ISSN 0102 - 7549

Revista Paulista de Educação Física

SUPLEMENTO *No. 3* *2000*

Escola de Educação Física e Esporte
Universidade de São Paulo

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor
Prof. Dr. Jacques Marcovitch

Vice-Reitor
Prof. Dr. Adolpho José Melfi

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

Diretor
Prof. Dr. Valdir José Barbanti

Vice-Diretor
Prof. Dr. José Geraldo Massucato

REVISTA PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Diretor Responsável
Prof. Dr. Marcos Duarte

Conselho Editorial
Prof. Dr. Alberto Carlos Amadio
Profa. Dra. Andrea Michele Freudenheim
Prof. Dr. Antonio Herbert Lancha Junior
Prof. Dr. Go Tani
Profa. Dra. Suely dos Santos

Comissão de Publicação
Prof. Dr. Edison de Jesus Manoel
Prof. Dr. Júlio Cerca Serrão
Maria Lúcia Vieira Franco

Redação e distribuição
(assinatura, permuta, doação)
Revista Paulista de Educação Física
Escola de Educação Física e Esporte da
Universidade de São Paulo
Av. Prof. Mello Moraes, 65
05508-900 - São Paulo - SP - Brasil
Web: www.usp.br/eef/rpef
e-mail: reveefe@edu.usp.br

Indexação
RPEF é indexada por LILACS - Literatura Latino Americana e do Caribe em Ciências da Saúde; Sports Documentation Monthly Bulletin (University of Birmingham); International Bulletin of Sports Information (IASI).

Tiragem: 1 000 exemplares
Periodicidade: semestral

CREDENCIAMENTO E APOIO FINANCEIRO DO:
PROGRAMA DE APOIO ÀS PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS PERIÓDICAS DA USP
COMISSÃO DE CREDENCIAMENTO

ISSN 0102-7549

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

REVISTA PAULISTA
DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Rev. paul. Educ. Fís., São Paulo, supl.3, p.6-96, 2000

REVISTA PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, São Paulo, Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, 1986.

Semestral.
ISSN 0102-7549

Educação física
Esporte

CDD. 20.ed. 613.7
796

ISSN 0102-7549

REVISTA PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
suplemento no.3 - 2000

SUMÁRIO

Prefácio 04

Apresentação 05

Desenvolvimento motor: passado, presente e futuro..... 06
CONNOLLY, Kevin

Aprendizagem motora como um problema mal-definido..... 16
CHOSHI, Koji

Dynamic coupling: intrinsic and extrinsic influences on reaching and grasping in children with hemiplegic cerebral palsy..... 24
SUGDEN, David

A aprendizagem de habilidades motoras I: o que muda com a prática?..... 29
PELLEGRINI, Ana Maria

Desenvolvimento motor: padrões em mudança, complexidade crescente..... 35
MANOEL, Edison de Jesus

Processo adaptativo em aprendizagem motora: o papel da variabilidade..... 55
TANI, Go

A importância da atenção na aprendizagem de habilidades motoras..... 62
LADEWIG, Iverson

A aprendizagem de habilidades motoras II: o que muda com a prática?..... 72
CANFIELD, Jefferson Thadeu

Estratégias de controle em movimentos complexos: ciclo percepção-ação no controle postural..... 79
BARELA, José Angelo

Sobre a generalidade de estratégias de controle sensório-motor..... 89
TEIXEIRA, Luis Augusto

PREFÁCIO

A sociedade e principalmente os profissionais de uma determinada área de conhecimento, precisam conhecer e usufruir das descobertas dos estudos das diversas ciências, já que o progresso da humanidade está ligado à geração e difusão do conhecimento nas várias artes: científica, cultural e popular. Assim sendo, tornam-se importante as publicações.

Publicações de resultados de pesquisas bem como de reuniões científicas aparecem como o recurso mais utilizado para legitimar e registrar o conhecimento, possibilitando o reconhecimento da comunidade científica, permitindo assim a experimentação e continuidade das idéias e descobertas.

É inegável o impacto de uma publicação na nossa área, ainda em sua "infância" científica, principalmente num país de extensões continentais como o nosso.

Por toda essas crenças, congratulo-me com os membros do Laboratório de Comportamento Motor (LACOM) pela iniciativa e com todos os que participaram do seminário que celebrou os 10 anos do LACOM e contribuíram para esta publicação.

Prof. Dr. Valdir José Barbanti
Diretor da Escola de Educação Física e Esporte
da Universidade de São Paulo

APRESENTAÇÃO

É com grande satisfação que apresentamos o suplemento que traz, ainda que tardiamente, as contribuições da maioria dos pesquisadores convidados para o Seminário de Comportamento Motor, realizado em dezembro de 1998 na Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo. Esse evento foi comemorativo aos 10 anos do Laboratório de Comportamento Motor (LACOM) da já referida instituição.

De fato, essa comemoração foi apenas um pretexto para reunir os principais pesquisadores do comportamento motor no Brasil, além de três pesquisadores de renome internacional que de forma variada contribuíram decisivamente para o desenvolvimento do LACOM. Juntos, esses pesquisadores apresentaram e discutiram temas de grande relevância para a compreensão dos processos de organização e mudança nas habilidades motoras para uma platéia vibrante de docentes e estudantes de pós-graduação e graduação de várias partes do país. Não podemos deixar de lembrar e agradecer o apoio financeiro da CAPES, CNPq e Fapesp para a consecução desse evento.

Todos os textos completos foram redigidos pelos respectivos autores antes ou depois do evento, com exceção das contribuições dos Professores Choshi e Connolly, transcritas da gravação em vídeo de suas respectivas conferências. Gostaria de agradecer a colaboração dos membros do LACOM pela dedicação em reunir, transcrever e editar os textos e em especial ao Umberto Cesar Corrêa pela coordenação dessas atividades, a Andréa Consolino Ximenes e Maria Lúcia Vieira Franco pelo árduo trabalho de formatação e editoração dos textos e a Cássia Regina Palermo Moreira pelo seu minucioso trabalho de revisão ortográfica de vários textos. Isso de forma alguma exime de erros quem vos fala e assim posto, os eventuais erros e imprecisões que aqui permanecem são de minha responsabilidade.

Prof. Dr. Edison de Jesus Manoel
Coordenador do Laboratório de Comportamento Motor

CDD. 20.ed. 152.3

DESENVOLVIMENTO MOTOR: PASSADO, PRESENTE E FUTURO[1]

Kevin CONNOLLY*

RESUMO

O desenvolvimento motor é um fenômeno que permeia a vida de todas as pessoas; ele possibilita a realização de atos motores essenciais à lida diária não só por sua excepcionalidade, mas também por sua ubiqüidade. De onde vem o nosso entendimento sobre esse fenômeno? O que sabemos hoje sobre ele? Para onde devemos caminhar na busca de novos conhecimentos? Essas são as questões abordadas no presente ensaio.

UNITERMOS: Desenvolvimento motor; Habilidade motora; Maturação; Variabilidade.

É um grande prazer estar no Brasil novamente e um privilégio celebrar com vocês o 10o. aniversário do Laboratório de Comportamento Motor. Nós temos o hábito de comemorar efusivamente aniversários, como faremos brevemente com a passagem do milênio. Essas comemorações indicam que houve a passagem do tempo e com ela, transformações significativas. Aniversários como esse do laboratório são apropriados para que nós também façamos uma reflexão sobre nossas metas, sobre aonde pretendemos chegar. No caso do Comportamento Motor, particularmente do Desenvolvimento Motor, é bastante oportuno que façamos as perguntas: "*onde nós estávamos?*" "*onde estamos?*" e "*para aonde estamos indo?*"

Classificação é fundamental na Ciência. Nós dividimos o nosso mundo de forma que nós o compreendamos em padrões organizados. No Século XVII, nós diríamos: "somos homens ou mulheres de Ciência" Já em nossa época, somos químicos, biólogos, físicos, uma grande variedade, em porções cada vez menores, de especialistas da natureza. No caso particular da Educação Física e áreas correlatas, dizemos: "você é um investigador ou pesquisador em Desenvolvimento Motor, Aprendizagem Motora ou Controle Motor". Uma questão que tenho em mente e que gostaria de expor a vocês é se os limites e restrições que estabelecemos nos ajudam atualmente ou colocam obstáculos para o nosso desenvolvimento futuro? Até que ponto essas divisões são uma ajuda ou nos atrapalham?

Se nós fizermos a pergunta "o que é desenvolvimento motor?", de certo modo, todos terão uma idéia. Nos referimos às mudanças nas ações habilidosas, em padrões de movimento, que acontecem ao longo da vida. Muitas vezes existe uma tendência de pensarmos mais na criança, mas essas mudanças também estão acontecendo no adulto e no idoso. Essa descrição parece ser um tanto quanto vaga, a ponto de se perguntar: *O que é realmente Desenvolvimento Motor?*

Contarei uma história que é simples, mas verdadeira, sobre Thomas e seu avô. Deixe-me tentar resumir o que um dia aconteceu em minha casa, logo pela manhã. Primeiro deixe-me lembrá-los que o meu relato é sobre algo rotineiro em minha casa. Pela manhã, eu acordo, alongo-me um pouco, estendo o braço e ligo o rádio para ouvir as primeiras notícias da manhã. Depois, levanto da cama, visto o roupão e dirijo-me ao toalete para

* Departamento of Psychology, University of Sheffield - Grã-Bretanha.

tomar banho. Na verdade, faz um bom tempo que não utilizo a banheira; eu uso mais o chuveiro, o que requer um ajuste manual das torneiras de água quente e fria. Volto ao quarto, escolho as roupas que vou usar, visto-me adequadamente e penteio os cabelos. Em seguida, desço as escadas, vou à cozinha, coloco a chaleira com água para aquecer, faço o chá, coloco as xícaras com chá quente em uma bandeja e levo para a minha esposa.

No dia a que me refiro, eu estava subindo a escada e encontrei o meu neto Thomas, de três anos, que estava no topo da escada puxando o seu roupão. Pedi que fosse comigo até o quarto, servi o chá à minha esposa e tomamos chá com leite. O meu neto fez praticamente as coisas que eu havia feito, mas em vez de utilizar o chuveiro, utilizou a banheira. Colocou o tampão, mas não tinha força suficiente para girar a torneira de água que era muito grande. Então fui até lá, ajudei o Thomas a abrir as torneiras e ajustá-las para a temperatura ideal da água. Meu neto tirou a calça, mas não conseguia tirar a camiseta.

O ponto central de minha descrição de aspectos tão ordinários é o de que as mesmas atividades que eu realizei com desenvoltura e facilidade provaram ser de grande dificuldade para Thomas. Ao tomar banho, ele tinha dificuldade para segurar o sabonete; ele conseguia se secar apenas parcialmente; podia colocar partes de sua vestimenta, mas não todas elas.

O que eu estou descrevendo são produtos do desenvolvimento motor, coisas que eu faço todo dia e que são fundamentais para a minha existência. Meu neto, hoje com sete anos, consegue realizar grande parte dessas atividades sem dificuldades. Para mim, então, desenvolvimento motor é o que aconteceu com Thomas entre os três e os sete anos de idade, e ainda hoje, acontece com ele e seu avô (Connolly, 1994).

Gostaria de apresentar alguns conceitos essenciais, que tenho certeza que todos vocês, ou a grande maioria, já têm conhecimento: movimento, ação e habilidade. Movimento corresponde a mudanças espaciais no tempo real; ele envolve energia e seu gasto, controle e produção de força. Ações são diferentes. Ação é um comportamento dirigido a uma meta, é específico e tem um propósito, por exemplo, colocar uma meia, jogar uma bola, pegar um copo. Todas são ações que fazemos rotineiramente. Habilidade refere-se a uma capacidade praticada que o perito apresenta na execução de uma série de tarefas. Ele as executa de forma segura e estável, com grande probabilidade de sucesso. Na verdade, eu estou interessado na inter-relação entre esses elementos.

Durante a minha vida, a Ciência se tornou muito importante e influente na sociedade. Mas a Ciência também se tornou sinônimo de conhecimento contemporâneo, atual. A Ciência é associada com o que foi publicado na semana passada ou mais provavelmente, com o que virá a ser publicado na próxima semana. Em outras palavras, ela é associada às informações mais recentes. Isso ocorre de acordo com a suposição de que a Ciência progride linearmente com o acúmulo de informações, algo que no, meu modo de ver, é uma concepção errônea.

A seguir, pretendo relembrar alguns estudos antigos, talvez até desconhecidos de todos vocês, mas que apesar do tempo, tocaram em aspectos fundamentais para a compreensão do desenvolvimento e cuja atualidade pode ser constatada nas discussões ocorridas aqui nesses três dias de Seminário.

O primeiro estudo que eu gostaria de mencionar é o de um alemão, Dietrich Tiedemann, que em 1781 fez uma série de observações sobre seu filho recém-nascido e publicou, posteriormente, numa monografia, em 1787. Os aspectos do comportamento descritos por ele ainda estão na pauta dos interesses atuais, isso mais de 200 anos depois. Tiedemann fez cuidadosas descrições do comportamento a partir do nascimento até a idade de dois anos e meio. Ele observou seqüências comuns de mudança comportamental como a transição da preensão reflexa para a voluntária. Ele questionou se todos os movimentos encontrados na idade de um mês eram intencionais. Ele notou ainda que os bebês pareciam obter prazer dos movimentos. Tiedemann entendeu que os movimentos eram um entretenimento para eles.

Há 160 anos atrás, a serem completados na próxima semana, Charles Darwin teve o seu primeiro filho. Darwin, como todos sabem, era um exímio observador, registrando tudo a respeito de seres vivos. Assim, ao estar diante dessa criatura querida, seu filho, Darwin passou a fazer descrições detalhadas sobre seu comportamento. Quarenta anos depois, ao ler sua notas, Darwin resolveu publicar essas observações num artigo da revista *Mind*, em 1877. Como vocês podem notar, muitos dos aspectos descritos por Darwin ainda são de interesse hoje. Por exemplo,

ele notou que alguns movimentos do bebê eram precisos, como movimentos da mão para a boca. Ele notou também que movimentos dos segmentos corporais que eram feitos aparentemente sem propósito, eram realizados de uma forma um tanto quanto desajeitada e rápida. Darwin ainda descreveu que aos quatro meses, o bebê mantinha a sua mão sob constante observação, num exemplo de orientação à mão ("*hand regard*") que viria a ser descrito por norte-americanos, nos anos 60, como se fosse um fato novo. Ele ocupou-se ainda das diferenças individuais ao comparar William, seu filho, com uma de suas irmãs. Ele descreve que o menino era desajeitado para manter um lápis na mão com a idade de dois anos e quatro meses, feito em que sua irmã já demonstrava razoável competência aos 14 meses de idade.

Outro trabalho que gostaria de citar é o de Preyer que, em 1880, produziu dois volumes sobre o desenvolvimento infantil. O primeiro volume chama-se *The senses and the will*. O termo "*will*" refere-se às ações e revelam o interesse de Preyer em descrever como os bebês vêm a realizar ações. Como os outros autores citados, Preyer baseou seu livro nas descrições do comportamento de seu filho Axel, além de relatar os comportamentos de outras duas crianças. Preyer traz dados interessantes sobre a emergência dos movimentos e de sua organização em ações voluntárias.

Eu quero mencionar também o trabalho de um americano, inclusive para mostrar que bons estudos estavam sendo feitos nos Estados Unidos. James Baldwin foi um importante pesquisador do desenvolvimento humano. Ele publicou inúmeros artigos a respeito, e um deles girava em torno do aparecimento e organização de movimentos. Há pouco mais de 100 anos atrás, ele publicou um trabalho no qual sua filha, então com 27 meses de idade, era solicitada a desenhar figuras apresentadas a ela em módulos. Apesar dela reconhecer todas a figuras (como objetos e animais), ela tinha extrema dificuldade para reproduzir as figuras, ainda que de forma aproximada. Baldwin notou que, gradualmente, sua filha foi sendo capaz de reproduzir as figuras conhecidas, mas isso levou vários meses.

Deixe-me resumir o que esses estudos nos trazem de interessante hoje: eles falam no prazer que os bebês têm em se movimentar, propósito, intenção, aprendizagem, movimentos direcionais, diferenças individuais, orientação para a mão, aparecimento do controle voluntário e a emergência gradual, mas difícil, da competência motora em ações habilidosas. São vários os principais achados dessas observações. Eu destacaria: a indicação de similaridades nos padrões, o aparecimento ordenado de comportamentos no eixo temporal de vida, as diferenças individuais no curso do desenvolvimento, a importância funcional dos movimentos, a constatação de que movimentos estão envolvidos na realização de ações, o interesse pela intencionalidade, um tema que foi discutido nesse seminário. A intencionalidade foi discutida em relação às observações e questões a respeito foram elaboradas.

Após essa seqüência de trabalhos no final do Século XVIII e XIX, houve uma redução de interesse no comportamento motor. Isso foi retomado ao final dos anos 20, e nas década de 30 e 40 houve um esforço considerável na investigação do desenvolvimento motor. A idéia central que emergiu desses trabalhos era a da maturação tratada como fosse sinônimo de crescimento, numa analogia com o crescimento físico. O trabalho e as idéias de duas pessoas dominaram esse período: Arnold Gesell e Myrtle McGraw.

Gesell, por exemplo, escreveu o livro *The embriology of behaviour,* tocando em aspectos teóricos do desenvolvimento que abordaremos posteriormente. Mas ele tinha também uma preocupação em aplicar esses conhecimentos no diagnóstico do estado de saúde dos bebês.

O comportamento motor na primeira infância é um importante indicativo do desenvolvimento global da criança. Aqueles dentre vocês que têm filhos ou já conviveram com bebês, sabem bem da importância dos marcos desenvolvimentistas. Eles sinalizam para os pais se o desenvolvimento está seguindo seu curso normalmente ou não. Esses marcos são usados extensivamente por pediatras no diagnóstico do desenvolvimento neurológico da criança. De forma mais contundente, os marcos desenvolvimentistas sinalizam para os pais, psicólogos e pediatras se algo deve mudar no comportamento deles em relação ao bebê. A geração de mudanças a partir da relação entre estrutura e função foi a questão central.

Gesell, assim como outros, reconheceu que a atividade motora era um importante fator organizador e motivador da mudança desenvolvimentista. A capacidade de realizar movimentos e adotar posturas proporciona

muitas "*affordances*" para a criança, usando a linguagem de Gibson. Uma das questões centrais no desenvolvimento motor diz respeito às relações entre fontes de mudança: seriam elas intrínsecas, devido à maturação; ou especialmente extrínsecas, em virtude das experiências? Ambos estão presentes no desenvolvimento. Mas seria o desenvolvimento mais dependente de fatores intrínsecos? Talvez, e foi essa uma das preocupações dos estudiosos do período a que nos referimos.

A seguir, eu quero falar um pouco do trabalhos de Gesell e McGraw. Normalmente, eles têm sido tratados como se falassem a mesma coisa, mas eu acredito que eles tiveram idéias diferentes em aspectos fundamentais.

Primeiramente, vou começar com o trabalho de Myrtle McGraw. Ela via o desenvolvimento do comportamento ocorrendo de uma maneira ordenada, com base no desenvolvimento da estrutura. O cérebro cresce e o comportamento é desdobrado como uma conseqüência desse crescimento. McGraw foi muito influenciada por um americano, G. Coghill, que escreveu o livro *Anatomy and the problem of behaviour*, em 1929, que foi baseado em três seminários que ele apresentou em Londres. Nesse livro, ele abordou, ente outros aspectos, o comportamento de salamandras. Ele fez descrições detalhadas do desenvolvimento da locomoção desses répteis.

McGraw descreveu em seus trabalhos o que ela chamou de comportamento aquático em bebês. Ela associou a forma de locomoção aquática de bebês recém-nascidos com a locomoção das salamandras, buscando realçar o papel de restrições filogenéticas na ontogênese. Ela constatou que essa locomoção apresentava fases distintas de desenvolvimento, com uma fase reflexa, seguida de uma fase de movimentos desorganizados e finalmente a fase de movimentos voluntários. Esse é um padrão comum às crianças, o que sugere algo de importante acontecendo aqui. McGraw também descreveu vários marcos desenvolvimentistas da infância, dentre eles o mais importante: o desenvolvimento da locomoção bipedal.

