estudo, foram analisadas as seguintes variáveis:

4.3.3.1 *No treinamento*

Como medida de **Tempo de Treinamento (TT)** foi utilizado o tempo total (em segundos) para a execução de 600 movimentos em cada bloco de treino;

Como medida de **Desempenho no Treinamento (DeT)** foi utilizado o número de seqüências corretas completas no bloco de treino;

Assim, o TT reflete a velocidade com que os participantes realizavam os movimentos seqüenciais, refletindo o tempo necessário, em cada bloco, para opor os dedos 600 vezes. O DeT reflete o aproveitamento, ou seja, quantas seqüências corretas o sujeito era capaz de realizar, entre os 600 movimentos permitidos em

cada bloco. Reflete, então, a capacidade de opor os dedos corretamente, dentro de uma seqüência específica.

Para a análise das variáveis relacionadas ao treinamento, após testes para checar normalidade, homogeneidade e independência dos dados, foram realizadas duas comparações utilizando ANOVA 2X4 (Grupo X Bloco), sendo o segundo fator a medida repetida. A primeira comparação verificou o efeito do Grupo (Grupo 10 anos e grupo 06 anos) dos Blocos de treino (BI 1, BI 2, BI 3 e BI 4) sobre o tempo de treinamento (TT). A segunda comparação verificou o efeito do Grupo (Grupo 10 anos e grupo 06 anos) e dos Blocos de treino (BI 1, BI 2, BI 3 e BI 4) sobre o desempenho no treino (DeT).

4.3.3.2 *Nas avaliações*

Como medida de **Velocidade (V)** foi utilizado o número de seqüências corretas completas em 1 minuto;

Como medida de **Acurácia (A)** foi calculado o percentual de erros, pela fórmula:

$A = \text{No. de seqüências incorretas iniciadas em 1 minuto} / \text{No. total de seqüências realizadas em 1 minuto}.$

Para análise do desempenho nas avaliações, após testes para checar normalidade, homogeneidade e independência dos dados, foram realizadas duas comparações utilizando ANOVA 2X6X2 (Grupo X Avaliação X Seqüência), sendo os dois últimos fatores medidas repetidas. A primeira comparação verificou efeito do Grupo (Grupo 10 anos e grupo 06 anos), das avaliações (AT, DT, 4dDT, 7dDT, 14dDT e 28dDT) e das seqüências (ST e SNT) sobre a velocidade. A segunda

comparação verificou efeito do Grupo (Grupo 10 anos e grupo 06 anos), das avaliações (AT, DT, 4dDT, 7dDT, 14dDT e 28dDT) e das seqüências (ST e SNT) sobre a acurácia.

Para ajustar múltiplas comparações duas a duas, foi aplicado o pós-teste de Scheffe.

O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

Toda a análise foi realizada através do programa *Statistic Release 7*.

5 RESULTADOS

5.1 Análise No Treino

5.1.1 Análise do Tempo de Treinamento (TT)

As Médias e Desvio-padrão (DP) relacionados ao tempo de treinamento (TT), em segundos, estão demonstrados na Tabela 2. Conforme demonstrado, as crianças de seis anos (grupo 06 anos) são mais lentas, pois levam mais tempo para concluir cada bloco de treinamento. No entanto, independente da idade, as crianças tornam-se progressivamente mais rápidas para concluírem os blocos de treinamento.

Tabela 2: Médias e desvios-padrão do tempo de treinamento (em segundos) em cada bloco (1, 2, 3, 4) para cada grupo (Grupo 10 anos e grupo 06 anos)

	Bloco 1		Bloco 2		Bloco 3		Bloco 4	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
G 10 anos	424,83	86,44	369,5	79,62	332,75	72,67	312,41	60,43
G 06 anos	567,6	111,66	495,8	115,21	458,13	88,23	437,53	95,75

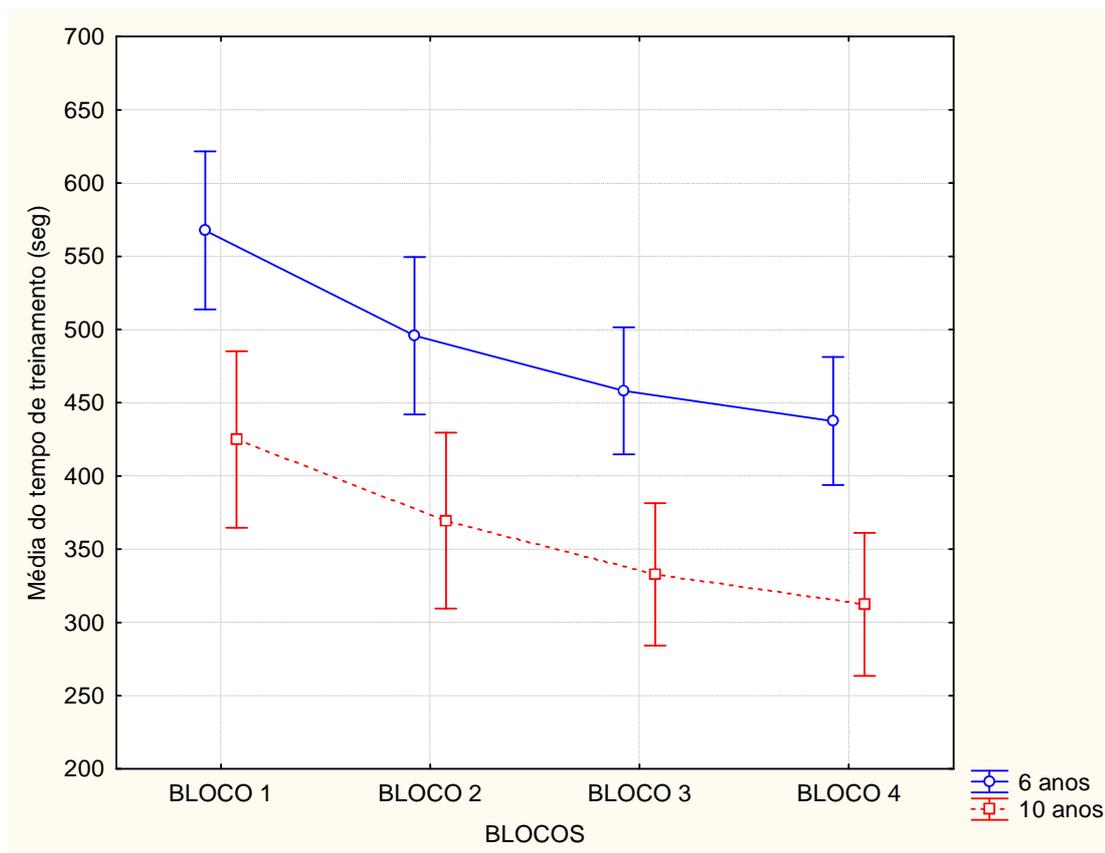


Figura 4: Média do tempo de treinamento em segundos (expresso na ordenada) em cada um dos 4 blocos de treinamento (expresso na abscissa) para os 2 grupos. As barras verticais representam 95% do intervalo de confiança. A linha azul representa o comportamento do grupo de seis anos e a vermelha, do grupo de dez anos.

A ANOVA mostrou que o grupo de crianças mais jovens (6 anos) é significativamente mais lento (efeito de grupo). Mostrou também que houve uma diminuição significativa no tempo de treinamento ao longo dos blocos, independente do grupo (efeito de bloco). Esses efeitos podem ser vistos na Tabela 3.

Tabela 3: ANOVA 2X4 (Grupo X Bloco), sendo o segundo fator a medida repetida para verificar o efeito do Grupo (grupo 10 anos e grupo 06 anos) e dos Blocos de treino (BI 1, BI 2, BI 3 e BI 4) sobre o tempo de treinamento.

	SS	Grau de Liberdade	MS	F	P
Intersecção	19250426	1	19250426	692,17	0,000001
Grupos	449916	1	449916	16,17	0,0004
Erro	695287	25	27811		
Blocos	226837	3	75612	37,12	0,000001
Bloco*Grupo	1479	3	493	0,24	0,86
Erro	152736	75	2036		

O pós-teste de Scheffe mostrou na comparação intragrupo (Tabela 4), que as crianças de seis anos (grupo 06 anos) reduziram significativamente o tempo gasto para concluir o bloco 2 em comparação ao primeiro, não apresentando ganhos significativos desse para os demais blocos. Já as crianças mais velhas (grupo 10 anos) apresentaram melhora significativa no tempo para concluir os 600 movimentos apenas entre o primeiro e terceiro blocos.