Myrtle McGraw falava a respeito de desenvolvimento como um desdobramento de padrões comportamentais, envolvendo a liberação de processos de crescimento, tendo como força geradora central a maturação do cérebro. Nesse sentido, ela poderia ser rotulada de reducionista, pois ela procurou explicar o desenvolvimento comportamental baseando-se em níveis inferiores ou mais microscópicos.

Bem, falemos um pouco de Gesell. Esse pesquisador trabalhou, essencialmente, com o mesmo tipo de dado usado por McGraw. Freqüentemente um usava os dados do outro: eles eram conhecidos, entretanto, tinham posições teóricas bem diferentes. Gesell falava do desenvolvimento como um processo morfológico, ligando o comportamento ao crescimento físico. Ele falava em forma do comportamento e nas mudanças seqüenciais pelas quais o comportamento passava. Gesell propôs alguns princípios do desenvolvimento que são bem conhecidos até hoje: direção do desenvolvimento, maturação individual, flutuações auto-regulatórias.

Gesell desenvolveu um ponto de vista sistêmico do desenvolvimento ao falar de mudanças no tempo e no espaço, em dimensões ou partes que estão inter-relacionadas. Esses elementos vão se relacionando para formar novos elementos, chegando a um estado final mais complexo. O ponto central de Gesell era o de que a concepção atomística não especifica a forma. No seu entendimento, é necessário que o sistema faça isso.

A concepção sistêmica adotada na época pode ser associada a uma perspectiva sistêmica na Biologia Teórica na qual podem ser apontados três conceitos chave: *globalidade, transformação e auto-regulação.* Para Gesell, em particular, o contexto determinava o desenvolvimento, e sobre essa noção eu retornarei mais tarde.

Após esse desenvolvimento teórico, tanto de Gesell, quanto de McGraw, ambos voltaram-se para um trabalho mais prático, desenvolvendo uma série de testes e escalas para caracterizar normas do desenvolvimento. Num certo sentido, esse trabalho esteve associado à psicometria de Alfred Binet e, portanto, à aferição da inteligência. A hipótese maturacional levou-os à descrição do comportamento durante a primeira infância, à identificação da emergência ordenada do comportamento indicando estágios ou fases. Qualquer variação nesse padrão de mudança era considerado um indicativo de anormalidade ou sinal de patologia.

Esses instrumentos tiveram uma grande aplicação prática na Pediatria, ou no que

hoje se chama de Medicina Desenvolvimentista, e levaram a elaboração de vários testes, entre eles *Bayley scales, Denver Test, Oseretsky Test* e, na Europa, o *Motor ABC* que o Professor Sugden, aqui presente, tem desenvolvido ao longo dos últimos anos.

Por volta de 1960, houve uma mudança importante em que a área passou de uma preocupação voltada ao produto para uma orientação voltada ao processo de desenvolvimento. Saímos das questões *"O quê?" e "Quando?"*, para as questões: *"Como aconteceu o desenvolvimento?"; "Como a criança fez?"* e *"Quais são os processos de mudança?"*

Entre os anos 40 e 50 anos, a Grã-Bretanha esteve envolvida com a Segunda Guerra Mundial e seus efeitos. Pela primeira vez, as pessoas tinham que operar equipamentos extremamente complexos, como aviões, radares, canhões anti-áreos, etc. Isso deu margem a um campo aplicado da Psicologia, especialmente em Cambridge, lançando as raízes do que viria a ser conhecido como abordagem de processamento de informação. Esse trabalho e as idéias a ele associadas tiveram como principal mentor o Professor Bartlett, titular de Psicologia em Cambridge. Bartlett era um aficionado do *"Cricket"*, cujas partidas ele costumava assistir durante o verão britânico. Suas observações do comportamento habilidoso dos atletas dessa modalidade esportiva serviram de ilustrações e inspiração para o desenvolvimento de conceitos centrais de abordagens como tomada de decisão, seleção, percepção e memória. A síntese desse conceitos gerou os modelos de "performance" humana com o "input", processamento central e "output", modelos que foram utilizados pela Cibernética. Uma série de trabalhos importantes foi publicada; um deles, pouco citado atualmente, é *On the rate of gain of information*, publicado em 1952, de autoria de William Hick, que trabalhava em Cambridge. Ele fez pouca pesquisas, mas o que ele fez teve muita importância ao associar questões de cunho psicológico com a Teoria Matemática da Comunicação desenvolvida por Shannon e Weaver.

Eu menciono isso porque, na época, vislumbrou-se a possibilidade de se construir uma teoria psicológica com as bases matemáticas dessa teoria. Entretanto, isso não se realizou. O que se conseguiu foi uma forma inovadora de descrever a "performance" humana. De qualquer forma, isso resultou em toda uma nova linguagem, uma linha de novos conceitos que passaram a ser utilizados nos mais variados campos, em artigos e livros-texto. No seu conjunto, esses conceitos constituíram o que nós, hoje, denominamos de abordagem de processamento de informações.

Essa nova abordagem passou a ser aplicada no estudo do comportamento de crianças por volta dos anos 60. Buscava-se entender como as crianças processam informações (Connolly, 1970). Muitos experimentos foram realizados nos últimos 25 anos. Em geral, o que foi achado não é surpreendente. Nós verificamos que há mudanças marcantes no processamento de informações correlacionadas com a idade, idade sendo usada aqui como uma variável próxima ao desenvolvimento. As crianças se tornam mais rápidas, mais precisas e podem lidar com mais tarefas ao mesmo tempo.

Resumindo, o que esses estudos trouxeram é que, com a idade, toda criança normal vai conseguindo fazer cada vez mais coisas e com mais precisão. A abordagem de processamento de informações proporcionou *"insights"* importantes sobre como ocorrem essas mudanças, entretanto, essa abordagem não nos deu os meios ou mecanismos que atuam na geração de novas formas. A abordagem de processamento de informação nos permitiu investigar a melhora dos mecanismos ou formas já existentes.

Vocês devem estar percebendo para onde estou caminhando agora. Então deixe-me falar um pouco da abordagem dos sistemas dinâmicos, que é a estrela atual do firmamento em nossa área. O fisiologista russo Bernstein colocou um problema fundamental para o estudo do comportamento e que pode ser resumido como o controle dos graus de liberdade no movimento. Só a título de ilustração, diz-se que nós temos 22 bilhões de neurônios só no cérebro, 200 ossos e cerca de 600 músculos. Em outras palavras, há muitos elementos em ação, o que implica grande sobrecarga de controle. Nós perguntamos: Como isso é feito? Alguns dizem que isso tudo não é controlado, ou melhor, nós só controlamos alguma parte desses inúmeros graus de liberdade.

Atualmente, já temos várias informações a respeito de como sinergias e estruturas coordenativas se formam. É importante lembrar o trabalho de Esther Thelen sobre a emergência da locomoção em bebês. Essas mudanças estariam envolvendo auto-organização inerente ao sistema muscular. Quando um sistema é perturbado num certo nível passa a haver, então, uma mudança não linear. Se vocês me pedirem

para andar cada vez mais rápido, eu vou tentar, mas vai chegar um momento em que vou ter que correr, o que seria uma mudança de estado radical, ou seja, ocorre uma mudança qualitativa no sistema.

As idéias ou princípios dos sistemas dinâmicos têm nos levado a pensar em aspectos importantes para o estudo do desenvolvimento. Num certo sentido, elas se relacionam com as idéias de Gesell já mencionadas. Cito aqui alguns princípios que emergem dessa abordagem:

a) a ação como sendo uma propriedade do sistema, ou seja, que resulta da interação entre vários componentes;
b) a não linearidade desses sistemas, por exemplo, mudanças que ocorrem com o crescimento físico. Considerem as mudanças no tamanho relativo da cabeça em relação ao corpo durante a primeira infância;
c) movimentos são específicos a tarefa, que impõe restrições à habilidade;
d) há sistemas cooperativos com a propriedade de auto-organização, ou seja, eles requerem o mínimo de instrução externa.

A abordagem de processamento de informação trabalha com noções tais como símbolos e representações, enquanto que a abordagem dos sistemas dinâmicos está relacionada com a geração dinâmica de padrões de movimento. Eu não vou entrar muito nesse assunto porque vocês o conhecem mais do que.

Pelo que eu consegui captar das discussões nos últimos dias, falou-se muito sobre estabilidade e variabilidade. O equilíbrio entre estados estáveis e instáveis é essencial ao desenvolvimento. Ele é essencial para a transição de estados simples para estados complexos (FIGURA 1). Num dado momento, o comportamento é estável, objetivos são alcançados com sucesso e com meios flexíveis. Para mover-se em direção a um estado futuro, o comportamento tem de se torna mais instável. Nós estamos falando na mudança de relação entre as propriedades de estabilidade e instabilidade. Eu consigo alcançar objetivos com estabilidade, mas para que eu me desenvolva, eu preciso de instabilidade. O desenvolvimento seria determinado pela relação entre elas.

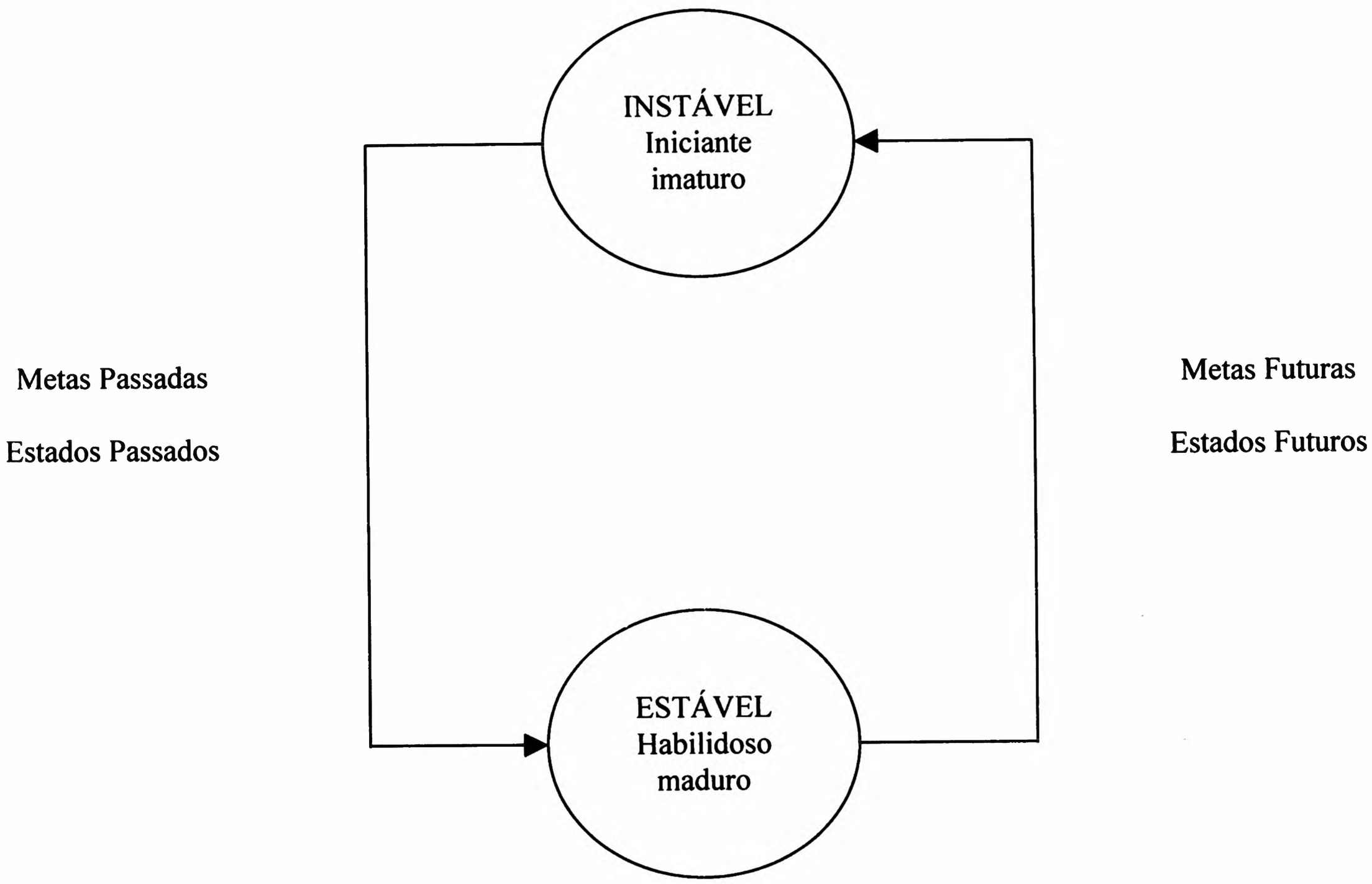


FIGURA 1 - Relatividade dos estados estáveis nas ações habilidosas (adaptado de Manoel & Connolly, 1997).

O desenvolvimento motor é caracterizado por duas mudanças fundamentais: há o aumento de diversificação, e há o aumento de complexidade. Mas como isso é conseguido? Eu não vou falar sobre isso porque eu não sei a resposta. Algumas teorias têm sido propostas recentemente. Uma delas é a de Edelman, cuja teoria com bases neurológicas foi aplicada no desenvolvimento motor. A teoria denominada Darwinismo Neural envolve um processo de seleção neural via o comportamento exploratório. Essas idéias são bastante intrigantes e complexas, e provavelmente não são inteiramente corretas.

Ontem, o Professor Iverson, ao falar sobre a abordagem de processamento de informações, disse sentir-se como uma ilha num mar de pessoas que trabalham com sistemas dinâmicos. Infelizmente ele não está aqui, mas eu gostaria de mostrar, mediante a FIGURA 2, que o modo dinâmico-energético e o modo informacional-simbólico não constituem alternativas: eles não são explicações rivais. Nosso problema, hoje, é como vamos ligar esse dois modos. Que tipo de conceitos nós podemos elaborar que podem ligar essas idéias que, na verdade, acabam se tornando complementares?

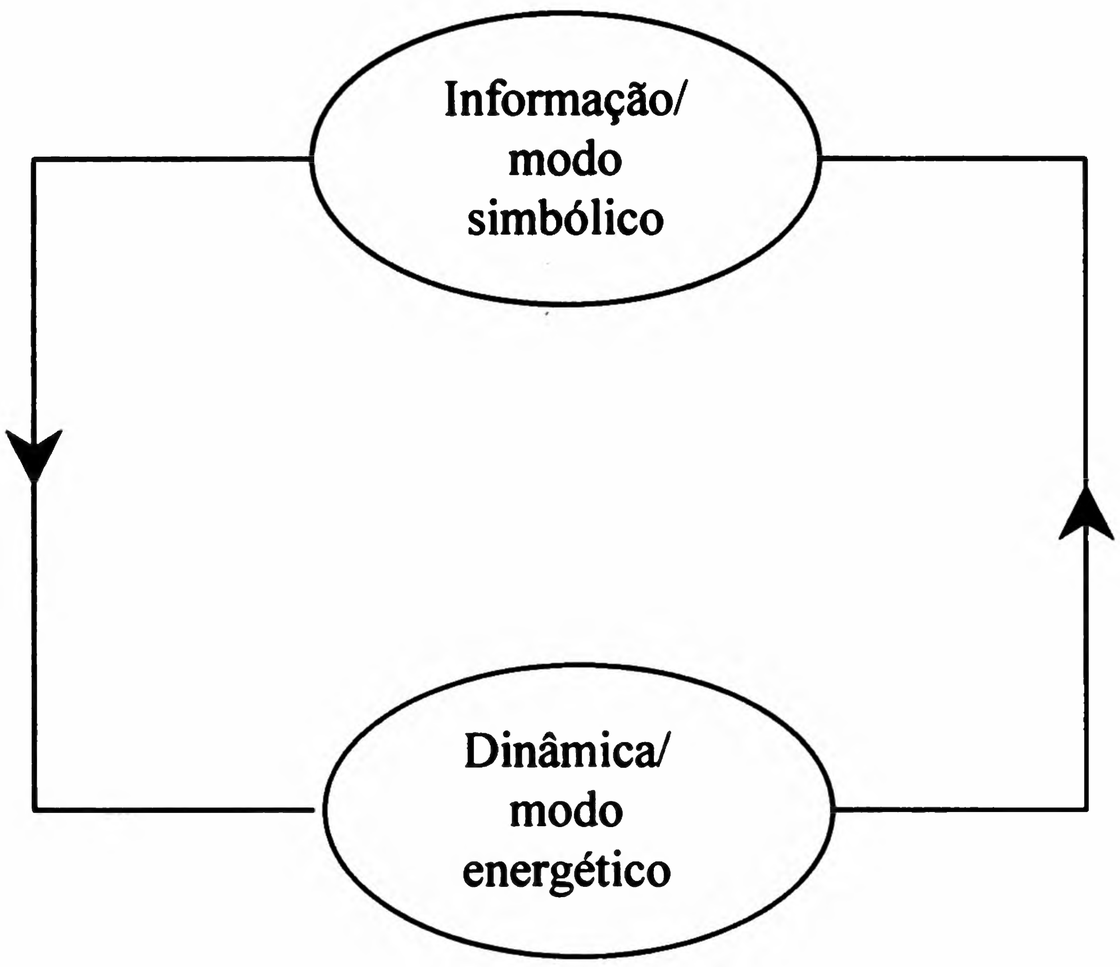


FIGURA 2 - Desenvolvimento hierárquico e complementariedade (adaptado de Manoel & Connolly, 1997).

Continuando nessa idéia, eu gostaria de colocar um esquema (FIGURA 3) que constitui muito mais um aparato holístico para que se possa pensar a habilidade. Quando nós realizamos ações como pegar um copo, existe um padrão geral de ação, um padrão bem definido e consistente. Mas se fôssemos físicos ou químicos, olharíamos para os componentes, e assim veríamos que predomina a desordem, indefinição, variabilidade. E se assim não fossem, as propriedades do padrão geral de ação não estariam lá, e a ação não seria possível.

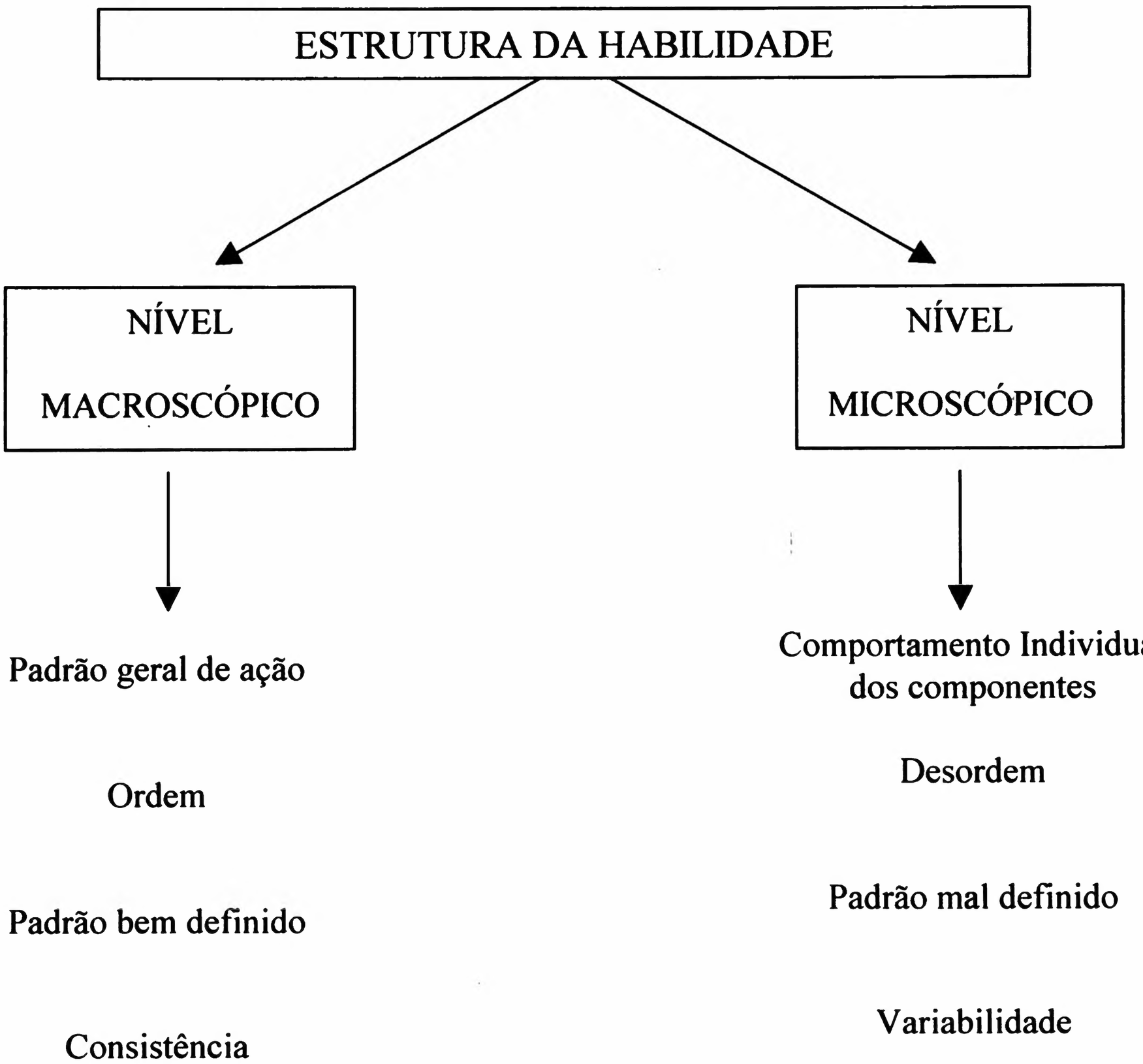


FIGURA 3 - Macro- e micro- estruturas de programas de ação (adaptado de Manoel & Connolly, 1997).

Recordando, eu comecei a minha apresentação reportando-me a estudos do século XVII e XVIII até chegar a essas idéias mais contemporâneas. Mas, como quando fui solicitado para fazer conferência pensei no tema "Passado, presente e futuro", eu me sinto, então, na obrigação de falar um pouco do futuro, mas pretendo ser breve porque é perigoso fazer estas previsões; só loucos fazem isso.

Eu tenho confiança que muito ainda precisa ser feito em termos teóricos, conceituais e empíricos. Sendo assim, eu não pretendo prever o que vai ser descoberto, ou quais as idéias que vão prevalecer. Prefiro pensar naquilo que é necessário fazer nos próximos 10 anos ou além.

Primeiro, com relação ao desenvolvimento, eu vejo a necessidade de investirmos mais em descrever a história natural desse fenômeno. Eu lembro até que as pessoas da Educação Física têm mais contato do que eu com o fenômeno propriamente dito. Mas eu gostaria de expandir isso, não somente para as atividades com que a Educação Física trabalha, mas para as atividades do dia-a-dia das pessoas.

Outro aspecto que eu vejo como necessário é o relacionamento de níveis diferentes de explanação, como o molar e o molecular. Isso foi bem discutido aqui nessa manhã. As bases neurofisiológicas do comportamento estão sendo passíveis de serem testadas em estudos empíricos. Por exemplo, eu cito o trabalho de Hans Forssberg, estudando a preensão em crianças, investigando a força na preensão e no levantamento do objeto e identificando os mecanismos envolvidos nos

componentes dessa ação. Com as novas tecnologias, nós podemos ir adiante com essas investigações.

Eu também ressalto que o estudo do desenvolvimento não deve se concentrar somente na primeira ou segunda infância, como eu mesmo tenho feito, mas ao longo de toda a vida. Logicamente, eu vejo que há muitas pessoas preocupadas com isso, mas a base de conhecimento é ainda incipiente.

Há também a necessidade de introduzirmos novos conceitos para saber como agimos, ou como realizamos habilidades. Só para dar um exemplo, eu falo em confiança: agora que estou envelhecendo, com o pé na cova, eu me tornei menos confiante em realizar ações motoras. Quando tinha 30 anos, eu era muito confiante em pular de uma rocha a outra na praia, ou mesmo num rio perto da minha casa. Lembrando do meu neto, aos três anos ele não conseguia fazer isso, faltava confiança; hoje ele consegue. Enquanto o meu neto aumenta a confiança, eu sinto que a minha diminui. Como essas mudanças afetam o desenvolvimento ?

Um outro aspecto diz respeito às origens da ação, aquilo que, por exemplo, foi discutido sobre a intenção, hoje pela manhã. É importante ressaltar que para aqueles interessados nesse tema, eu aconselho a voltarem ao livro do Preyer. Eu acho que ele tem muita coisa a dizer sobre isso.

Um conceito que eu gostaria de destacar é o de variabilidade. Esse conceito me parece central ao desenvolvimento e à aquisição de habilidades. Para pensar no futuro, é evidente que nós temos que pensar em melhores instrumentos de medida, teorias, aplicação disso em ensino e reabilitação. Em relação à próxima década, eu espero estar por aí para participar do 20o. aniversário do laboratório. Bem, eu acho que nós vamos estar bem ocupados.

A minha formação inicial foi em Biologia, e eu despendi boa parte da minha carreira estudando aspectos biológicos do desenvolvimento e nenhum biólogo consegue fugir das argumentações de Darwin. Darwin mostrou a importância e o significado da evolução. Isso "me leva" a refletir sobre o comportamento motor. Assim, de tempos em tempos, quando estou deprimido, com falta de idéias, quando os experimentos não estão dando muito certo, eu começo a pensar: "*O que está acontecendo realmente?*"; "*O que acontece quando eu estou me movendo?*" E o aspecto mais interessante é que o movimento e o seu controle são tão importantes, que se nós não conseguíssemos nos mover, estaríamos próximos da morte. Se é dessa forma, eu acredito que a evolução tenha proporcionado um sistema bastante fidedigno de ação, talvez até bastante simples, o que para nós, hoje, talvez seja bastante complexo.

Eu agradeço em meu nome e de todos os palestrantes que participaram desse seminário nos últimos três dias. Devo dizer que muitas vezes eu tive a sensação de que tinha morrido e estava no paraíso. Havia pessoas ao meu redor falando coisas muito interessantes. Quando eu falava elas ouviam! Estava rodeado por garotas muito bonitas e toda vez que eu parava, tinha alguém me dando algo para comer. Bem, eu agradeço muito essa atenção. Esse é um encontro que eu lembrarei por muito tempo...

ABSTRACT

MOTOR DEVELOPMENT: PAST, PRESENT AND FUTURE

Motor development is a phenomenon that is ever present in people's life, it allows the accomplishment of skilled acts that are essential daily not only for its uniqueness but also for its ubiquity. From where does the understanding on motor development come from? What do we know about it nowadays? Where should we go in search for knowledge? These are the questions addressed in the present essay.

UNITERMS: Motor development; Motor skill; Maturation; Variability.

NOTA

1. Conferência de encerramento do Seminário de Comportamento Motor realizado na Universidade de São Paulo, em dezembro de 1998. O tom coloquial do presente texto se deve ao fato do mesmo ter sido transcrito da fala do Prof. Connolly.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARTLETT, F.C. **Remembering.** Cambridge, Cambridge University Press, 1932.

COGHILL, G.E. **Anatomy and the problem of behaviour**. New York, Macmillan, 1929.

CONNOLLY, K.J., ed. **Mechanisms of motor skill development**. London, Academic Press, 1970.

CONNOLLY, K.J. What is motor development? In: VAN ROSSUM, J.A.; J. LASZLO, J., eds. **Motor development**: aspects of normal and delayed development. Amsterdam, Vrieje University Press, 1994. p.1-9.

DARWIN, C. Biographical sketch of an infant. **Mind**, v.2, p.285-94, 1877.

FORSSBERG, H. The neurophysiology of manual skill development. In: CONNOLLY, K.J., ed. **The psychobiology of the hand.** London, Mac Keith/Cambridge University Press, 1998. p.97-122.

GESELL, A. **The embriology of behaviour.** New York, Harper & Brothers, 1945.

HICK, W. On the rate of gain of information. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v.4, p.11-26, 1952.

McGRAW, M. **The neuromuscular maturation of the human infant.** New York, Hafner, 1945.

MANOEL, E.J.; CONNOLLY, K.J. Variability and stability in the development of skilled actions. In: CONNOLLY, K.J.; FORSSBERG, H., eds. **Neurophysiology and neuropsychology of motor development**. London, Mac Keith/Cambridge University Press, 1997. p.286-318.

PREYER, W. **The mind of the child** Part I: the senses and the will. New York, Appleton, 1909. [Original publicado em alemão, 1881-1882].

_____. **The mind of the child** Part II: the development of the intelect. New York, Appleton, 1909. [Original publicado em alemão, 1881-1882].

SPORNS, O.; EDELMAN, G. Solving Bernstein's problem: a proposal for the development of coordinated movement by selection. **Child Development**, v.64, p.960-81, 1993.

THELEN, E. Development of coordinated movement: implications for early human development. In: WADE, M.G.; WHITING, H.T.A., eds. **Motor development in children**: aspects of coordination and control. Dordrecht, Martinus Nijhoff, 1986. p.107-24.

ENDEREÇO: Kevin Connolly
Department of Psychology
University of Sheffield
Sheffield S10 2TP - GRÃ-BRETANHA

CDD. 20.ed. 152.334

APRENDIZAGEM MOTORA COMO UM PROBLEMA MAL-DEFINIDO

Koji CHOSHI*

RESUMO

A solução de problemas na aprendizagem motora apresenta as seguintes características: não possuem uma solução *a priori*, há várias soluções para o mesmo problema e as mudanças nas soluções são descontínuas. Isso torna a aprendizagem motora um problema mal-definido. A aprendizagem como um problema mal-definido têm três níveis numa organização hierárquica: controle por "feedback" negativo, controle adaptativo e auto-organizacional. Como as condições iniciais não são conhecidas, é importante adotar o pensamento de controle adaptativo na aprendizagem. Com esse "background" foi realizado um experimento com uma tarefa seriada de rastreamento com quatro medidas: respostas omissas (OR), respostas erradas (ER), repostas corretas (CR) e respostas antecipatórias (AR). Quando submetidos a uma perturbação que requeria adaptação, os sujeitos voltaram um nível na organização hierárquica, o que mostra a importância de investigar como a auto-referência ou restrição mental é utilizada.

UNITERMOS: Aprendizagem motora; Habilidade motora; Comportamento motor.

Agradeço o convite para participar do Seminário de Comportamento Motor. Peço desculpas por não falar Português, e vocês não entenderem Japonês, obviamente. Se essa situação, por um lado, tem um aspecto negativo, por outro lado, tem um aspecto positivo: depois da minha apresentação vocês podem fazer o comentário que quiserem, xingar até, pois não vai ter problema nenhum.

Eu pesquiso aprendizagem motora, e hoje pretendo abordar esse tema como um problema mal definido. Esse é um tema de característica futurística. Eu tenho o costume de acelerar a minha fala assim que começo, mas como o tradutor (Prof. Go Tani) também tem esse costume, vamos ver se nós nos coordenamos aqui.

A aprendizagem motora envolve mudanças estruturais e é sobre isso que começarei falando. Fundamentalmente, eu vejo quatro tipos de mudanças estruturais. No primeiro tipo, temos, num certo tempo t, uma estrutura numa determinada situação. Com a passagem do tempo, há uma correspondência entre os elementos presentes na estrutura, sem nenhuma modificação. Exemplos desse tipo de estrutura são tratados na ciência clássica newtoniana e se manifestam nas concepções expressas no determinismo, na reversibilidade e nas leis naturais. Nesse tipo de estrutura é possível fazer uma previsão das condições futuras. Como não há mudanças estruturais com a passagem do tempo, esse tipo de modelo não é adequado para investigar o problema de aprendizagem.

No segundo tipo de mudança estrutural, há várias condições iniciais e, com a passagem do tempo, elas convergem para um ponto específico. Isso pode ser observado em sistemas fechados, onde há um equilíbrio termodinâmico. Como exemplo desse tipo de estrutura nós temos a corrosão, a fadiga, a doença, a morte, e assim por diante. Aqui há mudança estrutural com a passagem do tempo. Na fadiga, por exemplo,

* Faculdade de Artes e Ciências Integradas, Universidade de Hiroshima.

existem várias condições iniciais que determinam seu aparecimento, as quais acabam convergindo para um estado final que é o aparecimento da fadiga. Há um aumento de entropia, o que significa que a estrutura vai se desmantelando.

No terceiro tipo de estrutura, temos os sistemas abertos, isto é, sistemas distantes do equilíbrio termodinâmico. Existe uma certa coerência nas condições iniciais, mas com a passagem do tempo o sistema vai se bifurcando, se distribuindo. Há um processo de diferenciação, como se vê na aprendizagem motora, cuja implicação será caracterizar esse fenômeno como um problema mal-definido. Posteriormente, essa questão será abordada em mais detalhe. No momento, quero mostrar que a estrutura vai tendo bifurcações, num processo com crescente diferenciação.

Há ainda um quarto tipo de estrutura em que existem várias condições iniciais, seguidas de uma série de distribuições e bifurcações. Entretanto, não é possível prever qual o estado seguinte. Quando vamos estudar a aprendizagem motora tendo como pano de fundo um desses quatro modelos, verificamos que o primeiro é inadequado, pois nele não existem mudanças estruturais. O segundo modelo sempre permite a elaboração de previsões. Já no terceiro e quarto modelos não há possibilidade de se fazer previsões. Daqui para a frente vamos nos concentrar no estudo da aprendizagem motora, tomando por base o terceiro modelo.

Para falar que a aprendizagem motora envolve um problema mal-definido, seria mais fácil entender o que é um problema bem-definido. Um exemplo pode ser extraído da construção de um relógio. Quando se vai construir um relógio, os componentes, as fases e as relações já estão bem definidos, e podem ser declarados *a priori*. Portanto, independente das partes do relógio serem complexas ou simples, pode-se chegar ao mesmo produto. Já com relação aos problemas mal-definidos há normalmente três características básicas: a primeira é que não existe solução *a priori*, a segunda é que a solução do problema não é determinada de forma única, e a terceira é que as mudanças nas soluções são descontínuas.

Vocês imaginam o que seria uma solução em aprendizagem motora? Ou quais seriam as possíveis soluções durante a aprendizagem motora? Como surgem os seus dados quando vocês pesquisam sobre a aprendizagem motora: de forma uniformizada ou de forma bastante irregular? Em razão dessas características dos problemas mal-definidos, o estudo da aprendizagem motora torna-se um assunto bastante complexo para ser investigado. Alguns exemplos desses problemas mal-definidos seriam a aprendizagem humana, a rede complexa de comunicação e os sistemas biológicos em geral. Algo do dia-a-dia que nos remete com facilidade para um problema mal-definido é a questão das mudanças na Bolsa de Valores: é extremamente difícil fazer uma previsão sobre o comportamento de seus índices.

Quando você quer estudar problemas mal-definidos, você acaba buscando transformar problemas mal-definidos em bem-definidos. Como não se entende bem as causas, busca-se o inverso, ou seja, parte-se dos efeitos, fazendo um estudo retrospectivo. A aprendizagem motora caracteriza-se por um tipo de solução denominada de inversa, pois tomando-se por base os efeitos, procura-se vasculhar as causas.

Na Ciência, nós fazemos exatamente o oposto. Avalia-se as causas e procura-se investigar os efeitos. Mas com problemas mal-definidos fazemos o inverso. Para ilustrar essa situação imagine o Sherlock Holmes investigando um de seus casos. O que ele tem inicialmente são fatos, com base nos quais ele constrói uma situação, e começa a envolver as pessoas nesse processo de busca, de compreensão de uma situação que ele imaginou a princípio. Então, ele tem os fatos e, ao relacioná-los, adota uma lógica de raciocínio, que o leva gradativamente a um resultado final. Isso nós chamamos de indução. Baseando-se nos fatos, ele tenta formalizar uma hipótese, e isso é muito importante na pesquisa em Aprendizagem Motora.

Então, na verdade, é muito difícil encontrar um culpado, e para ele não ficar se divertindo no meio de tantas possibilidades e combinações, ele tem que estabelecer algumas restrições, alguns "*constraints*" Por exemplo, nós temos um problema bem conhecido por todos vocês: o problema dos graus de liberdade nos movimentos. Quando o ser humano realiza movimentos, ele tem vários graus de liberdade em nível muscular, articular, e assim por diante. Existem atividades neurais intensas, que serão transferidas para o nível muscular e acabarão resultando, enfim, num movimento do corpo como um todo.

Como é conhecido, no movimento do braço nós temos sete graus de liberdade em nível articular. Considerando os grupos musculares atuando nesses graus de liberdade, o número aumenta para 30. Obviamente, se for considerado o nível neural e sua ligação com o sistema muscular, essa quantidade de graus de liberdade é praticamente incalculável. Dessa forma, se for realizada a análise de um movimento, começando do nível microscópico para o macroscópico, os graus de liberdade vão diminuindo. Se por acaso quiser se diminuir esse número de graus de liberdade, em qualquer nível, é necessário estabelecer-se restrições, "*constraints*" Isso foi bem explicado por Bernstein quando ele falou de restrições no nível anatômico. Por exemplo, ao fazer alguns gestos manuais, eu tenho vários graus de liberdade a disposição, que precisam ser controlados. O problema é como conseguir fazer isso.

Quando eu flexiono o corpo para frente e o movimento é limitado, isso não é uma restrição, é uma restrição apenas em virtude da idade! Existem algumas situações em que é possível ilustrar bem a questão do controle dos graus de liberdade. Por exemplo, quando saltamos, as articulações automaticamente são controladas, ou melhor, são restringidas.

No caso de um arremesso do basquetebol, se você controlar apenas os graus de liberdade das grandes articulações, certamente vai errar o arremesso. Então, por exemplo, seguindo dos maiores para os menores, primeiro você controla os graus de liberdade da articulação coxo-femural, depois do joelho, e assim por diante; em seguida, você controla os graus de liberdade dos movimentos dos braços, e depois da articulação do punho. Portanto, de uma certa forma, ao restringir os graus de liberdade o seu movimento fica mais restrito. É por isso que em movimentos de basquetebol que exigem muita precisão, o controle mais refinado, na verdade, está sendo exercido sobre as menores articulações. Como você tem que controlar os graus de liberdade das grandes para as pequenas articulações, o arremesso "jump" normalmente é feito com salto: assim você restringe os movimentos das grandes articulações e pode preocupar-se apenas com o controle dos graus de liberdade das pequenas articulações.

Assim, na aprendizagem de um movimento complexo como o "*jump*", a pessoa vai gradativamente aprendendo a controlar os graus de liberdade das grandes articulações para as pequenas. Outro aspecto importante é que não se deve fazer confusão entre a flexibilidade das articulações trabalhadas em nível de Fisiologia e Educação Física e a flexibilidade referente aos graus de liberdade a que estamos nos referindo no presente momento.

Existem várias restrições nos níveis anatômico, fisiológico e biomecânico, mas o que vamos falar daqui para frente é sobre um tipo de restrição atuante no nível mental. Entendendo a aprendizagem como um processo de organização hierárquica. Para falar desse processo, eu proponho um modelo em três níveis. No nível mais básico, nós temos o tipo de controle por "feedback" cujo aspecto mais importante é a detecção e correção do erro. O que acontece nesse nível é que a função se estabiliza, se torna estável. A grande maioria dos pesquisadores em Aprendizagem Motora ainda se preocupa com esse nível. Portanto, mesmo com a aprendizagem sendo um problema mal-definido, você usa vários procedimentos para fazer o controle de variáveis, impor restrições, para, no final, chegar a uma certa solução mediante o controle dessas variáveis.

Mas existe um outro nível de controle muito importante em aprendizagem: é o controle adaptativo. Para falar desse nível podemos formular a seguinte questão: como é possível enfrentar e se adaptar a novas situações que exigem mudanças de parâmetros estruturais e flexibilidade do sistema? No Japão, comenta-se muito que os atletas japoneses não têm capacidade de adaptação. Quando eles vão para o exterior, eles enfrentam novas situações e acabam tendo uma grande queda em sua "performance" Na última vez que eu vim, não consegui me adaptar a São Paulo. O que é importante no controle adaptativo é como você vai utilizar as habilidades adquiridas em um nível inferior, i.e., o do controle por "feedback"

Tendo como pano de fundo esse problema mal-definido, e uma vez que em aprendizagem motora não se tem as condições iniciais bem-definidas, você tem de transformar um problema mal-definido em bem-definido mediante o controle de variáveis. Como as condições iniciais não são conhecidas, existem modificações. Por isso é importante adotar o pensamento de controle adaptativo, que implica na necessidade de flexibilidade para fazer frente às modificações que porventura ocorram. Portanto, em aprendizagem motora é muito importante utilizar tarefas ou aparelhos que permitam a introdução de modificações durante o processo, a fim de que a

tarefa não se mantenha fixa do início ao fim. Assim, quando você utiliza um certo tipo de tarefa, estabelece um número de tentativas e estuda o que acontece nesse período, você não está estudando o controle adaptativo. Esse conceito de parâmetros estruturais talvez seja algo difícil de entender, mas nesse contexto pode-se ilustrá-los com os parâmetros do movimento, como força, velocidade e duração do movimento. O problema é quando mudam a direção e a força, por exemplo, como você se ajusta à essas alterações.