Tabela 4: Pós-teste de Scheffe para múltiplas comparações, duas a duas, para verificar o efeito dos blocos intragrupo sobre o tempo de treinamento.

	Grupo 10 anos	Grupo 06 anos
Bl.1 x Bl.2	> 0,05	0,01
Bl.1 x Bl.3	0,002	0,000008
Bl.1 x Bl.4	0,00005	0,000001
Bl.2 x Bl.3	> 0,05	> 0,05
Bl.2 x Bl.4	> 0,05	> 0,05
Bl.3 x Bl.4	> 0,05	> 0,05

A análise intergrupos realizada pelo mesmo teste (Tabela 5) demonstrou que as crianças mais novas (grupo 06 anos) eram significativamente mais lentas que as crianças de 10 anos apenas no primeiro bloco de treinamento. Após as 600 primeiras tentativas, as crianças de 6 anos necessitavam do mesmo tempo que as mais velhas para concluírem cada um dos três últimos blocos de treinamento.

Tabela 5: Pós-teste de Scheffe para múltiplas comparações, duas a duas, para verificar o efeito dos blocos intergrupo sobre o tempo de treinamento.

	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
Grupo 10 anos x Grupo 06 anos	0,04	> 0,05	> 0,05	> 0,05

Em síntese, as crianças de 6 anos apresentavam uma lentificação significativa para concluírem os 600 movimentos de oposição de dedos no início do treinamento. Após as 600 primeiras tentativas, essas apresentaram um aumento significativo na velocidade, o que permitiu que alcançassem o mesmo desempenho das crianças de 10 anos a partir do segundo bloco de treinamento. Já as crianças mais velhas apresentaram uma melhora mais lenta no tempo de execução dos movimentos, a qual só alcançou níveis de significância após o terceiro bloco.

5.1.2 Análise do Desempenho no Treinamento (DeT)

No tópico anterior, foi demonstrado o tempo necessário para concluir os 600 movimentos de oposição de dedos dentro de cada bloco de treino, independente se realizados dentro da seqüência correta ou não. No atual tópico, será demonstrado o número médio de seqüências corretas por minuto em cada um dos 4 blocos, o qual evidenciou a habilidade em realizar os movimentos de maneira correta, seguindo uma seqüência específica.

A Tabela 6 demonstra a média e o desvio-padrão do número de seqüências corretas por minuto, para os dois grupos de crianças. Conforme pode ser observado, as crianças mais novas realizavam um número menor de seqüências corretas por minuto em comparação às mais velhas durante todos os blocos. Todas as crianças, independente da idade, apresentaram uma melhora progressiva do desempenho ao longo dos blocos.

Tabela 6: Médias e desvios-padrão do Desempenho no treinamento (número de seqüências corretas por minuto) em cada bloco (BI 1, BI 2, BI 3, BI 4) para cada grupo (grupo 06 anos e grupo 10 anos).

	Bloco 1		Bloco 2		Bloco 3		Bloco 4	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
G 10 anos	10,43	3,25	13,76	3,33	15,51	4,09	15,6	4,36
G 06 anos	6,81	2,53	9,16	2,79	9,61	2,67	9,8	3,15

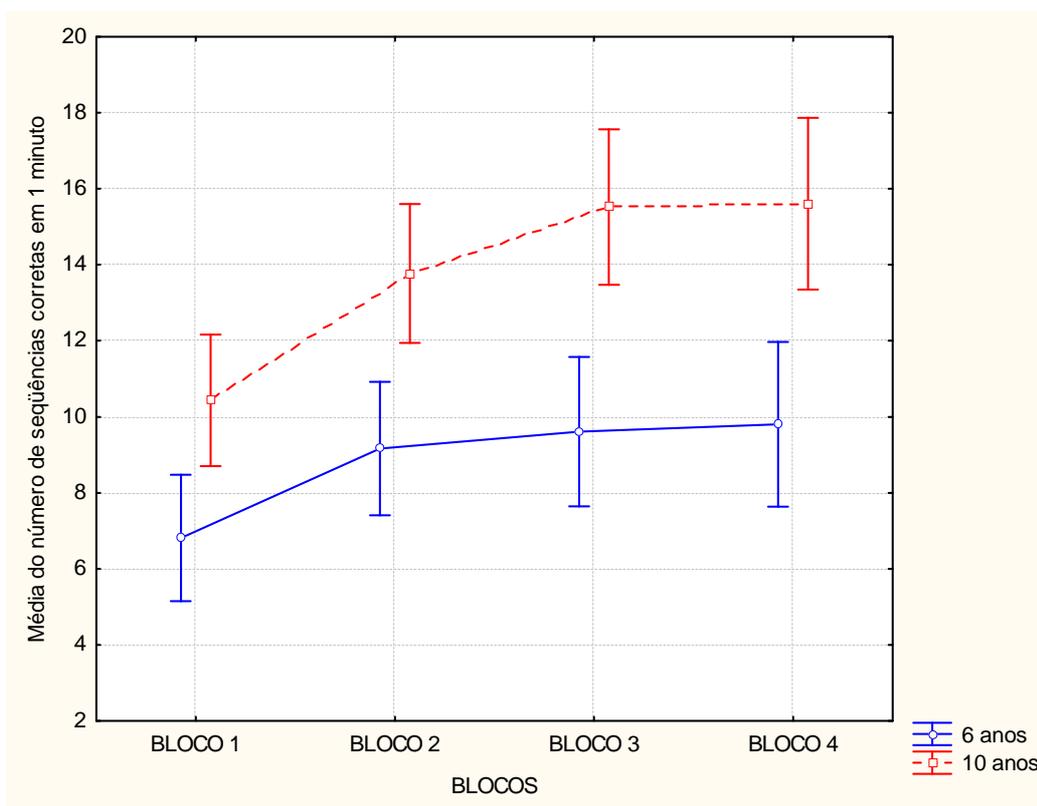


Figura 5: Média do número de seqüências corretas (expresso na ordenada) em cada um dos 4 blocos de treinamento (expresso na abscissa) nos 2 grupos. As barras verticais representam 95% do intervalo de confiança. A linha azul representa o comportamento do grupo de seis anos e a vermelha, do grupo de dez anos.

A ANOVA que analisou o desempenho no treinamento demonstrou interação entre os variáveis grupos e blocos, indicando que a melhora do desempenho ao longo dos blocos foi diferente entre os grupos (Tabela 7).

Tabela 7: ANOVA 2X4 (Grupo X Bloco), sendo o segundo fator a medida repetida para verificar o efeito do Grupo (Grupo 06 anos e Grupo 10 anos) e dos Blocos de treino (BI 1, BI 2, BI 3 e BI 4) sobre o desempenho no treinamento.

	SS	Grau de Liberdade	MS	F	P
Intersecção	12840,69	1	12840,69	363,33	0,000001
Grupos	619,85	1	619,85	17,53	0,0003
Erro	812,86	23	35,34		
Blocos	268,53	3	89,51	31,64	0,000001
Blocos*Grupos	22,05	3	7,35	2,59	0,05
Erro	195,16	69	2,83		

A comparação intragrupo realizada pelo pós-teste de Scheffe, (Tabela 8) demonstrou que, ao contrário do observado no tópico anterior sobre a análise do tempo utilizado para concluir cada um dos blocos, as crianças de seis anos (grupo 06 anos) apresentaram uma melhora significativa no número de seqüências corretas por minuto apenas após o segundo bloco de treinamento, enquanto as mais velhas (grupo 10 anos), já apresentavam uma melhora significativa no desempenho após o primeiro bloco de treino.

Tabela 8: Pós-teste de Scheffe para múltiplas comparações, duas a duas, para verificar o efeito dos blocos intragrupo sobre o desempenho no treinamento.

	Grupo 10 anos	Grupo 06 anos
BI.1 x BI.2	0,003	> 0,05
BI.1 x BI.3	0,000001	0,02
BI.1 x BI.4	0,000001	0,009
BI.2 x BI.3	> 0,05	> 0,05
BI.2 x BI.4	> 0,05	> 0,05
BI.3 x BI.4	> 0,05	> 0,05

A comparação intergrupos (Tabela 9) demonstrou que, de forma contrária ao observado no tópico anterior em relação ao tempo utilizado para concluir cada um dos blocos, as crianças mais novas (grupo 06 anos) apresentavam desempenho significativamente inferior às mais velhas apenas nos dois últimos blocos de treinamento.

Tabela 9: Pós-teste de Scheffe para múltiplas comparações, duas a duas, para verificar o efeito dos blocos intergrupos sobre o desempenho nos blocos de treinamento.