Quando se vai projetar um carro, o que se pensa inicialmente é fazer um carro bastante estável, ou seja, o pensamento básico é o controle de "feedback". Mas é interessante notar que, apesar de na construção eles se preocuparem com estabilidade, controle, e coisas do gênero, quando a qualidade do carro vai ser testada, ele é levado para o mato, neve, safari, ou seja, o carro é colocado nas condições mais instáveis possíveis para testar o que foi adquirido durante a estabilização. Portanto, o carro é considerado bom quando ele tem a capacidade de adaptação demonstrada nessas situações diversificadas. O ambiente estável para o qual ele foi projetado tem pouca importância.

O terceiro nível de aprendizagem é o mais complicado; eu o denomino de controle auto-organizacional. Nesse caso, a mudança envolvida não é nos parâmetros, mas na própria estrutura. Em termos de habilidade, isso implica utilizar uma maneira completamente diferente de executar os movimentos, tentando, com essas mudanças, buscar um menor gasto energético. Por exemplo, quando eu era criança, o salto em altura era feito juntando as duas pernas, depois começou o salto tesoura, e mais algum tempo depois, o salto de costas. Isso quer dizer que as mudanças não foram paramétricas, mas sim na própria estrutura do movimento. É muito importante ressaltar que quem descobriu essas novas maneiras foi o próprio atleta. Quando há essa mudança estrutural e você consegue executar os movimentos com habilidade superior, estamos falando de alto grau de adaptação.

Quando a Física e a Biologia utilizam o conceito de auto-organização, estão se referindo à mudança interna do sistema, independente do que ocorre no exterior. Mas como é difícil ocorrer aprendizagem sem que haja um estímulo, tenho certas dúvidas se a aprendizagem motora poderá ser considerada um sistema auto-organizacional. O importante nessa estrutura é que, no que se refere ao controle entre os níveis, um nível inferior não poderá exercer controle sobre os níveis superiores. É sempre de cima para baixo, ou seja, o nível auto-organizacional poderá colocar controle no nível adaptativo e assim por diante. Mas como esse é apenas um modelo, vou mostrar alguns dados coletados.

Como o Natal está próximo, vou falar sobre um experimento em que acendem várias luzes. Essa é uma tarefa de rastreamento seriado. O fato dos estímulos virem em seqüência, torna essa tarefa muito parecida com tarefas diárias. Nesse caso, o indivíduo tinha como meta elaborar uma seqüência motora coordenada com a seqüência de estímulos. O aparelho consiste de seis diódos-estímulos para os quais há um botão de resposta correspondente. O indivíduo deveria responder apertando o botão correspondente ao estímulo. Um fato observado na aprendizagem motora refere-se à queda de motivação quando se usa uma tarefa que submete os sujeitos a estímulos constantes. Mas nessa tarefa experimental a queda de motivação praticamente não acontece. Nesse equipamento é possível controlar a seqüência dos estímulos e o intervalo entre eles. A partir do momento que eles começam a surgir, a pessoa deve reagir da forma mais rápida possível efetuando a resposta correspondente ao estímulo. Existem basicamente quatro tipos de respostas em nível qualitativo. A primeira é a resposta correta, na qual após o acendimento da luz referente ao estímulo 1 (S1), o sujeito deve apresentar a resposta 1 (R1). Outro tipo é a resposta antecipatória, em que o indivíduo apresenta, por exemplo, a R1 antes do S1. Isso significa que ele responde corretamente, mas antes que o estímulo esteja presente. Para atualização do processamento exigido na tarefa seriada, a antecipação é algo muito importante.

O conceito de antecipação não é tão fácil de explicar. Mas vejamos: se eu começar a bater na mesa de forma rítmica e solicitar que vocês façam o mesmo seguindo meu ritmo, vocês o farão sem muita dificuldade. Porém, se eu parar repentinamente, vocês continuarão com a mesma resposta por algum tempo. Essa capacidade é muito importante quando você quer estruturar uma tarefa a ser aprendida. O próximo tipo de resposta é a errada, quando para um estímulo S1 o indivíduo responde com R3, por exemplo. O quarto tipo de resposta é a omissa, ou seja, quando o estímulo é muito rápido e a pessoa nem consegue esboçar a resposta. Em pesquisa de aprendizagem motora é

muito comum falar-se de medidas quantitativas, mas em tarefas desse tipo as medidas qualitativas também são importantes. Então, o que vou fazer agora é mostrar alguns resultados obtidos com a utilização desse modelo.

Os primeiros resultados mostram a aquisição do primeiro nível de controle por "feedback". Na fase inicial predominam as respostas omissas, depois as respostas erradas são maioria, seguidas das respostas corretas. Após 40 tentativas, as respostas antecipatórias já começam a aparecer. Gradativamente, os indivíduos antecipam não só os estímulos individuais, mas a própria seqüência. Proporcionalmente, há uma diminuição de respostas omissas e erradas, com gradativo aumento de respostas corretas e antecipatórias. Com a prática, as respostas corretas vão diminuindo, dando lugar às respostas antecipatórias. Quando o indivíduo começa a responder com respostas antecipatórias, ele demonstra entender a estrutura do padrão de estímulos, e nesse caso, o sistema como um todo torna-se mais redundante. Se analisarmos os dados do tempo de reação das respostas antecipatórias, os resultados também serão interessantes. O tempo de reação tende a diminuir, ou seja, os sujeitos respondem muito antes ou próximo ao surgimento do estímulo. Outro aspecto importante é o aumento da variabilidade dos tempos de reação das respostas antecipatórias. O interessante é que os indivíduos com maior variabilidade nesse tempo de reação adaptam-se melhor às mudanças na tarefa.

Portanto, na fase inicial da aprendizagem, as pessoas ainda não apreenderam a estrutura no padrão de estímulos. Uma vez que isso acontece, elas entram gradativamente num sistema antecipatório, alcançando uma super-aprendizagem. Com base nessa situação, vamos falar sobre o controle adaptativo.

Vamos ilustrá-lo com outro experimento. Ao final da primeira fase, mediante controle por "feedback" temos os três últimos blocos num conjunto de 30 tentativas. Nessa etapa já houve o aumento das respostas antecipatórias, mas há ainda a apresentação de respostas corretas. Para introduzir o sistema ao controle adaptativo, foi alterado um parâmetro estrutural. Nesse caso, a seqüência dos estímulos foi modificada. A ordem do último par de diodos foi invertida. Proporcionalmente, houve uma diminuição de respostas antecipatórias, com manutenção de respostas corretas, mas houve também um aumento de respostas erradas. Trinta tentativas depois, no entanto, o que se vê é o aumento das respostas antecipatórias. Pode-se observar então, que as fases finais do controle por "feedback" e do controle adaptativo têm uma certa semelhança. Numa visão macroscópica, o controle adaptativo continua como um circuito fechado.

A passagem da fase final do controle por "feedback" para o controle adaptativo é mais suave, por isso se diz que a pessoa tem maior adaptabilidade. Outro ponto interessante é que no controle por "feedback", o elemento principal é o "feedback" negativo, pois se enfatiza detecção e correção de erro, mas no controle adaptativo o elemento principal passa a ser o "feedback" positivo. Acredito que as respostas antecipatórias têm um papel muito importante quando o tipo de "feedback" utilizado é o positivo. O mecanismo importante para entender o processo adaptativo é que há um sacrifício das respostas antecipatórias para o sujeito se adaptar às novas situações.

Gostaria agora de examinar como as respostas antecipatórias mudam qualitativamente no processo adaptativo. Aqui temos o tempo de reação para respostas antecipatórias, dividido em três grupos: o primeiro com uma seqüência correta com respostas antecipatórias; o segundo, quando a seqüência correta é realizada duas vezes com respostas antecipatórias; o terceiro, quando são feitas três seqüências com respostas antecipatórias. O intervalo inter-estímulos era de 500 ms nesse experimento. Então, é possível observar que quando as pessoas respondem antecipadamente à série completa, no começo a resposta antecipatória está em torno de 100 ms e aumenta até 200 ms (tempo de reação de respostas antecipatórias). Na verdade, a situação mais confortável para você responder dentro desse tipo de tarefa seriada com o intervalo inter-estímulos de 500 ms, seria em torno de 250 ms, mas há alguma alteração. Quando o sujeito tem um tempo de reação antecipatório mais próximo de 250 ms, ele está respondendo de uma forma que o tempo para o estímulo se aproxima de 250 ms, tendo então uma folga confortável para responder. A resposta antecipatória ocorre antes do estímulo surgir; assim, quando toda a seqüência é respondida uma ou duas vezes, interpretamos esse dado como indicativo de parâmetro de ordem. Como vocês sabem, o sistema antecipatório é um sistema instável.

Quando observo os motoristas paulistas aqui na Marginal de Pinheiros, trafegando em alta velocidade, é sinal que eles estão antecipando várias coisas, mas ainda assim trata-se

de um sistema instável. A resposta antecipatória é instável, mas tem uma qualidade muito importante: ela atua na estabilização do sistema. Se você quisesse medir o nível de habilidade do motorista, a resposta antecipatória seria uma boa medida. Isso porque se o indivíduo está respondendo antecipadamente, é sinal que existe uma certa folga para as respostas. Ele está correndo antes do estímulo. Em termos de aprendizagem motora, gradativamente começam a aumentar as respostas antecipatórias, mas se você quer se adaptar a novas situações de alguma forma, terá que sacrificar esse tipo de resposta.

Em outro experimento, procurei estudar os três níveis de controle: por "feedback", adaptativo e auto-organizacional. Isso foi feito da seguinte forma: inicialmente o indivíduo deveria responder o mais rápido possível, e quando ele antecipava a resposta duas ou três vezes, a seqüência automaticamente se modificava tanto o intervalo inter-estímulo como a própria seqüência. Na fase de auto-organização, a pessoa deveria responder tudo antecipadamente, ou seja, tornar-se independente da seqüência de estímulos.

A fase inicial apresentou o mesmo padrão já descrito. Na fase adaptativa, sacrifica-se completamente as respostas antecipatórias para manter respostas corretas, e com a repetição das tentativas começam a aparecer novamente as respostas antecipatórias. Na última fase, esperava-se que os indivíduos respondessem a toda a seqüência de um modo totalmente diferente, pois foi solicitado que respondessem antecipadamente a todos os estímulos. Se fosse solicitado a eles que continuassem a responder de forma antecipatória a todos os estímulos, não teriam condições de falar sobre a reação dos sujeitos.

Por exemplo, vamos tomar o sistema de conhecimento de cada um de vocês. Os seus conhecimentos foram aumentando substancialmente, houve várias bifurcações e, hoje, são completamente diferentes. Portanto, não só em aprendizagem, mas em todos os processos de mudança existe o tipo de transição que é difícil de prever. Nessas condições, se você quer descobrir a solução, deve introduzir restrições para poder investigar o que ocorre. Esse é o quadro que, de certa forma, sintetiza os meus experimentos e informa as conclusões até então. Um conceito muito importante para explicar os resultados é o conceito de complementariedade. Em termos práticos, significa que quando se quer observar os resultados, não se deve utilizar um único parâmetro de observação. Conforme observado nos dados anteriores, não se pode avaliar a aprendizagem motora somente por um tipo de resposta, mas também pela ordem como as respostas aparecem.

Fala-se que a aprendizagem é um processo e por isso as medidas devem representar esse processo. Se quisermos analisar o processo, é importante ter medidas complementares, pois a modificação na relação dessas medidas explica melhor o processo de aprendizagem. Retomando o que já foi apresentado, na fase inicial predominam as respostas omissas. Os indivíduos utilizam a auto-referência, que é o nível de consciência do sujeito, que tem uma característica circular de pensamento: quem responde de forma omissa fica se auto-referenciando. Ao observar esse tipo de resposta numa situação de ensino-aprendizagem, o professor fala "Tente, mesmo que erre", subindo, assim, um nível na hierarquia. Embora o professor enfatize esse comportamento, como a resposta errada não é muito apreciada pela criança, torna-se difícil vencer a barreira das respostas omissas, mas o importante é tentar. É óbvio que ela fique omissa, pois não sabe qual é a resposta correta, mas o importante é que após fazer isso ela sobe um nível, passando para as respostas erradas. Quando as respostas erradas predominam, o professor requer do indivíduo respostas corretas, assim, o indivíduo vai para o nível acima, começando a circular no nível de respostas corretas.

Quando alguém abandona respostas erradas e vai para respostas corretas, temos a atuação de um controle via "feedback" Mas como a situação de aprendizagem envolve novos desafios, o indivíduo tem que estar preparado e tentar subir mais um nível da hierarquia, passando a responder antecipadamente. Desse modo, a análise da aprendizagem motora dentro de uma mesma tarefa indica que o nível mais alto de comportamento adaptativo é o de respostas antecipatórias. Se o interesse é avaliar o nível de habilidade de um sujeito, o experimentador deve introduzir modificações na tarefa. Por exemplo, se o rebatedor do beisebol está esperando um arremesso cuja bola vem em linha reta, mas, de fato, a trajetória é em curva, ele tem de abandonar a rebatida para a bola em linha reta e tentar se adaptar com uma resposta mais adequada para a bola em curva. No caso de um rebatedor de beisebol que ainda não atingiu o nível de respostas antecipatórias, é interessante notar que se ele

estiver esperando um arremesso retilíneo e vem curvo, ele vai cair um nível, ou seja, ele irá responder de forma errada. Já para um sujeito que ainda está no nível de respostas erradas, a expectativa de um arremesso retilíneo diante de uma bola que vem em curva fará com que ele sequer esboce uma reação, ou seja, ele retorna para um nível inferior, o de respostas omissas.

Embora a aprendizagem progrida das respostas omissas para respostas antecipatórias, se forem introduzidas modificações, as pessoas sempre vão para um nível inferior, ou seja, quem está em respostas antecipatórias vai para respostas corretas, das corretas para as erradas, e assim por diante. O que eu tento investigar é em que nível de auto-referência as restrições são usadas. Embora existam restrições extrínsecas atuando no indivíduo, a aprendizagem motora implica restrições que são construídas internamente. Então, vamos abordar um pouco isso.

Vocês já devem conhecer muito bem experimentos com poli-ritmos. O ritmo do qual vou falar é bem simples, cuja freqüência era transmitida ao indivíduo por meio de estímulos auditivos. O indivíduo deveria efetuar três batidas com a mão direita e duas com a mão esquerda. Logicamente, o sujeito vai tentar sincronizar as duas mãos. No início, ele bate com as duas mãos ao mesmo tempo, sem diferenciar o ritmo. Depois, bate direito-esquerdo, e depois os dois juntos, mas diferenciando o ritmo. Um aspecto importante dessa tarefa refere-se à ação de uma mão restringindo a outra, ou seja, mediante a relação entre direita-esquerda, o indivíduo constrói um padrão rítmico.

O que se vê na fase inicial da aprendizagem é que o indivíduo começa com qualquer ritmo e vai variando até alcançar o ritmo desejado, isto é, três batidas com a direita e duas com a esquerda. É possível verificar que a interação entre ambas as mãos constrói um padrão rítmico, e após várias tentativas ocorre a estabilização. Considerando os dados de um indivíduo, vemos um padrão de resposta interessante. Ele sempre optou pelo padrão 1 – 1 ou 2 – 2, e vai alternando esse padrão (de fazer as duas respostas mais fáceis) para no final começar a estabilizar no nível 2 – 3. Quando o sujeito opta por mão direita-mão esquerda, existe um entrelaçamento ("entrainment") em que um lado acaba "puxando" esse padrão de ritmo. Um tipo de entrelaçamento é o forçado, e o outro tipo é o mútuo. Na relação 3 – 2, o 3 é o mais forte, por isso se espera que ele force o entrelaçamento. Indivíduos com muita dificuldade de reproduzir padrões rítmicos acabam variando muito, apresentando padrões errados.

Seja na presença ou na ausência de estímulos, esse fenômeno do entrelaçamento merece muita investigação. Vejamos a árvore de Farey, onde está expressa a relação numerador/denominador. No início, a pessoa faz a relação 0/1, só com a mão direita, por exemplo. Caso se queira construir um padrão com as duas mãos, o que se faz é somar os dois denominadores. Quando se quer construir a relação 1/3, o que acontece é pegar a relação 0/1 e 1/2, somar o 0, 1 e 2 para construir o 3, e assim, elaborar padrões cada vez mais complexos. A tarefa anterior era 2/3, 2 com a esquerda e 3 com a direita. Na verdade, quanto mais você sobe na árvore de Farey, mais a tarefa se torna simples, pois o 0/1 é mais simples que 1/2, e o inverso acontece ao se descer na árvore, ou seja, o padrão rítmico se torna mais complexo. Atualmente, estou trabalhando com estímulo 3/5. É interessante que nas fases iniciais os indivíduos comecem no nível 1/2, depois 2/3 até chegar no 3/5, o que mostra o processo de entrelaçamento e como os padrões rítmicos complexos são construídos. Não se sabe claramente porque esse tipo de relação é construído. Mas o interessante é que conforme o padrão vai sendo construído, sempre se segue aproximadamente a mesma seqüência.

No início falei sobre o problema mal-definido, e para estudá-lo deve-se introduzir restrições anatômicas, depois mentais. Agora vamos falar sobre outro tipo de situação. Eu vou tentar passar para vocês o que um amigo meu está fazendo. Temos uma pessoa, um robô e a torre de um computador. A pessoa, quando anda, tem o seu ciclo de passadas processado por um computador. Ao mesmo tempo, um robô tem o seu ciclo de passadas e recebe informações sobre o ciclo apresentado pelo ser humano. O robô, mesmo tendo o seu ciclo de passadas, começa a interagir com as informações do ser humano, e ocorre um processo de adaptação do robô, mas controlável e introduzido de volta para o ser humano por meio de um fone de ouvido. Uma coisa interessante é que o ser humano começa a interagir com as informações do robô e constrói um novo ciclo de passadas. E se essa interação se repete, há a sincronização entre o robô e o indivíduo.

Outra coisa interessante é que, quando acontece a sincronização, há uma interação

em um nível afetivo. Os dois, homem e robô, interagem emocionalmente, como amigos. Isso é muito importante, pois antes de começar cada um tinha o seu critério de ritmo de passadas, mas essa interação não foi especificada e um estabelece restrições sobre o outro; no final, porém, chega-se a um estado de sincronização. Eu vejo esse tipo de interação como uma interação na representação de ambos. Até agora, nas pesquisas em aprendizagem motora, as restrições são colocadas pelo experimentador de fora para dentro. Entretanto, as restrições que surgem internamente são muito pouco investigadas. Julgo que esse é um aspecto fundamental a ser investigado em aprendizagem motora. Os dados que temos a respeito mostram que, no início, o robô e o ser humano são completamente diferentes no que diz respeito ao ciclo de passadas, mas depois da comunicação entre eles, ocorre uma modificação. Eu estou usando o conceito de coerência física para explicar esse fenômeno, ainda que eu esteja me referindo à construção de restrições internas. O meu colega não é um especialista em aprendizagem motora, mas em engenharia. O seu trabalho está relacionado ao bem estar social do idoso. No Japão, está aumentando radicalmente o número de pessoas idosas que requerem cuidados. Isso leva a um investimento para a construção de robôs que tomem conta desses idosos. Um robô muito investigado é o que pode transportar os idosos da cama para o banho. Os que existem hoje ainda são bastante desajeitados. Estão estruturando um robô que modifique sua ação quando a pessoa solta um grito. O que está sendo investigado é como a sincronização pode ser melhorada. Espera-se que possam ser fabricados robôs mais carinhosos que a minha esposa. O que eu mais investigo hoje é como surgem, internamente, essas restrições que levam a um comportamento coerente.