	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
Grupo 10 anos x Grupo 06 anos	> 0,05	> 0,05	0,01	0,02

Em síntese, as crianças de 6 anos inicialmente eram capazes de realizar o mesmo número de seqüências corretas por minuto que as crianças de 10 anos. Com o decorrer do treinamento, embora tenham se tornado tão rápidas quanto as mais velhas (ver tópico anterior), não foram capazes de acompanhar a melhora rápida, imediatamente após o primeiro bloco de treino, no número de seqüências corretas apresentada pelas crianças de 10 anos, tornando-se significativamente prejudicadas no desempenho.

5.2 Análise dos resultados durante as avaliações

A análise dos resultados do treino descrita anteriormente evidencia os efeitos imediatos do treinamento, além de nos permitir examinar dados referentes apenas à ST. Por outro lado, na análise descrita a seguir (resultados durante as avaliações), podemos verificar os efeitos tardios do treino e características relacionadas à ST e à SNT.

5.2.1 Análise da velocidade (número de seqüências corretas realizadas em um minuto)

Os resultados da velocidade dos movimentos seqüenciais, nas cinco avaliações realizadas, podem ser observado nas tabelas 10 (ST) e 11 (SNT) e na Figura 6.

A observação dos resultados mostra que as crianças de 6 anos apresentaram médias inferiores no número de seqüências corretas realizadas por minuto em todas as avaliações, tanto para a seqüência treinada como para a não-treinada. Nota-se também que houve um aumento no número de seqüências corretas por minuto após o treino para todas as crianças, independente da idade.

Tabela 10: Velocidade média (média do número de seqüências corretas) e médias dos desvios-padrão (DP) obtidos com a seqüência treinada (ST), antes (AT) e depois do treinamento (DT, R4dDT, R7dDT, R14dDT, R28dDT), nos dois grupos (grupo 10 anos e grupo 06 anos).

AV	AT		DT		R4dDT		R7dDT		R14dDT		R28dDT	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
G 10 anos	12	2,92	22,16	6,45	26	6,1	26,16	5,73	26,75	6,9	27,16	4,48
G 06 anos	6,93	3,01	11,4	4,76	16,2	5,26	16,93	6,34	14,93	5,63	16,33	3,94

Tabela 11: Velocidade média (média do número de seqüências corretas) e médias dos desvios-padrão (DP) obtidos com a seqüência não treinada (SNT), antes (AT) e depois do treinamento (DT, R4dDT, R7dDT, R14dDT, R28dDT), nos dois grupos (grupo 06 anos e grupo 10 anos).

AV	AT		DT		4dDT		7dDT		14dDT		28dDT	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
G 10 anos	11,08	4,2	9,25	5	12,75	6,44	16,33	6,25	16,33	6,7	21	3,61
G 06 anos	7,06	3,7	4,8	2,7	6,4	3,94	10,86	6,06	12,66	6,18	10	5,49

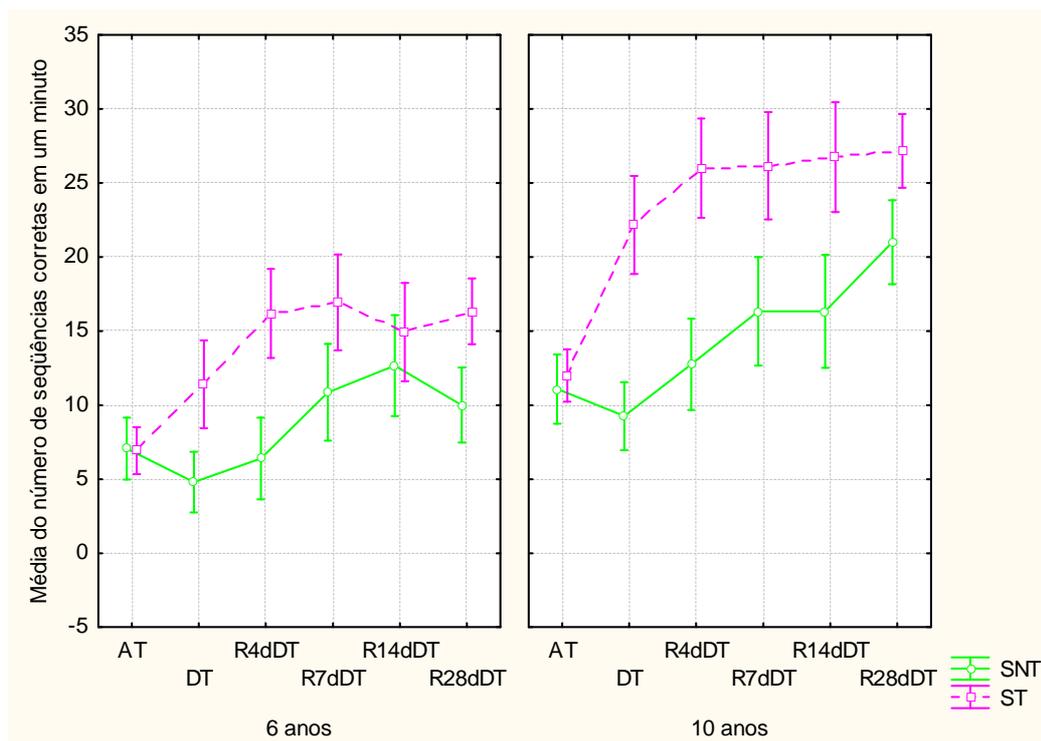


Figura 6: Média do número de seqüências corretas (expresso na ordenada) dos dois grupos, antes (AT) e depois do treinamento (DT, 4dDT, 7dDT, 14dDT e 28dDT), expresso na abscissa. O primeiro gráfico à esquerda representa o comportamento do grupo 06 anos. O gráfico a seguir ilustra o comportamento do grupo 10 anos. As barras verticais representam 95% do intervalo de confiança. A linha verde representa o comportamento da seqüência não treinada (SNT) e a rosa, da seqüência treinada (ST).

A ANOVA realizada para a análise da velocidade nas avaliações demonstrou uma interação significativa entre os fatores seqüência x avaliação x grupo (Tabela 12), o que indicou que os grupos apresentaram modificações distintas no desempenho das seqüências ao longo das avaliações.

Tabela 12: ANOVA 2X6X2 (Grupo X Avaliação X Seqüência), para verificar efeito do Grupo (grupo 06 anos e grupo 10 anos), das avaliações (AT, DT, 4dDT, 7dDT, 14dDT e 28dDT) e das seqüências (ST e SNT) sobre a velocidade.

	SS	Grau de Liberdade	MS	F	P
Intersecção	72614,64	1	72614,64	551,42	0,000001
Grupo	4750,05	1	4750,05	36,07	0,000003
Erro	3292,14	25	131,69		
Seqüência	3960,55	1	3960,55	84,76	0,000001
Seqüência*Grupo	282,92	1	282,92	6,05	0,02
Erro	1168,16	25	46,73		
Avaliação	3701,42	5	740,28	44,63	0,000001
Avaliação*Grupo	274,6	5	54,92	3,31	0,007
Erro	2073,36	125	16,59		
Seq.*Avaliação	981,93	5	196,39	15,63	0,000001
Seq.*Avaliação*Grupo	162,23	5	32,45	2,58	0,02
Erro	1570,47	125	12,56		

A diferença no comportamento dos grupos em relação às seqüências e às avaliações pode ser vista no pós-teste.

A comparação intragrupo realizada pelo pós-teste de Scheffe (Tabela 13), demonstrou que as crianças de seis anos (grupo 06 anos) apresentam melhora significativa do desempenho apenas após a terceira avaliação, ou seja, quatro dias após o término do treinamento, enquanto as crianças mais velhas apresentam uma melhora significativa imediatamente após o término do treinamento. Embora mais lenta, a melhora obtida pelo grupo de crianças mais novas se manteve até 28 dias após o treino, da mesma forma que para as crianças mais velhas.

A análise da SNT também mostrou diferença entre os grupos: as crianças de 6 anos não apresentaram melhora significativa para essa seqüência, enquanto as mais velhas apresentaram uma melhora significativa após a quarta avaliação (14 dias após o treino).

Tabela 13: Pós-teste de Scheffe para múltiplas comparações, duas a duas, para verificar o efeito das avaliações intragrupo para a seqüência treinada (ST) e da seqüência não treinada (SNT), separadamente, em relação à velocidade.

	Grupo 10 anos		Grupo 06 anos	
	ST	SNT	ST	SNT
AT x DT	0,004	> 0,05	> 0,05	> 0,05
AT x R4dDT	0.000001	> 0,05	0,002	> 0,05
AT x R7dDT	0.000001	> 0,05	0,0004	> 0,05
AT x R14dDT	0.000001	> 0,05	0,04	> 0,05
AT x R28Ddt	0.000001	0,006	0,001	> 0,05
DT x R4dDT	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05
R4dDT x R7dDT	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05
R7dDT x R14dDT	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05
R14dDT x R28dDT	> 0,05	0,00009	> 0,05	> 0,05

Na análise intergrupos (grupo 10 anos e grupo 06 anos), a comparação da velocidade tanto para a ST como para SNT, em cada avaliação, demonstrou não haver diferença significativa entre os grupos.

Em síntese, as crianças de 6 anos, em comparação às crianças de 10 anos, apresentaram uma melhora mais lenta na velocidade da seqüência que recebeu treinamento, embora tenham atingido o mesmo desempenho em cada uma das avaliações. Em relação à seqüência que não recebeu treinamento, as crianças mais novas não foram capazes de melhorar significativamente o seu desempenho, ao contrário das mais velhas, que apresentaram uma melhora significativa para essa seqüência 14 dias após o final do treino.

5.2.2 Análise da Acurácia (A)

As Médias e Desvio-padrão (DP) dos resultados do percentual de erros nas avaliações estão demonstrados nas Tabelas 14 e 15. A média do percentual de erros das duas seqüências do grupo 10 anos é menor que a do grupo 06 anos em todas as avaliações.

Tabela 14: Média do número percentual de erros e médias dos desvios-padrão (DP) obtidos com a seqüência treinada (ST), antes (AT) e depois do treinamento (DT, 4dDT, 7dDT, 14dDT, 28dDT), nos dois grupos (grupo 10 anos grupo 06 anos).

AV	AT		DT		4dDT		7dDT		14dDT		28dDT	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
G 10 anos	22,2	17,8	23,8	17,8	8,84	4,6	13,3	10,3	12,45	9,33	14,38	7,96
G 06 anos	39,7	18,9	37,7	18	15,4	14	17,7	17,1	30,6	16,8	25,4	12,58

Tabela 15: Média do número percentual de erros e médias dos desvios-padrão (DP) obtidos com a seqüência não treinada (SNT), antes (AT) e depois do treinamento (DT, 4dDT, 7dDT, 14dDT, 28dDT), nos dois grupos (grupo 10 anos e grupo 06 anos).

AV	AT		DT		4dDT		7dDT		14dDT		28dDT	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
G 10 anos	28,1	19,1	35,32	9,99	29,11	14,98	17,48	11,6	22,35	11,37	24,66	1,93
G 06 anos	43,39	20,06	61,21	19,63	52,45	24,8	36,65	25,2	33,91	16,46	45,15	25,3

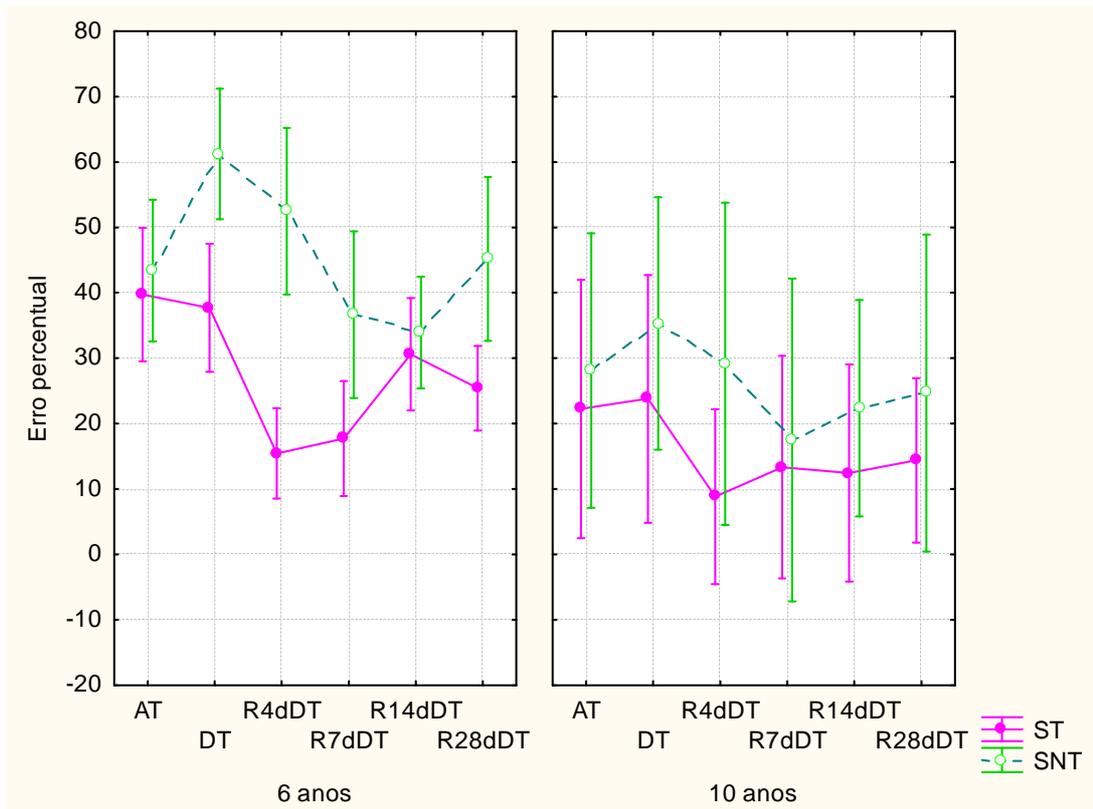


Figura 7: Desempenho em termos de médias do número percentual de erros (expressa na ordenada) entre os 2 grupos, antes (AT) e depois do treinamento (DT, 4dDT, 7dDT, 14dDT e 28dDT), expresso na abscissa. O primeiro gráfico à esquerda representa o comportamento do grupo 06 anos. O gráfico a seguir ilustra o comportamento do grupo 10 anos. As barras verticais representam 95% do intervalo de confiança. A linha verde representa o comportamento da seqüência não treinada (SNT) e a rosa, da seqüência treinada (ST).

Na ANOVA para Acurácia foram encontrados efeitos significativos para grupo, seqüência e avaliação (Tabela 16), o que indica que o grupo de crianças de 6 anos apresentou um percentual de erros significativamente mais elevado que as crianças de 10 anos, independente da seqüência e das avaliações.

Tabela 16: ANOVA 2X6X2 (Grupo X Avaliação X Seqüência), sendo os dois últimos fatores medidas repetidas. A primeira comparação verificou efeito do Grupo (grupo 10 anos e grupo 06 anos), das avaliações (AT, DT, 4dDT, 7dDT, 14dDT e 28dDT) e das seqüências (ST e SNT) sobre a acurácia.

	SS	Grau de Liberdade	MS	F	P
Intersecção	125820,6	1	125820,6	105,82	0,000001
Grupo	9227,1	1	9227,1	7,76	0,01
Erro	20212,4	17	1189		
Seqüência	7447,7	1	7447,7	21,02	0,0002
Seqüência*Grupo	514,8	1	514,8	1,45	0,24
Erro	6020,9	17	354,2		
Avaliação	5429,4	5	1085,9	3,78	0,003
Avaliação*Grupo	219	5	43,8	0,15	0,97
Erro	24406,5	85	287,1		
Seq.*Avaliação	2363	5	472,6	2,14	0,06
Seq.*Avaliação*Grupo	719,5	5	143,9	0,65	0,66
Erro	18739,1	85	220,5		

5.3 Síntese dos resultados

As crianças de seis anos, inicialmente mais lentas no treino, apresentaram uma diminuição significativa no tempo necessário para completar cada bloco após as 600 primeiras tentativas, o que permitiu que alcançassem a mesma velocidade das crianças de 10 anos a partir do segundo bloco de treinamento.

Quanto ao desempenho no treinamento, as crianças de 6 anos inicialmente eram capazes de realizar o mesmo número de seqüências corretas por minuto que as crianças de 10 anos. Com o decorrer do treinamento, não foram capazes de acompanhar a melhora das crianças mais velhas, tornando-se significativamente prejudicadas no desempenho.

Em relação ao comportamento nas avaliações, as crianças de 6 anos, em comparação às crianças de 10 anos, apresentaram uma melhora mais lenta na velocidade (número de seqüências corretas por minuto) da ST. O grupo 06 anos apresenta melhora significativa dessa seqüência apenas na R4dDT, enquanto o

outro grupo já apresenta melhora na avaliação DT. Em relação à SNT, as crianças mais novas não foram capazes de melhorar significativamente o seu desempenho, ao contrário das mais velhas, que generalizaram o aprendizado, apresentando uma melhora significativa para essa seqüência 14 dias após o final do treino.