A palestra ficou muito longa, mas eu agradeço a paciência de todos vocês.

ABSTRACT

MOTOR LEARNING AS AN ILL-POSED PROBLEM

Problem solving in motor learning presents the following features: there is no "a priori" solution; there are many solutions to the same problem and the changes in solutions are discontinuous. This makes motor learning as an ill-posed problem with three levels of hierarchical organization: negative "feedback" control; adaptive control and self-organization. Since initial conditions are not known, it's is important to adopt adaptive control as a way of thinking in motor learning. With this background, an experiment was carried out using a serial tracking task with four measures: omission response, error response, correct response and anticipatory response. When the subjects were under perturbation, they returned one level in the hierarchical organization which shows the importance of investigating how self-reference or mental constraint are utilized.

UNITERMS: Motor learning; Motor skill; Motor behavior.

ENDEREÇO: Koji Choshi
Faculdade de Artes e Ciências Integradas
Universidade de Hiroshima
1 - 7 – 1, Kagamiyama,
Higashi – Hiroshima, Hiroshima 739-8521 - JAPÃO

CDD. 20.ed. 152.334

DYNAMIC COUPLING: INTRINSIC AND EXTRINSIC INFLUENCES ON REACHING AND GRASPING IN CHILDREN WITH HEMIPLEGIC CEREBRAL PALSY

David SUGDEN*

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo comparar a influência de restrições da tarefa e organísmicas na realização de tarefas de alcançar e apreender em indivíduos com hemiplegia derivada de paralisia cerebral, durante execuções com uma mão e com ambas as mãos. Para tanto, três estudos diferentes foram realizados: 1) envolvendo a realização de tarefas de alcançar e tocar; e alcançar e apreender; 2) envolvendo a realização de tarefas de alcançar e tocar; e alcançar e apreender com estresse de tempo; 3) envolvendo a realização de tarefa de alcançar e apreender, com a manipulação do ângulo da mesa, no qual se encontrava o objeto. Essencialmente, o conjunto de dados aponta para um acoplamento na ação do lado comprometido com o outro, durante o movimento bimanual. A influência das restrições introduzidas na tarefa foi diferente entre os sujeitos. Os resultados do estudo foram discutidos sob a ótica da abordagem dos sistemas dinâmicos, a qual atribui grande ênfase no papel das restrições do organismo, do ambiente e da tarefa no comportamento.

UNITERMOS: Paralisia cerebral; Controle motor, Preensão manual.

The work I am presenting comprises about two thirds of a project we have been engaged in over the last five years. A total of 11 experiments have been conducted and I will be showing results from 8 of them. All of the experimenters have been involved children with hemiplegic cerebral palsy in a situation where they are required to reach and grasp or touch an object under various experimental conditions. In addition, all of the children are required to reach and grasp or touch first with hand, then with the other, and finally with both hands together. A major feature of the experiments is the comparison of the unimanual action with the action of the same hand during the bimanual condition. For example if the trajectory of the hemiplegic hand is high during the unimanual condition, and the non hemiplegic hand is low, what happens during the bimanual condition? Does the hemiplegic hand stay the same, move to the trajectory of the non hemiplegic hand or indeed does it influence the non hemiplegic side? Similar questions can be asked about the timing of the movement and posture of the hand during the movement. Data has been collected in two days. First, a 3 dimensional kinematic system was employed to collect data such as velocity profiles, mean/peak velocities, correlations within and between hands, and distance/time graphs. Secondly, a normal video camera was employed to provide information on trajectory of the reach, posture of the hand, associated movements and corrections made during the reach. Before embarking on a description of the experiments I first would like to provide a brief outline of some recent theorising in the field of motor development which has made some impact into the field of disability and has provide us with the theoretical underpinnings for our work.

Explanations of children's motor development have taken a major step forward

* School of Education, University of Leeds.

through the application of ideas of what has become to be called dynamic systems, which as the name implies involves the final product or whole being he active cooperation of many parts, and contains multiple subsystems all contributing in a unique manner. A number of labels have been attached to these ideas each representing the disciple of origin and ranging from mathematics and physics, through chemistry and biology to human development. Terms have emerged such as complexity theory, complex systems, non linear systems, chaos or chaotic patterns and dynamic pattern formation> In the area of human motor development the preferred term is dynamic systems (Sporns & Edelman, 1993; Thelen, 1995; Turvey, 1993; Ulrich, 1997).

A number of principles define the characteristics character and nature of dynamic systems. The interaction of multiple subsystems is a fundamental property of such systems with changes in human behaviour emerging spontaneously from the cooperation of these multiple subsystems. These changes are self organised showing that development is not a process of maturation which is specified a priori in the brain, but is a combination of intrinsic and extrinsic constraints, which include anthropometric variables such as limb length, muscle strength, joint structures, neural integrity, motivation and arousal, context, task demands and environmental support (Thelen, 1986, 1995; Thelen, Kelso & Fogel, 1987; Thelen & Ulrich, 1991; Ulrich, 1997). The work of Thelen and colleagues has shown that young infants when learning to walk respond immediately to the dynamics of a task showing all the properties of spontaneous self organization thus presenting powerful arguments against the notion of atop down hierarchical system with an homunculus specifying actions a priori and in detail. Infants who were not yet walking were supported on a treadmill and leg responses were immediate and constant to changes in treadmill speed even when different inputs were given to each leg (Thelen et alii, 1987; Thelen & Ulrich, 1991). The infants were responding not only to within the constraints of their neural development but also to the external demands of the treadmill. Changes in children's motor development involves non linear phase shifts with changes being abrupt as the multiple inputs take effect and the system moves into a different type of organisation.

These shifts evolve toward mature patterns of motor behaviour and are the result of the intrinsic constraints such as physiological properties and external constraints such as context and the nature of the task demands. Development thus involves both stability and non linear changes bringing both constancy and flexibility to the system.

The work of Nicolai Bernestein (1967) is well known and has run alongside and supports proposal from the advocates of dynamical systems. He examine the concept of coordination asking how an organism with many muscles and millions of nerve can coordinate these into smooth purposeful movements without involving some homunculus that the programmed already stored. This became known as the degrees of freedom problem and Bernstein and others have proposed that the movements are not programmed in detail but are planned at an abstract level and then are honed and refined by the demands of task. An important question for our work surrounds the issue of how much the task demands can influence actions when the neural system is impaired as in the case of children with cerebral palsy.

The potential for some of these ideas has been initially explored in the context of reaching and grasping in children with hemiplegic cerebral palsy (Sugden & Utley, 1995; Sugden & Utley, in, preparation; Utley & Sugden, 1998;). Some of the difficulties children with cerebral palsy encounter with reaching and grasping has been well documented (Brown, van Rensburg, Walsh & Wright, 1987; Eliasson, Gordon & Forssberg, 1991, 1992; Twitchell, 1958, 1959). General characteristics include a general slowness in speed of the affected limb together with a slowness of flexing of the fingers to grasp the object. A second general characteristic is over -extension of the fingers and occasionally the wrist which is in marked contrast to normal preparation for grasping where the fingers remain in a semi fixed position. Grasp is often weak with an undulating change in grip power rather than a gradual reduction of power after the grip has been established. Twitchell in his observational studies reported a difference in control of the fixating muscles of the wrist during the process of grasping. Normally the fingers flex around the object and the wrist extensors fix the wrist to act synergistically with the flexors of the finger to provide efficiency and power. The children with cerebral palsy did not do this but

instead flexed their wrist to wards the object disruption the fixation of the wrist and lessing the leverage advantage of the fingers. It was suggested by Twitchell that this was part of a flexor synergy of the upper extremities, not seen in normal reaching and grasping and presumably brought on by impaired neural structures. A neural explanation is a powerful and obvious one knowing the impairment that is present in children with cerebral palsy and linking this with their movements. This type of explanation involves an intrinsic constraint where the neural properties directly provide a direct link to type of movement observed. External constraints such as a task demands and contextual influences have only recently been investigated (van der Weel, van der Meer & Lee, 1991).

Our studies have used kinematic analysis and video analysis to examine hand functions in children with hemiplegic cerebral palsy (Sugden & Utley, 1995; Utley & Sugden, 1998), and focus on description of the reaching movement when the hands move unimanually and comparing this to when they are moved bimanually. In particular the interest has been on the possibility of the hands coupling during the bimanual movement with the hemiplegic side being influenced by the movement of the less involved limb.

Our first study involved three experiments of reaching and touching and reaching and grasping and during unimanual movements the hemiplegic limb exhibited the typical characteristics associated with hemiplegia During bimanual movements all children coupled to some degree; in most the coupling involved timing with the hemiplegic hand speeding up to the less involved side; in others it involved trajectory changes with the hemiplegic limb talking on a lower trajectory during bimanual movements; and in a few cases hand posture was positively affected during bimanual movements. In dynamic systems terms these studies illustrated the self organization of reaching and grasping with the hemiplegic limb being drawn to work as a single unit with the less involved side. This is an example of an intrinsic constraint with the bimanual movement drawing the system to work as a unitary unit.

In the second series of studies using the same experimental paradigms, we introduced the extrinsic constraint of time as a variable and again this had an effect by promoting coupling of the limbs during the bimanual movement (Utley & Sugden, 1998). Here we were manipulated an external constraint or influence that of speed or time. This again did have an effect and this effect was variable across subjects.

The third study involving two experiments examined the influence of space as a variable. Time is one type of extrinsic constraint and is one that is present in our everyday movements. Another extrinsic constraint involves spaces, often interacts with time when we attempt to solve movement difficulties, and manipulation of the spatial environment in particular the visual array, may influence the spatial characteristics of any movement. Ecological psychology encompasses the view that the environment has "affordances" or "invariant properties" which allow us to perceive the potential uses of objets (Gibson, 1979). The visual system does not need to decipher the visual environment by piecing together bits of visual information; the optical array itself contains adequate information to immediately specify the environment and influence movement. These affordances have been shown to influence movements in adults, infants and with "swinging" rooms having an effect on stability children (Lee & Aaronson, 1974; Lee & Lishman, 1975).

In these experiments we changed the angle of the table on which the child was asked to reach and grasp. In one experiment the table was sloped toward the child and in the other it was sloped away from the child. As in the time experiments the sloping table did have an effect on the hemiplegic side particularly during the bimanual condition. The primary target of sloping the table was an examination of the trajectory of hands. There was an effect for this but it was not a consistent effect across subjects, and there were still other effects such as timing and posture changes.

A number of tentative conclusions are emerging from our work. First both intrinsic and extrinsic constraints do have effect on the reaching and grasping of children with hemiplegic cerebral palsy. This is an important finding because of the implications manipulating task variables can have for therapeutic purpose. Secondly, we examined changes in timing, trajectory and posture and while in most children during the bimanual conditions, changes did occur, they rarely occurred across all of the three variables. The most common change was in timing followed by trajectory and finally posture.

Occasionally we found multiple effects, but this was usually timing and trajectory,

which could of course covary, while posture changes usually occurred in isolation. Finally, the effects were variable across children leading us to believe that single subject analysis is the most appropriate way of presenting the findings, and one of future aims is to take individual children and examine their profile across as many experiment as possible-in some cases this will as many as 8. This will provide us with evidence of the consistency of an individual's response across experimental conditions as well as within experiments.

ABSTRACT

DYNAMIC COUPLING: INTRINSIC AND EXTRINSIC INFLUENCES ON REACHING AND GRASPING IN CHILDREN WITH HEMIPLEGIC CEREBRAL PALSY

The purpose of the present study was to investigate the influence of task and organismic constraints on the dynamic coupling, during reaching and touching, and reaching and grasping tasks in individuals with hemiplegic cerebral palsy. Executions with a hand and with both hands were compared. Thus, three different studies were acomplished: 1) envolving reaching and touching; and reaching and grasping; 2) envolving the same tasks, with under speed pressure; 3) envolving the same tasks, but with a change in the angle of the table upon which the object rested. In generally, the results showed a coupling between the body sides during the bimanual movement. The influence of the constraints introduced in the task was different among the subjects. The results of this study were discussed in the light of the dynamic systems approach, which emphasizes the role of organismic, task and environment constraint upon behavior

UNITERMS: Cerebral palsy; Motor control; manual prehrnsion.

REFERENCES

BROWN, J.K.; VAN RENSBURG, F.; WALSH, G.; WRIGHT, G.W. A neurological study of cerebral palsy. **Developmental Medicine and Child Neurology**, v.129, p.287-304, 1987.

ELIASSON, A.C., GORDON A.M.; FORSSBERG, H. Basic coordination of manipulative forces of children with cerebral palsy. **Developmental Medicine and Child Neurology,** v.33, p.661-70, 1991.

_____ Impaired anticipatory control of isometric forces during grasping by children with cerebral palsy. **Developmental Medicine and Child Neurology,** v.34, p.216-25, 1992.

GIBSON, J.J. **The ecological approach to visual perception.** Boston, Houghton-Mifflin, 1979.

LEE, D.N.; ARONSON, E. Visual proprioceptive control of standing in human infants. **Perception and Psychophysics**, v.15, p.529-32, 1974.

LEE, D.N.; LISHMAN, J.R. Viosual proprioceptive control of stance. **Journal of Human Movement Studies**, v.1, p.87-95, 1975.

SPORNS, O.; EDELMAN, G.M. Solving Bernestein's problems: a proposal for the development of coordinated movement by selection. **Child Development**, v.64, p.960-81, 1993.

SUGDEN D.A.; UTLEY, A. Interlimb coupling in children with hemiplegic cerebral palsy. **Developmental Medicine and Child Neurology,** v.37, p.293-310, 1995.

_____. Intrinsic and extrinsic constraints and reaching and grasping in children with hemiplegic cerebra palsy. (In preparation).

THELEN, E. Development of coordinated movement: implications for early human development. In: WADE, M.G.; de & WHITING, H.T.A., eds. **Motor development: aspects of coordination and control.** Dordrecht, Martinus Nijhoff, 1986.

_____. Motor development: a new synthesis. **American Psychologist**, v.50, p.79-95, 1995.

THELEN, E.; KELSO, J.A.S.; FOGEL, A. Self-organizing systems and infant motor development. **Developmental Review**, v.7, p.739-65, 1987.

THELEN, E.; ULRICH, B.D. Hidden skills: a dynamic system analysis of treadmill stepping during the first year. **Monographs of the Society for Research In Child Development**, v.56, p.1-104, 1991.

TURVEY, M.T.; FITZPATRICK, P Commentary: developmental of perception-action systems and general principles of pattern formation. **Child Development**, v.64, p.1175-90, 1993.

TWITCHELL, T.E. On the motor deficit in congenital bilateral athetosis. **Journal of nervous and Mental Disease**, v.129, p.105-32, 1959.

_____. The grasping deficit in infantile spastic hemiparesis. **Neurology**, v.8, p.13-21, 1958.

ULRICH, B.D. Dynamic systems theory and skill development in infants and children. In: CONNOLLY, K.J.; FORSSBERG, H., eds. **Neurophysiology and neuropsychology of motor development**. London, MacKeith, 1987.

UTLEY, A.; SUGDEN, D.A. Reaching and grasping at speed in children with hemiplegic cerebral palsy. **Development Medicine and Child Neurology**, 1998.

van der WEEL, F.R.; van der MEER, A.L.H.; LEE, D. Effect of task on movement control cerebral palsy: implications for assessment and therapy. **Development Medicine and Child Neurology**, v.33, p.419-26, 1991.

ENDEREÇO: David Sugden
School of Education
University of Leeds
Leeds LS2 9JT - INGLATERRA

CDD. 20.ed. 152.334

A APRENDIZAGEM DE HABILIDADES MOTORAS I: O QUE MUDA COM A PRÁTICA?

Ana Maria PELLEGRINI*

RESUMO

A questão do que muda com a prática na aprendizagem de habilidades motoras é focalizada abordando-se como as mudanças observáveis no comportamento têm sido descritas. Embora os estágios de aprendizagem motora indiquem uma seqüência de acontecimentos, recentemente tem sido proposto que os processos subjacentes a eles são complementares. Quando se considera os referenciais teóricos sob os quais a aprendizagem de habilidades motoras tem sido investigada, verifica-se que diferentes questões relacionadas ao que muda com a prática. Essas questões são apresentadas, e exemplos são dados sobre como algumas delas têm sido respondidas. Apoiado na teoria dos sistemas dinâmicos o texto é finalizado com a sugestão de que com a prática o sistema muda como um todo no processo de aprendizagem motora.

UNITERMOS: Habilidade motora; Aprendizagem motora; Sistemas dinâmicos.

Se a prática não levasse a mudanças...

Aprendemos fazendo. A prática é tão importante no processo de aprendizagem que é explicitamente citada em sua definição. De acordo com Magill (1989), a aprendizagem refere-se a uma mudança na capacidade do indivíduo executar uma tarefa, mudança esta que surge em função da prática e é inferida de uma melhoria relativamente permanente no desempenho. Assim, a prática é condição necessária embora não suficiente para que ocorra a aprendizagem.

Mas o que muda com a prática no comportamento humano? Qual é a natureza das mudanças que ocorrem com a aprendizagem e como podemos explicá-las. Diferentes níveis de análise podem ser utilizados para responder à questão formulada e em cada um deles diferentes referenciais teóricos podem ser encontrados. Isto significa que qualquer resposta sobre o que muda com a prática deve ser vista a partir do paradigma utilizado para descrever, explicar e prever o fenômeno da aprendizagem.

Para fins de encaminhamento do presente trabalho, estamos caracterizando a prática como uma atividade organizada que consiste da repetição de uma mesma tarefa ou ação motora. Nos restringiremos àquela prática cujo objetivo é a melhoria na "performance" da ação motora e, portanto, não nos ocuparemos com a possível transferência do treinamento para uma outra aprendizagem ou tarefa. Muitos fatores interferem no resultado da prática como a apresentação de "feedback" o uso de modelo, etc., mas não serão discutidos no presente estudo. Focalizaremos neste trabalho as mudanças em si, independentemente da organização da prática e dos procedimentos utilizados pelo professor para facilitar o processo de aprendizagem.

Definido o escopo deste trabalho, temos como ponto de partida a descrição do comportamento antes, durante e após a prática como um primeiro referencial para reflexão. O que vemos quando um aprendiz tenta pela primeira

* Instituto de Biociências da Universidade Estadual de São Paulo – Rio Claro

vez ou nas primeiras tentativas de execução de uma tarefa "nova" para ele. Que mudanças observamos na medida em que a prática progride e qual o comportamento de um habilidoso nesta tarefa. Estamos falando das mudanças externas, diretamente observadas.

A identificação de estágios da aprendizagem está presente nos principais modelos teóricos propostos pelos estudiosos do comportamento motor. O número de estágios, dois para Adams (1971) e Gentile (1972) ou três para Fitts (1964) e Schmidt (1992) varia em função da ênfase dada à automatização que pode ocorrer como resultado de uma grande quantidade de prática. De maneira geral, o comportamento ao longo do processo da aprendizagem pode ser descrito da seguinte forma:

Inexperiente (novato) - nas primeiras tentativas, busca descobrir qual é a tarefa, o que deve fazer para realizá-la, ou seja, busca identificar as características invariantes, a estrutura da tarefa; nesta busca o executante parece descoordenado, com movimentos desnecessários e sem fluência; apresenta uma grande variabilidade de respostas motoras na tentativa de encontrar a melhor solução para a tarefa a executar; verbaliza a seqüência de movimentos; não se detém a detalhes da tarefa e tem dificuldade em identificar, nos estímulos internos ou externos, aqueles que são relevantes para a ação; apresenta uma grande quantidade de erros sendo que os acertos muitas vezes são ao acaso, o que leva a incertezas sobre como deve agir.