6 DISCUSSÃO

O presente estudo comparou o processo de aprendizagem motora entre crianças de diferentes idades, buscando relacionar as diferenças encontradas a desiguais estágios de maturação dos sistemas envolvidos nesse processo. Tal tema é bastante relevante, já que favorece diversas áreas de conhecimento que estudam os efeitos do treino motor, tais como Pedagogia, Educação Física, Terapia Ocupacional, Fisioterapia, entre outras. Com uma investigação mais detalhada dos vários fatores que interferem nesse processo, é possível que haja um melhor direcionamento de treinos esportivos e técnicas de reabilitação funcional.

A aprendizagem motora é um processo complexo, sendo influenciado pelas condições da prática e pelas características dos sujeitos submetidos ao treino. Dentre vários fatores que interferem na aquisição de uma nova habilidade motora, o presente estudo elegeu a idade, já que ainda não está totalmente elucidada a questão da diferenciação do treino para crianças de diferentes faixas etárias. Baseando-se no conhecimento a respeito das diferenças maturacionais entre crianças de 06 e 10 anos, tais idades foram escolhidas para serem comparadas, já que tal diferenciação maturacional torna plausível a suposição de que existam diferenças no processo de aprendizagem motora entre esses grupos.

A tarefa escolhida para ser analisada (movimentos seqüenciais em oposição de dedos) é bastante adequada, já que simula diversos movimentos seqüenciais e finos utilizados em funções cotidianas. A observação de mudanças comportamentais desencadeadas pelo treino dessa tarefa nos permite inferir a ocorrência da aprendizagem motora e possibilita a verificação dos componentes motores e cognitivos envolvidos no aprendizado de uma habilidade. Isso porque os sujeitos não deveriam apenas executar as oposições (componente motor), mas dependiam

de um componente cognitivo, já que deveriam realizá-las dentro de uma seqüência numérica, o que requer organização de modelos internos.

Os resultados do treino indicam uma interessante diferença comportamental apresentada pelos grupos quanto ao tempo de execução e desempenho. O grupo das crianças de 06 anos, em comparação com as crianças maiores, apresentou igual capacidade de melhorar a velocidade com que realizam oposição de dedos. Isso é evidenciado pela análise da velocidade no treino: apesar de, inicialmente (no primeiro bloco), as crianças mais novas serem mais lentas que as mais velhas (levaram mais tempo para completar os 600 movimentos), a partir do segundo bloco não há mais diferença significativa no tempo de execução de cada grupo. Por outro lado, a análise do número de seqüências corretas realizadas por minuto em cada bloco de treinamento apresenta uma diferença entre os dois grupos: inicialmente, as crianças de 06 anos apresentavam semelhante desempenho em comparação ao outro grupo, porém, nos dois últimos blocos de treinamento, as crianças de dez anos apresentaram, significativamente, melhor desempenho que as crianças menores (realizaram maior número de seqüências corretas por minuto).

É importante realçar que o tempo necessário para completar os blocos de treinamento reflete a capacidade de realizar movimentos de oposição, independentemente da seqüência. Ou seja, engloba a realização de qualquer movimento realizado, seja ele certo ou errado. Já para o desempenho, é crucial a oposição dos dedos em uma seqüência específica. Ou seja, constatamos que as crianças de seis anos são capazes de realizar movimentos de oposição de dedos na mesma velocidade do que as de dez anos, porém apresentam dificuldade em fazê-lo dentro de uma seqüência específica.

A semelhança dos dois grupos na capacidade em melhorar a velocidade de oposição de dedos é, a princípio, um pouco surpreendente, já que as crianças de 10 anos possuem em sua memória motora mais informações, adquiridas pela prática de atividades como escrita e movimentos finos, que poderiam dar sustentação a tal desempenho. Essas informações, armazenadas em decorrência de experiência prévia e que servem para a execução da tarefa, podem ser chamadas de informações “offline”, ou seja, disponíveis antes do início do momento atual. Inclusive, essa maior experiência pode explicar a maior velocidade apresentada pelas crianças maiores inicialmente. No entanto, tal diferença na capacidade em executar movimentos de oposição de dedos torna-se não significativa com o treino.

O movimento é formado, basicamente, por uma fase de planejamento e uma de execução. A programação da ação motora depende da atividade de áreas de associação como as pré-frontais e área motora suplementar e a execução está relacionada à atividade de áreas motoras primárias, além de contar com a participação do cerebelo. O ajuste cerebelar realizado durante a execução do ato motor constitui parte importante do movimento. Esse tipo de ajuste utiliza as informações atuais sobre os movimentos em andamento (KANDEL et al., 1997). Uma vez que as crianças mais novas apresentam, em comparação às mais velhas, semelhante capacidade de opor os dedos, podemos concluir que os dois grupos possuem semelhante capacidade sensório-motora, evidenciando que não há diferenças relacionadas à fase de execução. Já a capacidade em opor os dedos em uma seqüência específica demanda programação motora. Então, o desempenho inferior das crianças mais novas indicaria deficiências nas fases pré-motoras. De fato, o substrato neural envolvido com a execução já está maduro aos seis anos,

enquanto as áreas envolvidas com a programação ainda não estão completamente maduras.

A afirmação anterior encontra embasamento na literatura. A habilidade em opor dedos em qualquer seqüência envolve, predominantemente, componentes motores e as áreas primárias, como o sistema motor e sensorial primários, apresentam maturação mais precoce, já estando maduras na faixa etária dos dois grupos estudados. Já as áreas superiores de associação, como o córtex pré-frontal e córtex temporal lateral, que integram processos sensório-motores e modulam atenção e linguagem, parecem se desenvolver por último. Alguns trabalhos citam essas diferenças regionais na maturação cerebral. Um deles é o estudo de Huttenlocher e Dabholkar (1997). Os referidos autores pesquisaram se a sinaptogênese no córtex cerebral humano ocorreria concomitantemente em diferentes regiões ou se existiriam diferenças regionais. Para isso, compararam a densidade sináptica de áreas sensoriais primárias e do córtex pré-frontal. Com os dados obtidos, concluíram que as áreas primárias apresentam maturação mais precoce em relação ao pré-frontal (cuja maturação se estende até metade da adolescência). Os autores discutem que tais diferenças maturacionais explicam diferenças funcionais encontradas em idades diferentes.

Outro estudo também discute a diferença no desenvolvimento entre algumas áreas cerebrais. Segundo Fuster (2002), as áreas motoras e sensoriais primárias mielinizam antes que as áreas de associação, sendo que o córtex pré-frontal é uma das áreas corticais que desenvolvem mais tardiamente no curso do desenvolvimento individual.

Como dito anteriormente, ao contrário da semelhança comportamental observada pela análise da velocidade no treino, os dois grupos apresentam diferente

comportamento quanto ao desempenho. As crianças de 06 anos apresentaram maior dificuldade em opor os dedos seguindo uma seqüência correta. Outra diferença encontrada entre os dois grupos se refere à capacidade de generalização da aprendizagem da seqüência treinada para a que não passou pelo treino. As crianças mais velhas apresentaram uma melhora significativa para a SNT 14 dias após o final do treino. Ao contrário disso, as crianças mais novas não foram capazes de generalizar a aprendizagem de uma seqüência para a sua reversa.

Ao analisarmos esses dados, questionamos as possíveis desigualdades entre as duas faixas etárias que poderiam explicar as diferenças encontradas. Tal explicação deve ser baseada nos componentes envolvidos na aprendizagem motora, assim como nas etapas que formam um ato motor: abstração do movimento, planejamento e execução.

Nossa hipótese é a de que ambas as diferenças estão relacionadas a desigualdades cognitivas que levam a uma deficiência na consolidação e/ou utilização de modelos internos de movimentos, já que não seria possível explicar tais resultados com base em diferenças apenas nas etapas de execução. As crianças de seis anos teriam, então, menor capacidade de formar esse modelo interno, em comparação às crianças de dez anos. Além disso, teriam mais dificuldade em usar tal modelo para generalizar o aprendido. De fato, percebe-se que há maior dependência da formação de um modelo interno para realizar os movimentos em uma seqüência específica (número de seqüências corretas realizadas por minuto) em comparação com apenas opor os dedos.

Modelos internos são mecanismos neurais que podem mimetizar as características das informações de entrada (*inputs*) e de saída (*outputs*) do aparato motor. Ao gerar os comandos motores, o cérebro, provavelmente, confiaria nessas

representações internas das regras envolvidas com a tarefa. Tais representações seriam capazes de prever as dinâmicas físicas do corpo e do mundo externo (KAWATO, 1999 e SHADMEHR, 2004). A formação desse modelo interno seria, então, determinante para o sucesso das tarefas motoras. Representações neurais menos precisas levariam ao prejuízo do desempenho motor.

A noção de modelo interno considera dois componentes: um modelo prévio e um inverso. O primeiro preveria e relacionaria as entradas e respostas do Sistema Nervoso Central. O componente inverso altera o sistema, dando ao comando motor condições de adaptar-se a mudanças impostas ao ato, permitindo a execução da maneira desejada anteriormente (WOLPERT e KAWATO, 1998). Tal componente pode ser entendido como a base da generalização. Ao aprendermos uma nova habilidade, partimos de um modelo interno “vazio” que, com o treino, passa a representar regras que podem ser aplicadas a diferentes situações (GENTILI et al., 2006). Os padrões de generalização sugerem que as bases neurais têm campos de atividade que são sintonizados de acordo com a posição dos membros ou as características do contexto (SHADMEHR, 2004).

Alguns estudos citam que a representação abstrata central do movimento permitiria a generalização da aprendizagem, apontando a capacidade em realizar a tarefa treinada com o membro que não foi submetido ao treino, ou seja, a independência do efector (VANGHELUWE et al., 2005; VANGHELUWE et al., 2006; van MIER E PETERSEN, 2006) e a generalização entre tarefas distintas como evidências da existência do modelo interno (SHADMEHR e MUSSA-IVALDI, 1994; FLANAGAN e WING, 1997 e KAWATO, 1999).

A formação desses modelos internos do movimento representa etapas anteriores à execução. Constituiria a etapa de programação do movimento, e,

portanto, depende da atividade de áreas de associação como as pré-frontais e área motora suplementar, relacionadas às estratégias motoras e ao planejamento motor (KARNI et al., 1995). A cognição, envolvida com o planejamento, é, então, ferramenta fundamental para a construção desses modelos internos.

Alguns trabalhos discutem os aspectos cognitivos dos modelos internos. Segundo Sherwood e Lee (2003), há um papel importante da cognição na formação de modelos internos de movimento. Os autores citam que cada movimento resulta na abstração de várias fontes de informação relacionadas a esse ato. Aliás, essa idéia é a base da Teoria do Esquema, mas o diferencial do conceito de Modelo Interno com a Teoria de Schmidt é o peso dado aos aspectos cognitivos. Segundo o trabalho, há evidências dessa função cognitiva na formação da representação interna dos movimentos. Uma delas seria o aprendizado na ausência de movimentos. Essa situação pode ser exemplificada pela prática mental, situação em que, mesmo na ausência de feedback externo, há ganho na aprendizagem (GENTILI et al., 2006).

Há estudos recentes que discorrem sobre essa interação entre a ação e a cognição, chamada de cognição motora. Segundo Hofsten (2007), a ação está fortemente relacionada à cognição. São unidades mutuamente dependentes que, juntas, formam sistemas funcionais. Esses dados estão disponíveis para o indivíduo por meio dos sistemas sensorial e cognitivo, não sendo mediada, portanto, apenas por sistemas de controle motor, mas também por sistemas perceptuais. A cognição é parte indispensável para a escolha da ação. Essa seleção seria a tarefa de resolver conflitos entre alternativas comportamentais competitivas, ou, mais simplesmente, decidir “o que fazer a seguir”. E os mecanismos cognitivos atuam desta forma: ajustando as demandas do objetivo (PRESCOTT et al., 2007).

Willingham (1998) descreve que a ação participa do processo de aprendizagem motora. Segundo esse autor, apesar da AM ser descrita como um processo implícito, sua formação ocorre a partir de dois mecanismos: um implícito, composto pela integração perceptuo-motora, seqüenciamento e recrutamento muscular, e o outro, que possui uma via consciente de ativação, relacionado à performance (seleção mais eficiente dos objetivos e/ou do seqüenciamento). Ou seja, mesmo sendo um processo basicamente implícito, compartilha de funções superiores tais como os processos cognitivos. A aprendizagem motora, então, é influenciada por diversos fatores e surgiria de um processo complexo formado por componentes como a percepção, cognição e ação (SHUMWAY-COOK e WOOLLACOTT, 2003).

Há outra diferença comportamental entre os grupos estudados e que também aponta para diferenciações cognitivas entre as idades. Ao analisarmos o efeito do treinamento nas avaliações, percebemos que, para as crianças de dez anos, o treino tem efeito imediato, ou seja, há aumento significativo do número de seqüências corretas imediatamente após os quatro blocos (DT). Já para as crianças mais novas, esse efeito é mais tardio: logo após o treino, não há melhora; somente 4 dias depois de treinarem, essa ocorre. Esse dado nos leva a pensar em possíveis diferenças no processamento do aprendido. Crianças mais novas seriam mais dependentes de outros fatores, além dos motores, para consolidarem a aprendizagem.

Segundo Hauptmann et al. (2005), existiriam processos de aprendizagem (consolidação) relacionados com o tempo. A consolidação da memória é uma reorganização tempo-dependente da representação da experiência, englobando uma modificação estrutural sináptica disparada pelo treino efetivo. Tais mudanças

estruturais desencadeiam mudanças na performance como manifestação da consolidação do processo (KORMAN et al., 2007).

A investigação das áreas cerebrais envolvidas na aprendizagem motora permitiu a identificação de fases distintas do processo. Karni et al. (1998), considerando as evidências provenientes de estudos comportamentais de imageamento cerebral e de plasticidade sináptica, propôs a definição de dois estágios: (1) o aprendizado em curto prazo, ativado já nos primeiros minutos de prática, quando uma rotina ou plano para realizar a tarefa é selecionado e alterações temporárias nos processos neurais são desencadeadas proporcionando uma melhora rápida no desempenho, que continuam a se desenvolver por horas após o treinamento e (2) o aprendizado em longo prazo, caracterizado por alterações locais definitivas na conectividade cortical dependente do treinamento que permitem o armazenamento em longo prazo das novas habilidades na memória motora, consolidando o desempenho da habilidade. Segundo esse modelo, então, o aprendizado em curto prazo seria mais dependente do planejamento adequado da tarefa.

A desigualdade temporal do efeito do treino encontrada reflete, então, diferenças no processo de consolidação da AM entre os dois grupos. O processo de consolidação citado está significativamente ligado a aspectos cognitivos, pois esses contribuem para a decodificação da tarefa. E também participam dos processos de seleção da resposta e estabelecimento de um planejamento adequado (KARNI et al., 1998). Assim, podemos, novamente, analisar a diferença entre os grupos com base em aspectos cognitivos: uma maior imaturidade cognitiva das crianças mais novas levaria ao prejuízo do aprendizado em curto prazo, necessitando de mais

tempo para a ocorrência das modificações estruturais envolvidas na aprendizagem motora.

Analisados em conjunto, todos os nossos resultados apontam para a hipótese de que as diferenças comportamentais no processo de aprendizagem motora entre os dois grupos estudados seriam decorrentes de diferentes estágios de maturidade cognitiva. Com isso, as crianças mais novas formariam representações internas mais imprecisas que as mais velhas. Há dados na literatura que evidenciam tal idéia.

Jansen-Osmann et al. (2002) realizaram estudo para explicar as diferenças encontradas entre grupos de 6, 8, 10 anos e adultos numa tarefa de adaptação quando submetidos a um campo de força. Apesar de todos os sujeitos terem apresentado algum grau de generalização (evidenciando, então, a capacidade de formar modelos internos), as crianças tiveram maior dificuldade em readaptar a tarefa na situação de força nula versus campo de força. E isso ocorre, de maneira mais significativa, para o grupo de crianças de seis anos. Nessa faixa etária, os resultados mostraram que a mudança de condição afetava mais o desempenho, além desses sujeitos necessitarem de mais tempo para retornar ao nível anterior de performance após troca de condição. Os autores discutem que os circuitos neurais responsáveis pela formação de representações internas tornam-se mais eficientes com a ontogênese.

Os dados do nosso trabalho, derivados de uma análise comportamental realizada por meio da tarefa escolhida e comparando dois grupos de crianças em diferentes idades, são inéditos. Outros trabalhos se propuseram a verificar algumas características da aprendizagem motora entre diferentes faixas etárias. No entanto, muitos estudaram as diferenças entre crianças e adultos ou, então, entre os tipos de prática randômica e fechada e efeitos da interferência contextual (MEULEMANS et

al., 1998; JARUS E TZIPI, 2001; SEIDLER, 2004 e THOMAS et al., 2004). Foram encontrados poucos trabalhos que, assim como o presente, analisem, em nível comportamental, o processo de aprendizagem motora em crianças normais e quais fatores o influenciam, especialmente em comparação a outras crianças de idade diferente.