Intermediário tentativa a tentativa vai eliminando os movimentos desnecessários, e com isso descobre como economizar energia e tempo; a seqüência de movimentos ganha progressivamente fluência e harmonia; sua atenção se dirige aos estímulos relevantes e busca atender a detalhes anteriormente não percebidos; o controle visual da ação vai dando lugar ao controle cinestésico; o padrão motor tende a se estabilizar; a quantidade de erros tende a diminuir ao mesmo tempo em que sua confiança em como a tarefa deve ser executada aumenta. É importante diferenciar aqui as habilidades motoras abertas e fechadas em relação à estabilidade do ambiente, como proposto por Gentile em seu modelo apresentado em 1972, que é, sem dúvida, um marco na literatura sobre a aquisição de habilidades motoras. A estabilidade do ambiente na execução de habilidades motoras fechadas leva o executante, tentativa após tentativa, a buscar consistência na forma como executa a ação. Naquelas habilidades em que as alterações no ambiente determinam o quando e como a ação deva ser executada, o executante busca adaptar o padrão motor a estas alterações ambientais. Assim, enquanto nas fechadas, a variabilidade no padrão deve ser a menor possível, nas abertas a variabilidade no padrão motor acompanha a variabilidade dos estímulos relevantes para a ação.

Avançado ("*expert*") o executante tem certeza de como alcançar a meta da ação, com um mínimo gasto de energia e/ou tempo; graça, beleza e eficiência estão presentes neste estágio; o executante precisa de um mínimo de atenção para realizar a tarefa (automatização), podendo dirigir grande parte de sua atenção para os elementos não relevantes ao controle da mesma; o padrão motor é relativamente estável e qualquer alteração no mesmo implica em retorno ao estágio intermediário.

O referencial teórico utilizado por Vereijken, Van Emmerik, Whiting & Newell (1992) se diferencia dos demais por ter como ponto de partida a idéia de Bernstein (1967) de que o processo de aprendizagem consiste no domínio dos graus de liberdade redundantes. Estes autores propõem três estágios relacionados com a maneira de como o executante explora o grande número de graus de liberdade disponíveis no sistema motor humano.

No primeiro estágio (novato), o aprendiz simplifica o problema do movimento congelando parte dos graus de liberdade. Para isso ou ele mantém os ângulos das articulações fixos rigidamente ao longo da execução da ação motora ou ele restringe temporariamente ou acopla as articulações de modo que atuem como uma unidade (estrutura coordenativa). Com isso, a "performance" é executada com certa rigidez, sem resposta a mudanças no ambiente da ação.

No segundo estágio (avançado), o executante libera outras articulações que são assim incorporadas em unidades de ação maiores, chamadas de estruturas coordenativas na terminologia da teoria dos sistemas dinâmicos. Neste estágio, as dinâmicas da ação se tornam mais visíveis ao aprendiz na medida em que eles começam a alterar os parâmetros cinemáticos associados com o movimento. A relação entre as articulações e as sinergias musculares associadas é alterada, permitindo que algumas articulações continuem a mover em sincronia enquanto outras se movem independentemente. Consequentemente o desempenho apresenta maior fluidez e pode ser

facilmente adaptado a mudanças que ocorrem no ambiente da ação.

No terceiro estágio (*"expert")*, o executante continua a liberar outros graus de liberdade, reorganizando a dinâmica da ação até que os graus de liberdade necessários para a execução da tarefa tenham sido todos manipulados economicamente. Este estágio é diferente do anterior no que se refere à exploração de forças adicionais passivas, como a fricção e a inércia, que são externas ao executante, mas inerentes à situação em que o movimento é executado.

O uso do termo *estágios* de aprendizagem dá a idéia de que as mudanças sejam seqüenciais. No entanto, Gentile[1] considera que os processos subjacentes a estes estágios ocorrem em paralelo e em diferentes velocidades. A visão de Gentile é de que a aquisição de habilidades se desenvolve a partir de um conjunto de processos fundamentais com acesso diferenciado à consciência. Estes processos, controlados por diferentes centros neuronais, dão origem a diferentes modelos internos e consequentemente produzem mudanças com diferentes velocidades, dependendo da quantidade de prática empregada.

Exploremos esta idéia: cada um dos *estágios,* corresponde a processos e, no curso da aquisição de uma determinada habilidade motora, um ou outro processo seria momentaneamente responsável pelas mudanças no comportamento. Num primeiro momento, os processos responsáveis pela emergência de um modelo cinemático da ação (estrutura da forma) seriam preponderantes. Posteriomente, os processos responsáveis pelo estabelecimento do padrão dinâmico das forças atuantes responderiam pelas principais mudanças. Os modelos, tanto o cinemático como o relativo ao padrão dinâmico de forças, seriam alterados em função de mudanças quer no organismo, quer na tarefa ou ainda no ambiente.

Em resumo, no curso da aquisição de uma determinada habilidade motora, a natureza das incertezas que se apresentam ao executante se alteram em função das soluções que vai encontrando e dos processos subjacentes a estas mudanças. Dependendo do estágio de aquisição que o aprendiz se encontra, um dos processos seria momentaneamente responsável pelas mudanças no comportamento. Os processos responsáveis pela estabilidade do sistema, com conseqüente decréscimo da atenção para realização da ação seriam invocados dependendo do grau de correspondência (ou força do acoplamento) entre a percepção e a ação. Finalmente, acrescentaríamos a necessidade das informações contidas nas instruções serem específicas aos processos responsáveis pelas mudanças esperadas.

Descrever as mudanças que ocorrem no comportamento motor em decorrência da prática é uma tarefa relativamente simples. No entanto, a partir da descrição do comportamento podem ser levantadas questões não tão facilmente respondidas. Qual o estado do iniciante quando no início do processo da aprendizagem? Se apresentarmos uma habilidade "nova" a um grupo de alunos, podemos considerá-los todos em iguais condições para a aprendizagem? Quanto tempo de prática é necessário para que o aluno apresente um bom domínio da ação? Existiria um limite para esta prática? A descrição do comportamento pode tornar-se muito interessante na medida em que provoca questionamentos sobre o processo de aprendizagem como um todo.

Os argumentos são muito diferentes quando buscamos explicar a natureza das mudanças e prever o comportamento. Os diferentes referenciais teóricos geram diferentes questões. Se utilizarmos o referencial da Teoria do Processamento de Informação aplicada ao estudo do comportamento motor, as questões estariam relacionadas com o efeito da prática na quantidade e velocidade de processamento, com a utilização de retroalimentação, com a identificação dos mecanismos de controle da informação que seriam afetados pela prática. Se voltarmos à década passada talvez a questão mais pertinente fosse: Que restrições do organismo, tarefa e ambiente levam a mudanças mais rápidas/lentas, contínuas/abruptas no comportamento. Os trabalhos de Karl Newell (1985, 1986) a este respeito marcam este período. A partir de 1990, as questões sobre os efeitos da prática se dirigem a: Quais as mudanças nos pesos das conexões das redes neurais. Quais as mudanças nos mecanismos de controle motor. Quais as mudanças nas estruturas cerebrais em conseqüência do processo de aprendizagem (e portanto da prática). Quais as mudanças na probabilidade dos estados de fase. Qual o papel da dinâmica intrínseca do sistema no processo de aprendizagem. Qual o papel da variabilidade do comportamento na adaptação do organismo ao ambiente. Vejamos em maior detalhe algumas dessas abordagens teóricas e algumas evidências empíricas.

Posner & Raichle (1994), preocupados com a relação mente-corpo, exploram a influência da aprendizagem sobre a estrutura

cerebral. Estas mudanças no cérebro, que acompanham as experiências, vêm se tornando um dos principais tópicos da Neurociência. Evidências de alterações na estrutura cerebral têm sido relatadas na literatura, como por exemplo, aquelas provenientes do uso da linguagem de sinais pelos indivíduos com deficiência auditiva desde o nascimento. Um número imenso de horas de prática (acima de 50.000 horas) permite ao jogador de xadrez desenvolver uma estrutura de memória semântica altamente elaborada. Num piscar de olhos, o excelente jogador de xadrez sabe a localização exata de todas as peças sobre o tabuleiro desde que esta localização não seja randômica.

Um dos métodos usados para medir e avaliar a participação de vários centros de controle na aqüisição de habilidades como na leitura, ou em jogar xadrez implica na colocação de eletrodos na superfície do cérebro. A possibilidade de registrar atividade de células individuais no cérebro de animais conscientes, desde a década de 50, tem permitido um enorme avanço no conhecimento das estruturas dos sistemas sensorial e motor. Comparações nas atividades elétricas em diferentes centros de controle no cérebro entre inexperientes e habilidosos, entre crianças e adultos, permitem inferir as alterações decorrentes da prática ou da experiência.

Redes neurais precisamente localizadas são responsáveis por específicos tipos de análise ou operação. O processamento perceptivo de um objeto em movimento, como o de uma bola se aproximando, ocorre em uma região específica do cérebro. A localização cerebral de processos cognitivos complexos, no entanto, ainda não foi desvendada.

A contribuição marcante de Posner & Raichle à área da Neurociência Cognitiva se deu no emprego de técnicas que permitem detectar a anatomia funcional do cérebro. A *positron emission tomography* - PET tem como base o uso de partículas sub-atômicas efêmeras (positrons) que rapidamente emitem radiação gama que pode ser captada por detectores fora da cabeça. Radioisótopos de carbono, nitrogênio, oxigênio e fluorina emitem positrons. Os positrons permitem a reconstrução computarizada de imagens. Todavia esta técnica requer 40 segundos para a obtenção dos dados necessários para reconstrução de uma imagem PET do fluxo sangüíneo no cérebro humano. As atividades neurais são muito mais velozes e, portanto, não poderiam ser captadas por esta técnica.

Imagens de ressonância magnética (MRI) são obtidas a partir de uma técnica chamada de resonância nuclear magnética. MRI é baseada no fato que muitos átomos, na presença de um campo magnético, se comportam como barras magnéticas. Através da manipulação dos átomos, os cientistas alinham os átomos da mesma forma que uma agulha de um compasso é alinhada no campo magnético da terra. A reconstrução de imagens é feita a partir de sinais de rádio emitidos por prótons que apresentam propriedades magnéticas e são em grande número no corpo humano. Estas duas técnicas (PET e MRI) combinadas permitem identificar onde ocorre atividade no cérebro quando o ser humano executa diferentes tarefas. Estas técnicas têm evidenciado, experimentalmente, que as mudanças quantitativas de atividade eletro-químicas em determinadas regiões cerebrais são seguidas rapidamente por mudanças no fluxo sangüíneo nestas mesmas regiões.

Resultados interessantes sobre o efeito da prática na ativação cerebral são citados for Posner & Raichle (1994) em um estudo no qual os participantes executavam uma tarefa de geração de palavras em três condições experimentais: a) diante de uma lista de palavras, mas sem qualquer prática; b) a mesma lista de palavras era novamente apresentada e os dados eram obtidos após 15 minutos de intensa prática mental daquela lista; c) uma nova lista de palavras (diferente da anterior) era apresentada. Os resultados da análise de três cortes (*"slices"*) verticais do cérebro mostraram diferentes áreas de ativação em função das condições experimentais. Para os indivíduos sem prática, o cingulado anterior, os lóbulos temporal e frontal e o cerebelo direito estavam ativos enquanto que os indivíduos com prática não apresentaram nenhuma ativação destas áreas. A apresentação de uma nova lista de palavras na última condição reverteu estas mudanças que haviam ocorrido com a prática. Convêm registrar, no entanto, que a verbalização de nomes escritos, por ser uma tarefa automática para leitores habilidosos, não produz nenhuma atividades nestes centros citados acima. Estes resultados confirmam a velha idéia já centenária de que existem dois diferentes caminhos ou redes neurais responsáveis por processos de controle do comportamento e aqueles considerados automáticos e, portanto, resultantes de um longo período de prática.

Kelso (1995) é um dos principais representantes de um grupo de cientistas que utiliza a Teoria dos Sistemas Dinâmicos para explicar mudanças no comportamento motor e este grupo pode ser considerado como o de maior impacto na produção científica na área do comportamento motor, nos últimos anos. Kelso busca princípios gerais de mudança adaptativa, partindo do pressuposto que estes princípios se aplicam a outros sistemas ou em outros níveis de análise como o celular e molecular. Ele acredita também que estes princípios se aplicam em diferentes escalas de tempo como na da evolução, do desenvolvimento motor e da aprendizagem motora.

Se assumirmos que a auto-organização (secundária) é uma propriedade dos sistemas que mudam ao longo do tempo, então devemos considerar que os elementos do organismo que interagem e conduzem a emergência de novas formas, têm uma história (ver Debrun, 1996 para maiores detalhes). A interação entre os elementos do sistemas - cada um deles com uma historia diferente - tem um papel importante na definição da direção das mudanças. Neste sentido Kelso (1995, p.161) aponta "*New things to be learned must be linked with intrinsic tendencies or constraints already present in the learner at the time new material is introduced. Learning in this view, occurs as a specific modification of already existing behavioral patterns in the direction of the task to be learned*" Isto significa que o organismo adquire novas formas de comportamento habilidoso em cima de ou a partir de capacidades adquiridas já existentes. Alguma ordem já existiria no sistema e a aprendizagem de uma nova habilidade seria a passagem de um estado organizado para um outro estado organizado, seguindo o principio de transição ordem-ordem de Schrödinger.

De maneira geral, podemos afirmar que o organismo apresenta tendências para determinadas formas de organização antes de aprender algo considerado novo para ele. Estas tendências correspondem à dinâmica intrínseca do sistema. Novos padrões espaço-temporais emergem e estabilizam-se com a prática (repetição desta mesma ação) modificando o estado do sistema. Este novo padrão espaço-temporal que foi adquirido com a prática constitui um atrator e o "layout" dos atratores se altera.

Os procedimentos experimentais tradicionais buscam eliminar todas as possíveis condições e experiências anteriores que possam interferir nos resultados. Usando uma metáfora, Kelso critica estes procedimentos afirmando que qualquer organização intrínseca, autonomamente ativa do organismo ou entre organismos e seu ambiente, embora presente, é varrida para de baixo do tapete. Para ele, a medida em que o processo de aquisição de uma habilidade ocorre, o sistema no seu todo se altera. Portanto, a resposta de Kelso sobre o que muda com a prática, seria o organismo como um todo muda com a prática de uma habilidade motora.

Em resumo, neste trabalho procuramos identificar diferentes níveis de análise e paradigmas experimentais dirigidos à questão do que muda com a prática. Em um primeiro momento, utilizamos a descrição do comportamento como ferramenta de trabalho. Embora a descrição, por si só, não esclareça os processos subjacentes às mudanças que acompanham a prática, ela pode esclarecer a relação entre os componentes de um modelo teórico. Em um segundo momento, são apresentadas duas abordagens utilizadas no estudo do comportamento humano, evidenciando que as mudanças têm origem em diferentes centros de controle (Posner & Richle, 1994) ou nas interações entre os elementos internos do sistema e destes com os externos a ele (Kelso, 1995). As alterações no ambiente e a liberdade dada ao executante para atingir a meta de uma tarefa motora são fatores determinantes da magnitude e direção das mudanças que ocorrem no organismo como um todo.

ABSTRACT

THE LEARNING OF MOTOR SKILLS I: WHAT CHANGE WITH THE PRACTICE

The question what is changing with practice is focused considering the description of performance changes. Although the stage of skill acquisition implies a discontinuous sequence of events, recently it has been proposed that underlying stage mechanisms are complementary. When considering the

different theoretical background underlying the research no motor learning, we have found that different questions are made in regard to what is changing with the practice. These questions are presented and examples are given on how some of them are answered. Relying no the dynamic systems approach the paper is concluded with the suggestion that with practice the system as a whole changes.

UNITERMS: Motor skill; Motor learning; Dynamic systems theory.

NOTA

1. Palestra apresentada por A.M. Gentile na Conferência Anual da North American Society for Psychology of Sport and Physical Activity – NASPSPA. S. Charles, 1998.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, J. A closed-loop theory of motor learning. **Journal of Motor Behavior**, v.3, p.111-49, 1971.

BERNSTEIN, A. **The co-ordination and regulation of movement**. London, Pergamon, 1967.

DEBRUN, M. A idéia de auto-organização. In: DEBRUN, M.; GONZALES, M.E.Q.; PESSOA JUNIOR, O. **Auto organização**: estudos interdisciplinares. Campinas, 1996. p.2-23. [Coleção CLE, v.18].

FITTS, P Perceptual-motor skills learning. In: MELTON, A.W., ed. **Categories of human learning**. New York, Academic Press, 1964. p.243-85.

GENTILE, A.M. A working model of skill acquisition with application to teaching. **Quest**, v.17, p.2-23, 1972.

KELSO, J.A.S. **Dynamic pattern**: the self-organization of brain and behavior. Cambridge, The MIT Press, 1995. p.159-85.

MAGILL, R.A. **Motor learning**: concepts and applications. 3.ed. Dubuque, Wm.C.Brown, 1989.

NEWELL, K.M. Constraints on the development of coordination. In: WADE, M.G.; WHITING, H.T.A., eds. **Motor development in children**: aspects of coordination and control. Dordrecht, Martinus Nijhoff, 1986. p.341-60.

_____ Coordination, control and skill. In: GOODMAN, D.; FRANKS, I.; WILBERG, R., eds. **Differing perspectives in motor control.** Amsterdam, North Holland, 1985. p.295-318.

POSNER, M.I.; RAICHLE, M.E. **Images of mind.** New York, Scientific American Library, 1994. p.257.

SCHMIDT, R.A. **Aprendizagem e performance motora**: dos princípios à pratica. Trad. de Flávia da Cunha Bastos e Olívia Cristina Ferreira Ribeiro. São Paulo, Movimento, 1992. p.310.

VEREIJKEN, B.; VAN EMMERIK, R.E.A.; WHITING, W.T.A.; NEWELL, K.M. Free(z)ing degrees of freedom in skill acquisition. **Journal of Motor Behavior**, v.24, p.133-42, 1992.

ENDEREÇO: Ana Maria Pellegrini
Departamento de Educação Física
Instituto de Biociências – UNESP/Rio Claro
Av. 24-A, 1515 – Bela Vista
13506-900 Rio Claro – SP – BRASIL

CDD. 20.ed. 152.3

DESENVOLVIMENTO MOTOR: PADRÕES EM MUDANÇA, COMPLEXIDADE CRESCENTE

Edison de Jesus MANOEL*

RESUMO

O presente ensaio visa discutir a natureza do desenvolvimento motor considerando que em todo sistema desenvolvimentista há dois aspectos que necessitam ser explicados: permanência e mudança. A identificação de seqüências de desenvolvimento pode dirigir a atenção do pesquisador para a permanência. Em que pese a importância desse aspecto, ele é insuficiente para explicar a mudança que ocorre num dado estado do sistema. Transições foram negligenciadas, com freqüência, no estudo de desenvolvimento motor. Quando foram objeto de atenção, elas foram tratadas de forma linear e finita com mudanças de um estado imaturo para um estado maduro e final. Transições ocorrem em estados estáveis e de forma contínua. Assim a estabilidade é relativa, sendo caracterizada por estados dependentes do tempo, ou seja, neles convivem ordem e desordem, imaturidade e maturidade, variabilidade e consistência. Será argumentado que a noção de ordem hierárquica é fundamental para abordar a dinâmica do desenvolvimento motor. O conceito de restrição ("*constraint*") será discutido com referência a seu papel no desenvolvimento. Entre os vários elementos do sistema, a intenção será apresentada como uma restrição essencial na formação de padrões. As idéias apresentadas serão ilustradas com resultados de pesquisa sobre o desenvolvimento de habilidades motoras manuais em situações naturais e experimentais.

UNITERMOS: Desenvolvimento motor; Habilidade motora, comportamento motor.

INTRODUÇÃO

O estudo do desenvolvimento motor ganhou grande interesse a partir dos anos 70 com a publicação do livro *Mechanisms of motor skill development* (Connolly, 1970a). Como é colocado por Clark & Whitall (1989), esse trabalho inaugura a chamada etapa Orientada ao Processo na evolução da área. Nessa etapa, os pesquisadores voltaram-se para a identificação dos possíveis mecanismos subjacentes às mudanças no desenvolvimento. Connolly (1970b) resume essa transição assim: o estudo do desenvolvimento motor esteve sempre voltado para as questões "o que muda ?" e "quando muda?" entretanto, agora é preciso perguntar "como muda?" Essas colocações levaram a contraposições entre produto e processo, descrição e explicação no estudo do desenvolvimento motor. Nelas residia o perigo de uma vez mais se criarem novas dicotomias que obscurecem o entendimento do fenômeno ao invés de desvelá-lo. Hinde (1970) em comentário à colocação de Connolly, já manifestava essa preocupação. Hinde argumentava que a Etologia é um exemplo de uma área na qual descrição e explicação sempre caminharam juntas. Num certo sentido, a distinção entre elas, como reconheceu Connolly (1970b), é apenas relativa. A observação é guiada por um modelo da realidade que seleciona o que vai ser descrito e o que não vai. Isto não está muito distante de um modelo que busca explicar a natureza.

* Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

Em síntese, podemos dizer que a etapa Orientada ao Processo marca uma mudança profunda na área caracterizando o que Kuhn (1970) denominaria de crise paradigmática. Ou seja, passamos por uma mudança de paradigma no estudo do desenvolvimento motor (Manoel, 1989). A visão tradicional que explicava o desenvolvimento como um processo exclusivamente maturacional passou a ser questionada, as distinções entre movimentos naturais e culturais, antes tão claras, tornaram-se relativas. As duas décadas que se seguiram foram marcadas pela busca de novos referenciais teóricos. Com eles buscou-se explicar dados antigos que descreviam vários aspectos do desenvolvimento motor. Ao mesmo tempo, novos estudos foram conduzidos com o propósito de descrever o comportamento em ambientes e contextos variados. Com a constatação de que a maturação não é o único mecanismo atuante no desenvolvimento, as características do ambiente e da tarefa numa dada execução motora ganharam especial atenção nos novos estudos. A introdução do conceito de habilidade, até então ausente do estudo do desenvolvimento motor, teve papel importante (cf. Connolly, 1970b; Kay, 1970). A idéia de habilidade ajudou na compreensão do significado da interação indivíduo - ambiente. Uma das características dos estudos iniciais sobre o desenvolvimento motor foi a pouca preocupação com os mecanismos subjacentes ao comportamento. Com a abordagem Orientada ao Processo o desenvolvimento motor passou a ser visto como desenvolvimento do controle motor (Keogh, 1977).

NATUREZA DO DESENVOLVIMENTO MOTOR

As descrições clássicas do desenvolvimento motor publicadas nos anos 30 e 40 foram importantes na medida em que elas identificaram os padrões que o pesquisador deve explicar. Esses padrões levaram à proposição de um dos princípios básicos do desenvolvimento: o da seqüência. Gesell e McGraw no desenvolvimento motor, Piaget no desenvolvimento cognitivo, entre outros, trouxeram uma grande contribuição para área ao identificarem as etapas pelas quais o indivíduo passaria em sua vida, em direção à maturidade. Por exemplo, no desenvolvimento motor referente aos primeiros doze meses de vida um dos estados finais esperados é o andar bípede (cf. McGraw, 1945). No desenvolvimento cognitivo, o estágio de operações simbólicas é considerado como o mais avançado.

A seqüência de desenvolvimento teria como características básicas a universalidade e intransitividade (Pinard & Laurendeau, 1969). A seqüência é universal se todos os indivíduos passarem por ela. A intransitividade da seqüência significa que todos os indivíduos irão passar pela mesma seqüência na mesma ordem. Com a preocupação em identificar seqüências com essas duas características acabou-se dando muita ênfase à permanência, consistência e estabilidade. A definição de etapas ou estágios no desenvolvimento envolve a identificação de aspectos que permanecem, são consistentes e estáveis no comportamento. Aqui entra em jogo a própria concepção de desenvolvimento. Como foi colocado por Bertalanffy (1960), a concepção de desenvolvimento por estágios assume que esse é um processo em que se busca apenas a estabilidade. Prigogine (1961) faz uma distinção entre dois tipos de sistema que é pertinente a esse problema. Prigogine diferencia os sistemas em estados independentes do tempo dos sistemas em estados dependentes do tempo. Os primeiros são sistemas abertos que buscaram estabilidade e ao atingi-la tentam mantê-la para evitar o aumento da entropia. Como o ambiente em que o sistema transita não é estático, e de fato está em mudança, a tendência é a de que a manutenção da estabilidade torne o sistema obsoleto com a passagem do tempo. Ou seja, esses sistemas começam a se aproximar do equilíbrio termodinâmico. O segundo sistema de Prigogine também é aberto, mas neles a estabilidade é relativa, é temporária, pois o sistema busca sempre novos estados. Essa característica seria mais apropriada para um sistema desenvolvimentista. Em sistemas biológicos ou vivos, num sentido lato (cf. Miller, 1978), vamos encontrar características de ambos como coloca Bertalanffy (1977) ao se referir às regulações primárias – típicas de sistemas com estados dependentes de tempo – e às regulações secundárias – típicas de sistemas com estados independentes de tempo.

Assim, o desenvolvimento é um processo com características contrastantes mas ainda assim complementares: permanência e mudança, estabilidade e instabilidade, rigidez e flexibilidade, consistência e variabilidade. O fato

de modelos científicos terem sempre negligenciado esse aspecto dinâmico do desenvolvimento se deveu em grande parte à limitação do próprio conhecimento científico para lidar com a complementaridade de modos de descrição contrastantes e com o indeterminado na natureza (Yates, 1978). O reconhecimento da função criativa da dimensão temporal nos fenômenos foi o passo necessário para o lançamento de uma nova abordagem para o desenvolvimento motor (Manoel, 1989). Vários dos fenômenos descritos envolvem a mudança de um estado ordenado para um estado desordenado como exemplifica Haken (1983) com trocas irreversíveis de calor, expansão irreversível de gases ou difusão de nuvens. No desenvolvimento motor, temos a mudança de um estado de relativa desordem para um estado de ordem como pode ser observado na produção gráfica de uma criança aos dois anos e meio de idade e a mesma criança aos quatro anos de idade (FIGURA 1). Aos dois anos e meio, os traços são repetitivos, com pouca variação e pobre interação entre eles. Já aos quatro anos, observa-se um aumento da diversificação na produção dos traços além de uma maior interação entre eles.

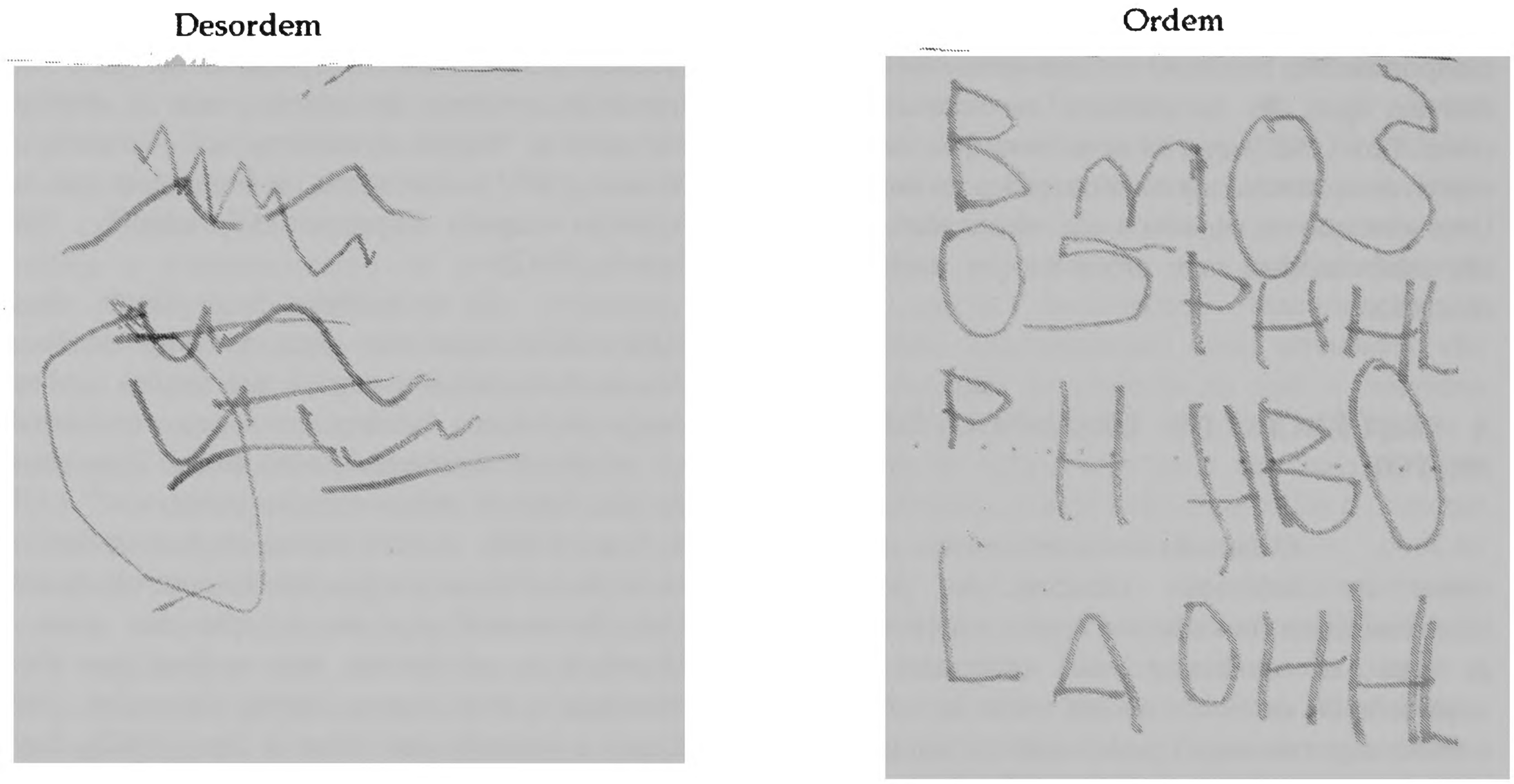


FIGURA 1 - Habilidade gráfica de uma criança aos 2,5 anos (desordem) e quatro anos de idade (ordem).

A investigação do desenvolvimento teve um longo caminho marcado pelas mais variadas idéias como as expressas pelo pré-determinismo, pré-formacionismo e ambientalismo (Manoel, 1996, 1998a). O reconhecimento das bases biológicas do desenvolvimento levou à crença de que seria possível, a partir do gene, controlar o próprio comportamento e seu desenvolvimento. De outro lado, viu-se o ambiente como o elemento para exercer papel similar. Gottlieb (1992) resume os esforços de vários pesquisadores ao longo de século XX no sentido de mostrar que a chave para a compreensão do desenvolvimento não estava nem de um lado nem de outro. Como foi colocado por Weiss (1967), é preciso entender que há uma hierarquia de elementos do gene até o ambiente exercendo influências recíprocas ao longo de todo os níveis. Connolly (1986) procurou sintetizar essas idéias ao estabelecer perspectiva similar para o estudo do desenvolvimento motor. O comportamento motor é originado tanto por heranças genéticas quanto por "heranças" ambientais. Como foi colocado recentemente por Valsiner (1997), o curso do desenvolvimento é "indeterminado deterministicamente", onde uma série de restrições sistêmicas constituem a base para surpresas numa seqüência que no geral é similar nos indivíduos da mesma espécie. Numa versão próxima à da epigênese probabilística de Gottlieb (1992), temos que esse indeterminismo limitado (cf. Valsiner, 1997) garante o desenvolvimento tornando-o um

fenômeno onde convivem os contrários como: estabilidade e instabilidade, continuidade e mudança e rigidez e flexibilidade. Talvez, Lewontin (1997) resuma essa concepção de forma mais direta e simples quando ele diz que todos os filhotes de leão irão tornar-se leões ferozes mas isto não significa que todos os leões são iguais.

No desenvolvimento motor, vemos a necessidade de se encarar os estados estáveis do sistema como sendo relativos. Em relação ao passado, um dado estado presente pode ser estável, mas em relação ao futuro ele é instável (Manoel & Connolly, 1997). Tal propriedade é a base para se estabelecer uma visão integrada do desenvolvimento e da aprendizagem no comportamento motor. O sistema apresenta estados estáveis que são temporários se considerarmos como Tani (1987) que há uma hierarquia de novos objetivos motores a serem alcançados no ambiente. Uma vez que os objetivos são alcançados, novos são estabelecidos, num processo que tende a ser contínuo.

A SEQÜÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO MOTOR

O fato do desenvolvimento ser visto como um fenômeno caracterizado por um indeterminismo limitado não exclui a idéia clássica de que as mudanças são ordenadas numa seqüência. Os caminhos podem variar de um estado a outro, algumas etapas podem não ser atingidas ou plenamente estabelecidas (estabilizados), mas a seqüência não deixa de existir. Além de tudo ela é um instrumento heurístico que nos ajuda a levantar questões sobre como se dá o processo de desenvolvimento.

Mas o que se quer dizer com seqüência no desenvolvimento ? Há pelo menos três aspectos para responder a essa questão: a) há uma ordem de eventos no eixo temporal do ciclo de vida ; b) há interdependência entre os eventos;(c) cada nova etapa envolve a emergência de novas propriedades que não são encontradas na etapa anterior. É interessante notar que vários modelos de seqüência (e.g. Gallahue & Ozmun, 1995; Seefeldt,1980) são descritos sem que a natureza do processo que tal representação implica seja explorada. Desenvolvimento implica a integração de padrões de comportamento (Connolly, 1986). A seqüência de desenvolvimento refere-se, portanto, a um processo de desenvolvimento hierárquico (cf. Bruner,1970; Connolly, 1970b, 1973; Elliott & Connolly,1974, Manoel, 1988, 1989, 1993; Manoel & Connolly, 1997; Tani,1987; Tani, Manoel, Kokubun & Proença,1988).

Há várias formas de representação hierárquica (cf. Mesarovic, Macko & Takahara, 1970; Salthe,1985). A maneira como a hierarquia é representada leva a assunções sobre como a complexidade aumenta ao longo do tempo. Embora seja comum representar a seqüência através de um modelo de hierarquia estratificada são raras as tentativas de descrever e explicar o processo a partir dessa concepção. Mesmo que tal modelo seja considerado, é importante lembrar que ele é mais apropriado para tratar de estruturas já existentes. Quando temos o desenvolvimento em foco há a formação contínua de níveis, onde a distinção estrutura e função é relativa (cf. Connolly & Manoel, 1991). Em suma, a hierarquia que nos interessa é aquela do processo (Bertalanffy , 1952; Scholz, 1982).

Se os modelos de seqüência vão ter algum valor heurístico para a compreensão do desenvolvimento é essencial que noções sobre o desenvolvimento hierárquico sejam consideradas no estudo do desenvolvimento motor. Uma dessas noções básicas refere-se à de "constraint"' (Allen & Starr, 1982). A idéia básica de "constraint"' ou restrição refere-se a algum tipo de controle da ação. Um "constraint" age na redução dos graus de liberdade de um sistema, mas ao fazer isso ele dá liberdade a esse mesmo sistema (Koestler, 1969). Como é ilustrado por Allen & Star (1982), dentro das poderosas restrições impostas pelas regras da fuga, o compositor clássico Bach tornou-se livre para escrever qualquer fuga de sua escolha.

Lorenz (1971) argumenta que em qualquer processo de desenvolvimento a restrição é necessária, pois sem uma redução nos graus de liberdade um sistema não pode se tornar ordenado. Lorenz enfatiza, no entanto, a necessidade de um equilíbrio entre a manutenção das restrições e o seu relaxamento .

Koestler (1969) considera que a restrição não pode reduzir drasticamente os graus de liberdade, do contrário o sistema não conseguiria se adaptar a novas situações. Ou seja, liberdade e restrição, vistos freqüentemente como antagônicos, atuam de forma complementar em sistemas abertos. Valsiner (1997) sugere que as restrições no desenvolvimento desempenham vários papéis como por exemplo, de regulador dinâmico temporário cuja natureza pode ser

interna, do próprio organismo, ou externa (veja Manoel, 1998a).

A ordem no comportamento motor tem sido considerada como sendo resultante de restrições referentes às propriedades biofísicas do organismo, da tarefa e do ambiente (Newell, 1986; Thelen,1986). Entretanto, outra fonte de restrição pode ser relacionada à intenção e ao programa de ação. Bruner (1970) e Connolly (1973) têm argumentado que a intenção em atingir um objetivo no ambiente constitui-se num fator decisivo para a emergência do comportamento voluntário em contraposição às idéias que colocaram os reflexos como origem desses comportamentos. Thelen et alii (1993) reconhecem que a intenção exerce um papel essencial na redução dos graus de liberdade do sistema na emergência do alcançar e agarrar em bebês. As evidências acumuladas por estudos de neurofisiologia também corroboram o importante papel exercido pela intenção. Requin (1992) identifica o estabelecimento da meta como um potente fator que condiciona os processos posteriores da preparação da resposta. Ele não determina as vias neurais que levam à produção do movimento, mas certamente as condiciona (ver também para mais detalhes Jeannerod (1996).

A capacidade para movimento é inerente a todo sistema vivo, unicelular ou pluricelular. O indivíduo já apresenta um rico repertório motor no período pré-natal. Prechtl (1997) argumenta que os movimentos fetais desempenham um papel crucial na regulação do desenvolvimento do próprio sistema nervoso. Aqui vemos a complexidade do fenômeno que se pretende explicar: o sistema efetor influencia o desenvolvimento do regulador (sistema nervoso) do seu próprio desenvolvimento (Trevarthen, 1987). A espontaneidade dos movimentos fetais é equiparada aos movimentos rítmicos observados no primeiro ano de vida (cf. Thelen, 1981). Todos esses movimentos são aparentemente sem propósito o que não significa que eles sejam desordenados ou sem um padrão característico. Aliás, tais padrões podem ser modificados e associados a diferentes conseqüências ambientais (Manoel, 1998a).

A noção de reflexo não é menos controversa. Touwen (1984) prefere argumentar que tais respostas são um artifício de um sistema organizado para se mover. Elas refletem comportamentos estáveis e não automáticos para que o recém-nascido consiga interagir no meio ambiente. Isto explicaria a sua flexibilidade, ainda que limitada, bem como sua variação de intensidade e freqüência devidas tanto ao estado de ativação do sistema como alterações físicas do organismo (cf. Thelen & Fischer, 1983).

O acoplamento entre intenção, padrões de movimento e conseqüências ambientais constitui-se numa etapa crucial no desenvolvimento. É como se a partir desse acoplamento houvesse uma passagem de padrões de movimentos espontâneos e reativos para ações motoras habilidosas. Com esse acoplamento haverá inicialmente a realização de funções motoras básicas como locomoção, manipulação e estabilidade. Gradualmente, essas atividades vão sendo orientadas ao contexto no qual o indivíduo vive. Isto significará que a seleção, a adaptação e a realização de ações serão cada vez mais diversas entre indivíduos quanto mais diverso for o contexto em que eles vivem. Neste sentido, pode-se conceber um processo de desenvolvimento hierárquico do comportamento motor (FIGURA 2) onde os elementos básicos para a ação surgem a partir de padrões de movimentos espontâneos (movimentos fetais e rítmicos) e reativos (movimentos reflexos). Com o acoplamento entre intenção , padrões de movimento e conseqüências ambientais há um salto qualitativo marcante. Nesse nível haverá a contínua elaboração das relações meio-fim nas funções de controle postural, de locomoção e de manipulação. Há, no nível seguinte, uma crescente variação no contexto levando a diferentes oportunidades de realização motora.