Essas evidências reforçam a necessidade de treinos ou reabilitação específicos para diferentes idades. Além disso, as intervenções devem enfatizar aspectos sensório-motores, mas também aspectos cognitivos. Acreditamos que devemos investir não apenas no treino das etapas relacionadas à execução, mas também na fase do planejamento motor. Ou seja, nas ferramentas necessárias à abstração da ação. Isso talvez pudesse ser feito, por exemplo, por meio da observação da prática motora, o que otimizaria a formação do modelo do movimento. Esse treino é relevante, já que os movimentos seqüenciais devem ser feitos não apenas com coordenação e velocidade, mas, mais que isso, é importante a capacidade adequada em executar os movimentos em uma seqüência particular, já que atos motores como escrever e dirigir, de grande importância funcional, envolvem seqüências específicas de movimento.

É importante que se dê continuidade à investigação das diferenças no processo de aprendizagem motora entre crianças em fases distintas do desenvolvimento, ampliando os estudos, por exemplo, para a questão da generalização entre membros e prática mental. Buscando, assim, formas cada vez mais eficientes de se conduzir o treinamento motor, tanto de indivíduos saudáveis, como para indivíduos portadores de lesões no Sistema Nervoso.

7 CONCLUSÃO

As duas faixas etárias estudadas são capazes de, com o treino, aumentar a velocidade de movimento, embora com diferenças relacionadas à capacidade em realizar os movimentos em uma seqüência pré-estabelecida, à generalização e à consolidação, o que sugere diferenças relacionadas à formação de uma representação interna de movimentos.

REFERÊNCIAS

ANDERSEN, S.L. Trajectories of brain development: point of vulnerability or window of opportunity? **Neuroscience and Behavioral Reviews**, v. 27, p. 3-18, 2003.

BUTEFISCH, C. M. Plasticity in the human cerebral cortex: lessons from the normal brain and from stroke. **The neuroscientist**, v. 10 (2), p. 163-173, 2004.

CASEY, B.J., et al. Imaging the developing brain: what have we learned about cognitive development? **Trends in Cognitive Sciences**, v.9, p. 104-110, 2005.

CASEY, B.J; GIEDD, J.N.; THOMAS, K.M. Strustural and functional development and its relation to cognitive development. **Biological Psychology**, v. 54, p. 241-257, 2000.

CHUGANI, H.T.; PHELPS, M.E.; MAZZIOTTA, J.C. Positron emission tomography study of human brain functional development. **Annals of Neurology**, v. 22, p. 487-497, 1987.

CLASSEN, J., et al. Rapidy plasticity of cortical movement representation induced by practice. **Journal of neurophysiology**, v. 79, p. 1117-23, 1998.

DEBAERE, F., et al. Changes in brain activation during the acquisition of a new bimanual coordination task. **Neuropsychology**, v. 42, p. 855-67, 2004.

DOYON, J.; PENHUNE, V.; UNGERLEIDER, L. G. Distinct contribution of the cortico-striatal and cortico-cerebellar systems to motor skill learning. **Neuropsychologia**, v. 41, p. 252-62, 2003.

FLANAGAN, J. R.; WING, A. M. The role of internal models in motion planning and control: evidence from grip force adjustments during movements of hand-held loads. **The Journal of Neuroscience**, v. 17(4), p. 1519-1528, 1997.

FUSTER, J. M. Frontal lobe and cognitive development. **Journal of Neurocytology**, v.31, p.373-385, 2002.

GATHERCOLE, S. E., et al. The structure of working memory from 4 to 15 years of age. **Developmental Psychology**, v. 40 (2), p. 177-190, 2004.

GENTILI, R.; PAPAXANTHIS, C.; POZZO, T. Improvement and generalization of arm motor performance through motor imagery practice. **Neuroscience**, v. 137, p.761-772, 2006.

GIEDD, J. N., et al. Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study. **Nature Neuroscience**, v.2(10), p. 861-863, 1999.

HAUPTMANN, B.; et al. The predictive value of the leveling off of within session performance for procedural memory consolidation. **Brain Res. Cogn. Brain Res.**, v. 24(2), p. 181-89, 2005.

HIKOSAKA, O., et al. Activation of human presupplementary motor area in learning of sequential procedures: a functional MRI study. **Journal of Neurophysiology**, v.76(1), p. 617-621, 1996.

HIKOSAKA, O.; et al. Parallel neural networks for learning sequential procedures. **Trends Neurosci**, v. 22, p. 464-71, 1999.

HITCH, G. J., et al. Visual limits children's working memory span? Theoretical accounts and applications for scholastic development. **Journal of Experimental Psychology: General**, v. 130, p. 184-198, 1998.

HOFSTEN, C. V.; Action in development. **Developmental Science**, v. 10(1), p. 54 – 60, 2007.

HUTTENLOCHER, P.R.; DABHOLKAR, A. S. Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex. **The J. of Comparative Neurology**, v.387, p. 167-178, 1997.

IMAMIZU, H., et al. Explicit contextual information selectively contributes to predictive switching of internal models. **Exp. Brain Res.**, v.181, p.395-408, 2007.

JANSEN-OSMANN, P., et al. Force adaptation transfer to untrained workspace regions in children- Evidence for developing inverse dynamic motor models. **Exp. Brain Res.**, v. 143, p.212-220, 2002.

JARUS, T.; TZIPI, G. Effects of cognitive process and task complexity on acquisition, retention and transfer of motor skill. **Canadian Journal of Occupational Therapy**, v.68 (5), p. 280-289, 2001.

JOHNSON, M. H. Development of human brain functions. **Biological Psychiatry**, v. 54, p. 1312-1316, 2003.

JUEPTNER, M., et al. Anatomy of motor learning II: subcortical structures and learning by trial and error. **Journal of Neurophysiology**, v. 77, p. 1325-1337, 1997.

KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M. **Fundamentos da Neurociência e do Comportamento**. s/e. Rio de Janeiro, R.J: Ed. Prentice-Hall do Brasil LTDA., 1997. 591p.

KARNI, A.; Adult cortical plasticity and reorganization. **Science and Medicine**, p. 24-33, 1997.

KARNI, A., et al. Functional MRI evidence for adult motor cortex plasticity during skill learning. **Nature**, v. 377, p.155-158, 1995.

KARNI, A., et al. The acquisition of skilled motor performance : fast and slow experience-driven changes in primary motor cortex. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA**, v. 95, p. 861-868, 1998.

KAWATO, M. Internal models for motor control and trajectory planning. **Current Opinion in Neurobiology**, v.9, p.718-727, 1999.

KLINGBERG, T. Developmental of a superior frontal-intraparietal network for visuo-spatial working memory. **Neuropsychologia**, v. 44, p. 2171-2177, 2006.

KORMAN, M., et al. Daytime sleep condenses the time course of motor memory consolidation. **Nature Neuroscience**, p.1-8, 2007.

MEULEMANS, T.; LINDEN, M. V.; PERRUCHET, P. Implicit sequence learning in children. **J. of Exp. Child Psychology**, v. 69, p. 199-221, 1998.

MONFILS MH, PLAUTZ EJ, KLEIM JA. In search of the motor engram: motor map plasticity as a mechanism for encoding motor experience. **Neuroscientist**, v.11(5), p.471-83, 2005.

MUELbacher, W., et al. Early consolidation in human primary motor cortex. **Nature**, v. 415, p. 640-644, 2002.

MÜTSCHHELE, M.S. **Como desenvolver a psicomotricidade?** São Paulo, SP: Loyola, 1996. 178 p.

NAGY, Z.; WESTERBERG, H.; KLINGBERG, T. Maturation of white matter is associated with the development of cognitive functions during childhood. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 16(7), p. 1227-1233, 2004.

OLIVIER, I.; RIPOLL, H.; AUDIFFREN, M. Age differences in using precued information to preprogram interception of a ball. **Perceptual and Motor Skills**, v.85, p. 123-127, 1997.

PASCUAL-LEONE, A., et al. The plastic human brain cortex . **Annual Review of Neuroscience**, v. 28, p 377-401, 2005.

PASCUAL-LEONE, A. ; TORRES, F. Plasticity of the sensorimotor cortex representation of the reading finger in Braille readers. **Brain**, v.116, p.39-52, 1993.

PAUS, T. Mapping brain maturation and cognitive development during adolescence. **Cognitive Sciences**, v.9 (2), p.60-68, 2005.

PRESCOTT, T. J. et al. Introduction. Modelling natural action selection. **Phil. Trans. R. Soc. B.**, p. 01-09, 2007.

PULASKI, M.A.S. **Compreendendo Piaget- Uma introdução ao desenvolvimento cognitivo da criança.** Rio de Janeiro, R.J: Guanabara-Koogan, 1980. 230 p.

SCHMIDT, R. A. A schema theory of discrete motor skill learning. **Psychol. Rev.**, v. 82, p. 225-260, 1975.

SCHMIDT, R. A.; WRISBERG, C. A. **Aprendizagem e Performance Motora: uma abordagem da performance baseada no problema.** 2 ed. Porto Alegre, R.S.: Artmed, 2001. 331p.

SEIDLER, R. D. Multiple motor learning experiences enhance motor adaptability. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v.16 (1), p. 65-73, 2004.

SHADMEHR, R. Generalization as a behavioral window to the neural mechanisms of learning internal models. **Human Movement Science**, v.23, p543-568, 2004.

SHADMEHR, R.; MUSSA-IVALDI, F.A. Adaptive representation of dynamics during learning of a motor task. **The Journal of Neuroscience**, v.14(5), p. 3208-3224, 1994.

SHERWOOD, D. E.; LEE, T. D. Schema theory: critical review and implications for the role of cognition in a theory of motor learning. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 74(4), p. 376-382, 2003.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. **Controle Motor: teoria e aplicações práticas**. 2. ed. Barueri, SP: Manole, 2003. 592 p.

TANI, G. **Comportamento Motor: aprendizagem e desenvolvimento**. São Paulo, SP: Guanabara Koogan, 2005. 333p.

THOMAS, K.M. et al. A developmental functional MRI study of spatial working memory. **Neuroimage**, v. 10, p. 327-338, 1999.

THOMAS, K. M., et al. Evidence of developmental differences in implicit sequence learning : an fMRI study of children and adults. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 16(8), p. 1339-51, 2004.

THOMAS, K.M.; NELSON, C.A. Serial reaction time learning in preschool-and school- age children. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 79, p. 364-387, 2001.

UNGERLEIDER, L.G.; DOYON, J.; KARNI, A. Imaging brain plasticity during motor skill learning. **Neurobiology of Learning and Memory**, v. 78(3), p. 553-564, 2002.

VANGHELUWE, S. et al. Learning and transfer of bimanual multifrequency patterns: effector-independent and effector-specific levels of movement representation. **Exp. Brain Res.**, v. 170, p. 543-54, 2006.

VANGHELUWE, S.; WENDEROTH, N.; SWINNEN, S. P. Learning and transfer of an ipsilateral coordination task: evidence for a dual-layer movement representation. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v.17(9), p.1460-1470, 2005.

VAN MIER, H. I.; PETERSEN, S. E. Intermanual transfer effects in sequential tactuomotor learning: evidence for effector independent coding. **Neuropsychologia**, v. 44(6), p. 939-49, 2006.

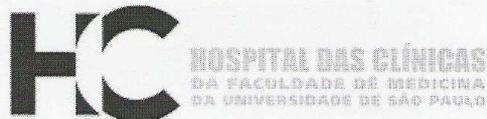
WILLINGHAM, D. B. A neuropsychological theory of motor skill learning. **Psychological Review**, v. 105 (3), p. 558-584, 1998.

WILLINGHAM, D. B.; NISSEN, M. J.; BULLEMER, P. On the development of procedural knowledge. **Journal of Experimental Psychology**, v.15(6), p. 1047-1060, 1989.

WOLPERT, D.M.; KAWATO, M. Multiple paired forward and inverse models for motor control. **Neural Networks**, v.11, p. 1317-1329, 1998.

ANEXOS

ANEXO A – Aprovação da Comissão de Ética



DIRETORIA CLÍNICA

Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa

APROVAÇÃO

A Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 26.08.04, **APROVOU** o Protocolo de Pesquisa nº **648/04**, intitulado: "Aprendizagem de uma nova habilidade motora em crianças normais" apresentado pelo Departamento de **FISIOTERAPIA, FONOAUDIOLOGIA E TERAPIA OCUPACIONAL**, inclusive o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Pesquisador(a) Responsável: **Sra. Maria Elisa Pimentel Piemonte**

CAPPesq, 26 de Agosto de 2004.

PROF. DR. CLAUDIO LEONE
Vice-Presidente da Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa

OBSERVAÇÃO: Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar à CAPPesq, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 196, de 10.10.1996, inciso IX.2, letra "c")

ANEXO B – Termo de consentimento livre e esclarecido

Anexo I
HOSPITAL DAS CLÍNICAS
DA
FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Instruções para preenchimento no verso)

I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. NOME DO PACIENTE :

DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº : SEXO : M F

DATA NASCIMENTO:/...../.....

ENDEREÇO Nº APTO:

BAIRRO: CIDADE:

CEP: TELEFONE: DDD (.....)

2. RESPONSÁVEL LEGAL

NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador etc.)

DOCUMENTO DE IDENTIDADE : SEXO: M F

DATA NASCIMENTO:/...../.....

ENDEREÇO: Nº APTO:

BAIRRO: CIDADE:

CEP: TELEFONE: DDD (.....)

II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: Aprendizagem de uma nova habilidade motora em crianças normaisres.

PESQUISADOR: Maria Elisa Pimentel Piemonte

CARGO/FUNÇÃO: Fisioterapeuta INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL Nº CREFITO 12863-F

UNIDADE DO FMUSP: Centro de Docência e Pesquisa de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da FMUSP

3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

SEM RISCO ()	RISCO MÍNIMO (X)	RISCO MÉDIO ()
RISCO BAIXO ()	RISCO MAIOR ()	

(probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)

4. DURAÇÃO DA PESQUISA : 2 anos

III - REGISTRO DAS EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO PACIENTE OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA CONSIGNANDO:

O objetivo dessa pesquisa é verificar a capacidade de melhorar o desempenho, ou seja, a velocidade e a coordenação, de uma nova habilidade motora através do treinamento em crianças normais de diferentes idades, e verificar como diferentes fatores, como a visão e atenção, interferem nesse processo de aprendizagem

Aceitando participar desta pesquisa seu filho(a) deverá realizar uma avaliação inicial para avaliar a velocidade e coordenação dos movimentos dos dedos das mãos. Para realizar essa avaliação seu filho(a) deverá sentar-se confortavelmente na frente de uma mesa, vestir uma luva de borracha que estará conectada através de cabos a um computador e então decorar uma seqüência de 5 números correspondentes aos números de cada um dos dedos da mão. Depois seu filho(a) deverá realizar com os dedos da mão os movimentos ensinados pela fisioterapeuta na seqüência decorada, durante um minuto. Após esse teste inicial, seu filho(a) deverá retornar outras 8 vezes ao laboratório para realizar 8 sessões de treinamento com duração de 20 minutos, intercalados com períodos de descanso, realizadas duas vezes por semana em dias e horários à combinar. Após esse bloco de treinamento, seu filho(a) deverá realizar um novo teste, semelhante ao inicial, para verificar o quanto a velocidade e a coordenação dos movimentos dos dedos melhoraram com o treinamento.

O benefício que seu filho(a) poderá obter participando desta pesquisa é conseguir a melhora na velocidade e coordenação dos movimentos dos dedos da mão com que foi realizado o treinamento.

Os fisioterapeutas responsáveis estarão sempre presentes durante todo o tempo dos testes e dos treinamentos orientando os movimentos. Seu filho(a) não sentirá nenhum desconforto ou dor durante ou depois o treinamento e o procedimento trará nenhum risco para a sua saúde.

Seu filho(a) não deverá treinar em casa os movimentos ensinados, mas apenas dentro das sessões.

IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA CONSIGNANDO:

Qualquer dúvida que o sr(a) vier a ter sobre os procedimentos, riscos e benefícios relacionados a pesquisa serão prontamente esclarecidos pelo pesquisador, que estará presente em todas as consultas.

O sr(a) têm liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo, sem nenhum prejuízo.

Todas as informações sobre o sr(a), incluindo seu nome e desempenho são confidenciais e sigilosas.

V. INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.

Caso o sr(a) tenha alguma dúvida ou algum problema relacionado a esta pesquisa, o sr(a) poderá entrar em contato com a pesquisadora responsável, Dra. Maria Elisa Pimentel Piemonte, através dos telefones 3091-7463/ 3091-7451, ou 9641-6774, ou pessoalmente no Centro de Docência e Pesquisa de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional, ou no telefone 3834-8597, na residência do pesquisador, à Rua Profª Altina M. de Araújo, 563.

VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Protocolo de Pesquisa

São Paulo, de de 2003.

assinatura do sujeito da pesquisa ou responsável legal

assinatura do pesquisador
(carimbo ou nome Legível)

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)