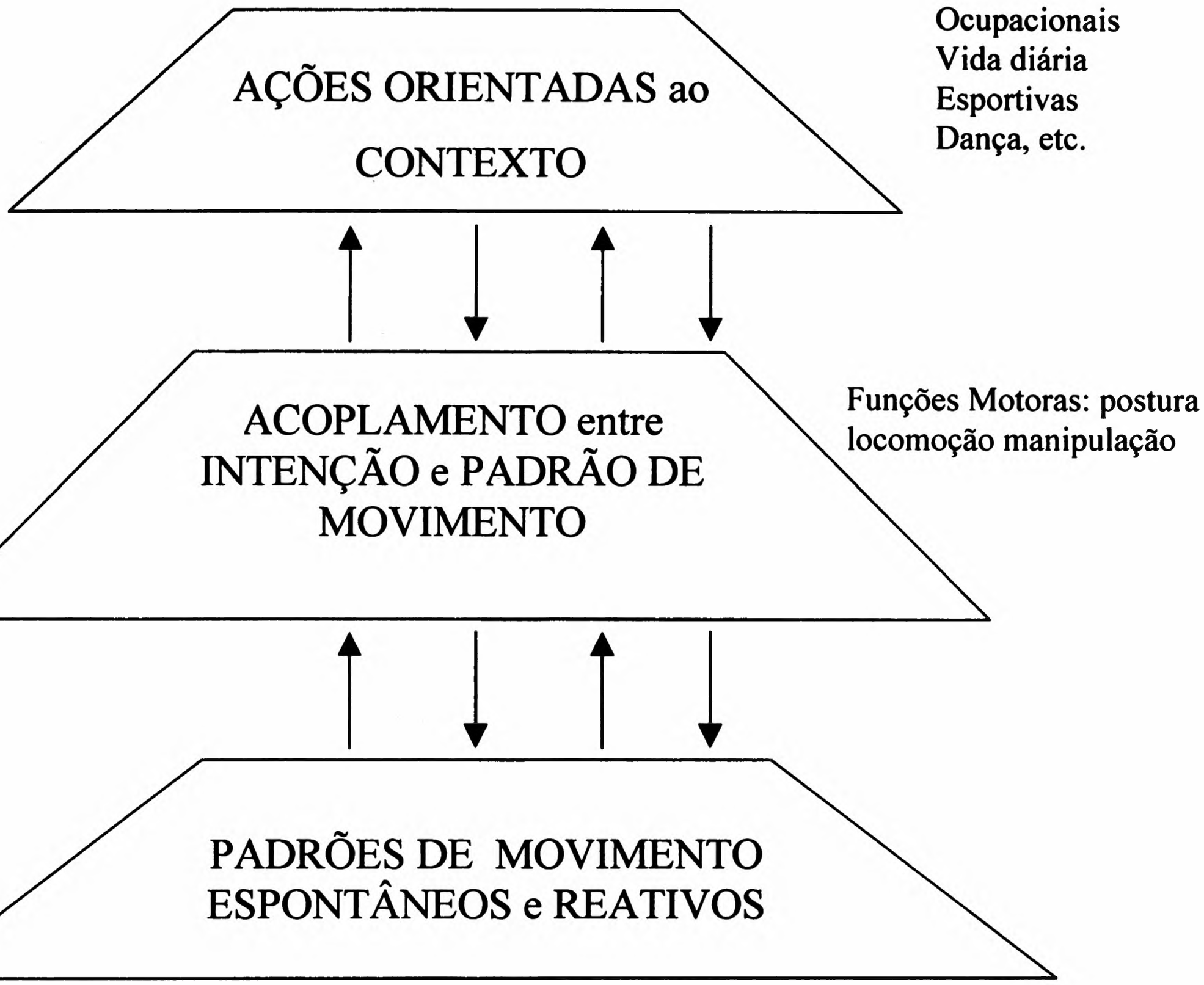


FIGURA 2 – Desenvolvimento hierárquico no comportamento motor.

INDETERMINISMO LIMITADO NO DESENVOLVIMENTO MOTOR: A DINÂMICA DAS RELAÇÕES MACROSCÓPICA – MICROSCÓPICA NO COMPORTAMENTO

Uma das máximas mais bem conhecidas sobre a abordagem sistêmica é a frase: "o todo é maior do que a soma das partes". Entretanto, como diz Simon (1981), o todo é maior do que a soma das partes não num sentido metafísico, mas com um sentido pragmático importante: dadas as propriedades das partes e das leis de suas interações , não é nada trivial inferir as propriedades do todo.

Weiss (1969), na mesma linha de pensamento, colocou de forma objetiva a seguinte equação:

$$S_w < S_1 + S_2 + S_3 + ... + S_n$$

Onde S_w = a variância do todo

$S_1, S_2, S_3, ... S_n$ = variância das partes

A variância do todo é menor do que a variância das partes, ou seja, os elementos de um sistema são relativamente livres para variarem, pois a interação entre eles leva a um todo bem definido, com pouca variabilidade. A essa característica de sistemas vivos Weiss denominou de determinância macroscópica e indeterminância macroscópica

A interação dinâmica de elementos leva à formação de um padrão característico que tende a se manter (determinância macroscópica). Os elementos são livres para variarem dentro de certos limites (indeterminância microscópica). Essa liberdade para variação é essencial para que o sistema modifique o padrão de interação a nível macroscópico (Koestler, 1967, 1969; Weiss, 1967). Em outros trabalhos já nos dedicamos a falar sobre as implicações dessas idéias para as questões relativas ao estudo do comportamento motor (Manoel, 1993; Manoel & Connolly, 1995, 1997; Tani, Connolly & Manoel, 1998)

As relações macro-micro podem ser vistas de várias formas no estudo do comportamento motor. Uma forma coloca a relação entre a intenção e a meta como definindo o padrão geral da ação, ou seja, a sua macro-estrutura. Os meios para realizá-la variam, pois há vários padrões de movimento que levam a um mesmo estado final. Esse é o aspecto referente à micro-estrutura. A abordagem do desenvolvimento é interessante, pois a mesma macro-estrutura como locomoção irá ser realizada por diferentes meios ao longo dos 24 meses de vida como rolar sobre o próprio corpo, rastejar, engatinhar, andar, saltitar, etc. A diversificação dos meios de solução corresponde à seqüência inter-tarefa do desenvolvimento (FIGURA 3).

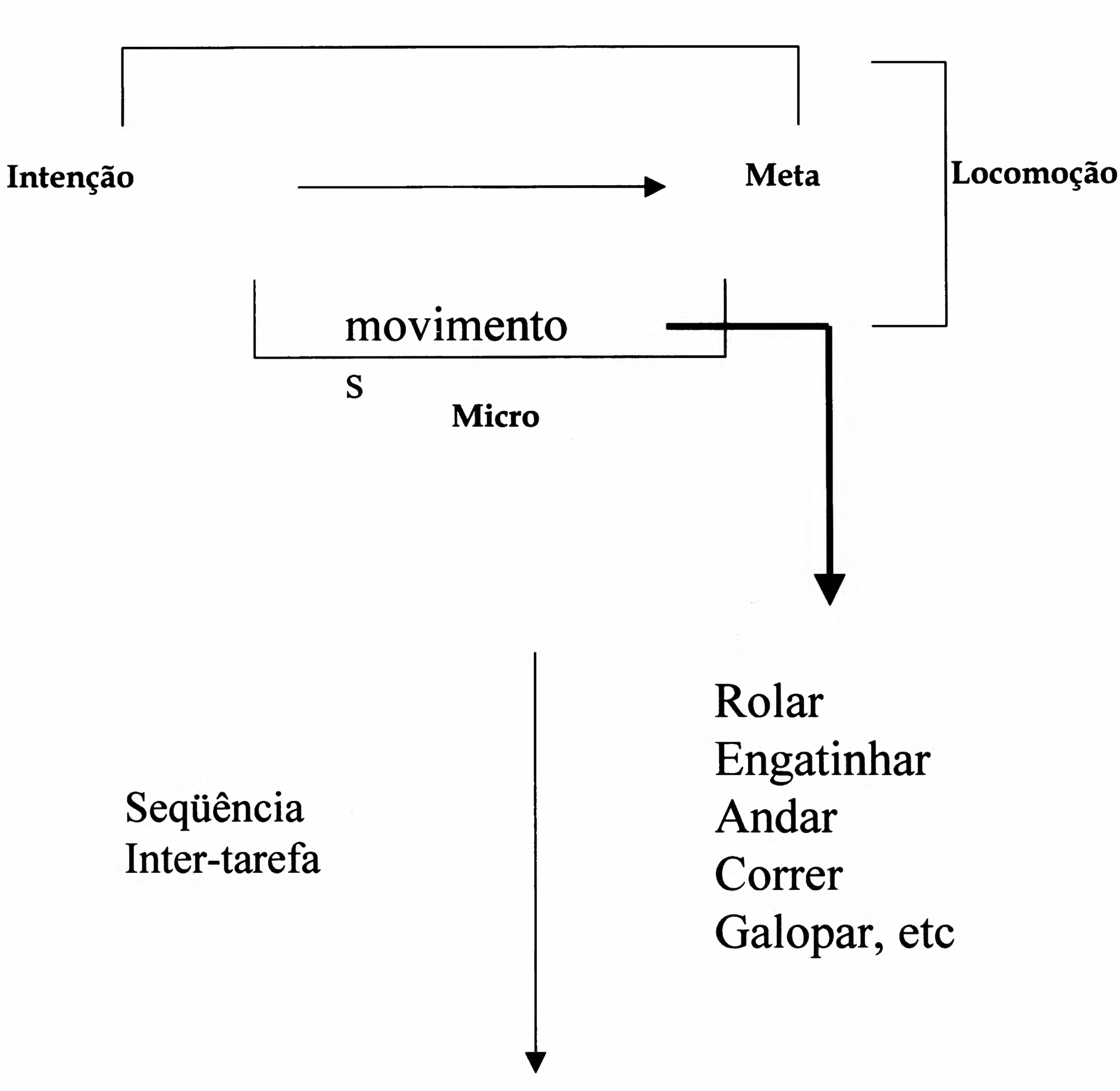


FIGURA 3 – Relações macro-micro na seqüência inter-tarefa da locomoção.

A estrutura de um dado programa de ação leva à segunda forma com que as relações macro/micro podem ser vistas. Por exemplo, a preensão de uma xícara de chá necessita de um programa de ação que envolve os componentes alcançar, apreender, transportar e localizar. A seqüência na qual esses elementos são ordenados expressa as interações entre eles, referindo-se portanto à macro-estrutura do programa (FIGURA 4). Por exemplo, a, b e c podem referir-se ao

"timing" relativo entre os componentes. A forma como cada componente pode ser executado em termos cinéticos e cinemáticos refere-se à micro-estrutura do programa. Por exemplo, o alcançar pode variar em termos de trajetória, com diferentes padrões de aceleração e desaceleração. A preensão pode variar em termos do tempo de abertura do polegar e indicador. Se pensarmos na realização dessa tarefa pelo bebê, o resultado será desastroso. O bebê não conseguirá alcançar a xícara ou se o fizer, o seu padrão de preensão será pouco eficiente para manipulá-la sem que o conteúdo da xícara seja derrubado. Aos dois anos de idade, o resultado ainda pode ser desastroso. Já aos cinco anos, a criança pode realizar a tarefa. O que se observa ao longo desse tempo é a gradual emergência de uma macro-estrutura bem definida e consistente, sem que os componentes se tornem rígidos.

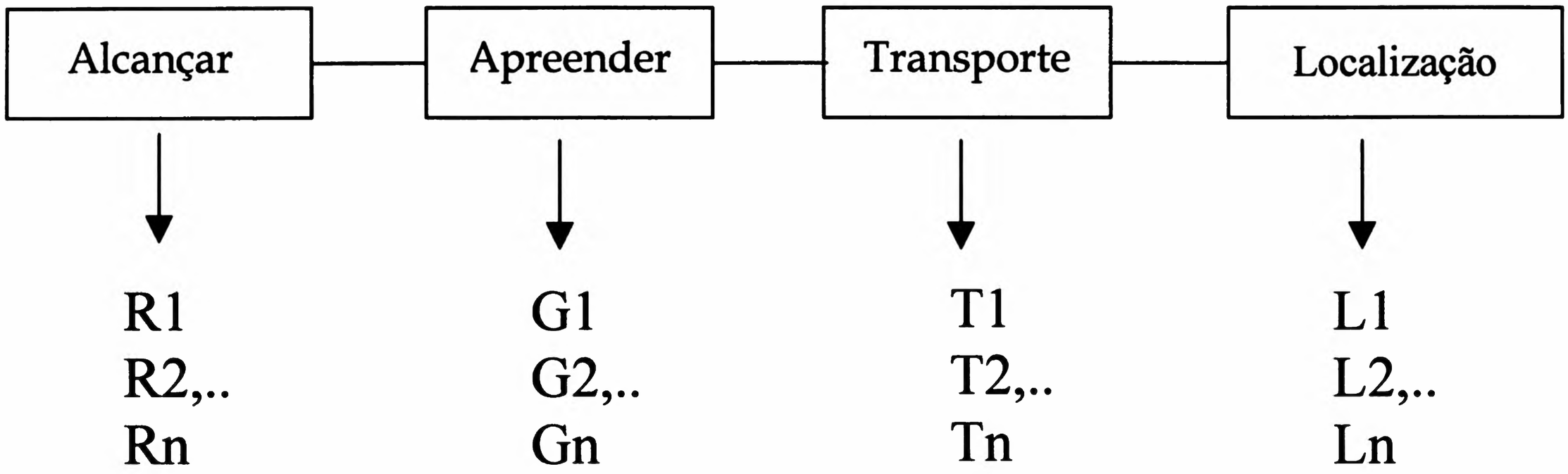


FIGURA 4 – Relações macro-micro no programa de ação de uma habilidade de manipulação de instrumento, como pegar uma xícara de chá.

Temos considerado que o programa de ação é desta forma uma organização hierárquica caracterizada por uma macro-estrutura (ordem e consistência) e micro-estrutura (desordem e variabilidade). Ao estudar o desenvolvimento do uso da colher no bebê, Connolly & Dalgleish (1989) apresentam um exemplo da emergência de um programa de ação (FIGURA 5). Na tarefa em estudo há quatro funções básicas: colocar a colher na tigela, remover a colher da tigela, colocar a colher na boca e retirar a colher da boca. A primeira etapa, de ações repetitivas, parece caracterizar um exemplo em que os elementos da ação estão presentes mas eles variam independentemente. Assim, o bebê movimenta a colher na tigela ou a explora na boca. Na etapa seguinte, ação seqüencial, vemos que o comportamento dos elementos é restringido de tal forma que eles já são colocados numa seqüência. A macro estrutura começa a emergir passando a restringir a ação dos componentes. A partir daí o programa de ação passará por novas elaborações como reflete a etapa da função incorporada. Nela, o bebê já procura utilizar a colher como um instrumento de transporte da comida. Finalmente, a última etapa é atingida na qual o programa se torna flexível graças aos vários circuitos de correção. Nesta etapa a macro-estrutura já está bem estabelecida. A criança pode alimentar-se com substâncias que variem em consistência e forma ou com novos instrumentos. A seqüência descrita por Connolly & Dalgleish (1989) caracteriza, dentro desse entendimento, a formação de um padrão.

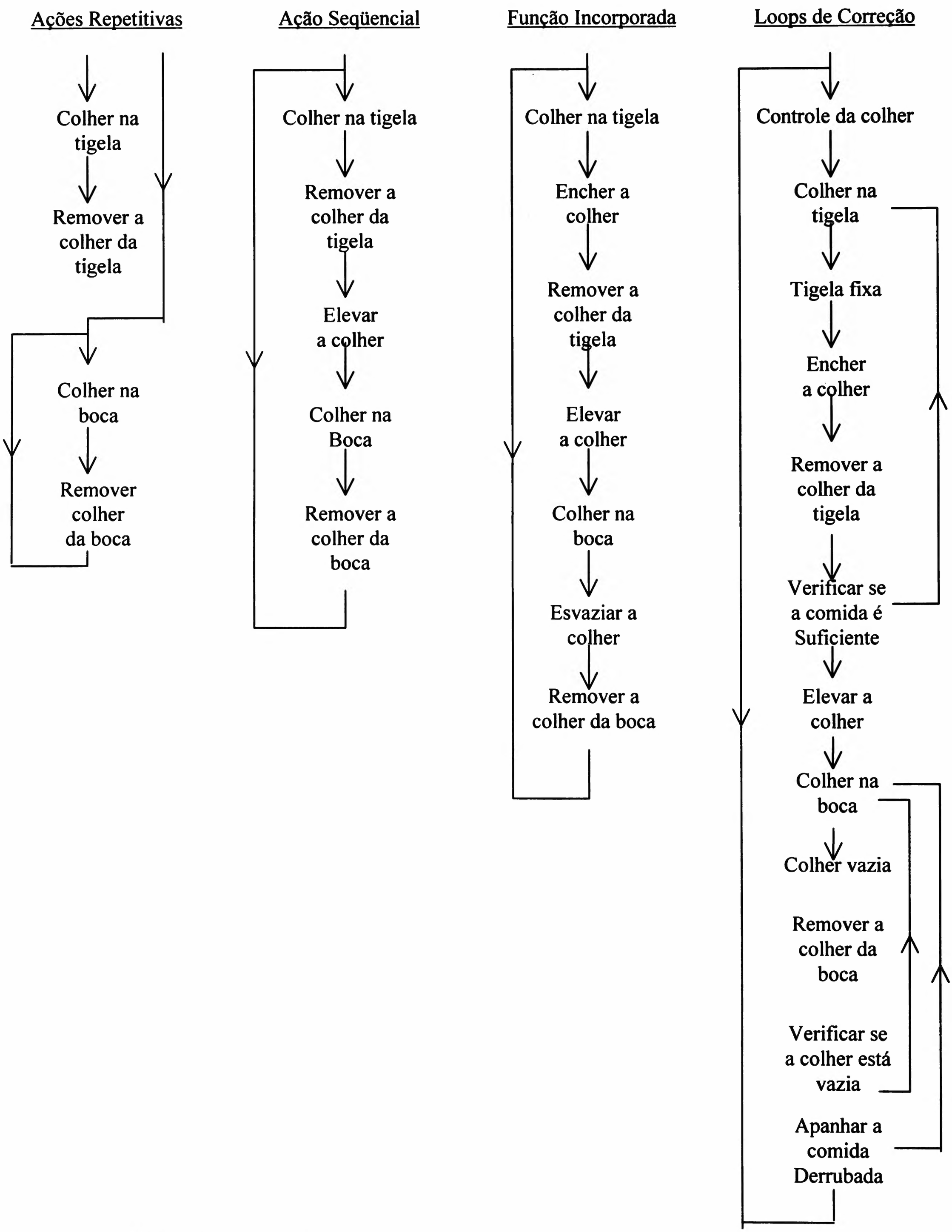


FIGURA 5 – Desenvolvimento do uso da colher na alimentação (adaptado de Connolly, 1980; Connolly & Dalgleish, 1989).

Na contínua elaboração de um programa de ação há uma interação dinâmica na restrição e liberação dos graus de liberdade de movimento. A idéia original de Bernstein (1967) sobre o problema dos graus de liberdade foi retomada por Turvey, Fitch & Tuller (1982). Segundo eles, o desenvolvimento envolveria inicialmente restrição dos graus de liberdade de movimento seguido de uma gradual liberação desses graus. Essa idéia é ilustrada com os estágios de desenvolvimento do arremesso por cima do ombro descrita inicialmente por Wild (1937).

Bruner (1970), também influenciado por Bernstein, destacou a importância do domínio sobre os graus de liberdade não de movimento, mas na elaboração de um programa de ação. A imposição de restrições sobre os graus de liberdade de movimento pode implicar numa ampliação dos graus de liberdade a nível central, ou seja, na elaboração do programa.

O estudo do desenvolvimento de habilidades motoras manuais oferece alguns dados que podem ilustrar a relação entre graus de liberdade e elaboração de programas de ação. Ao apreender um objeto ou instrumento é preciso definir de que forma isso será feito – qual o tipo de preensão será utilizado? – e como ele será manipulado – quais os padrões de movimento a serem utlizados? A manipulação envolverá movimentos dos dígitos, também denominados de movimentos intrínsecos, e também movimentos das articulações do punho, do cotovelo, do ombro, etc., também denominados de movimentos extrínsecos.

Connolly (1973), Connolly & Dalgleish (1989) e Connolly & Elliott (1972) realizaram uma série de estudos identificando quais tipos de padrões de preensão são utilizados na primeira infância. Manoel & Connolly (1998), por sua vez identificaram os movimentos intrínsecos utilizados na manipulação de um objeto. A FIGURA 6 apresenta uma síntese das informações sobre o desenvolvimento dos padrões de movimento observados.

PADRÕES DE MANIPULAÇÃO

PREENSÃO MANUAL

- **PREENSÃO ADULTA**
  ADULTA CERRADA
- **PREENSÃO PALMAR**
  TRANSVERSA
  VENTRAL
  DIGITAL
- **PREENSÃO DIGITAL**
  TRANSVERSA
  INTERDIGITAL

MOVIMENTOS INTRÍNSECOS

- **PADRÕES SIMULTÂNEOS**
  SINERGIA SIMPLES
  SINERGIA RECÍPROCA
- **PADRÕES SEQÜENCIAIS**

FIGURA 6 - Padrões de manipulação.

Ao longo de processo de solução de problemas motores, bebês e crianças vão selecionando e elaborando meios variados em sua eficácia. Como observaram Connolly & Dalgleish (1989), algumas das soluções serão utilizadas uma ou duas vezes e serão deixadas de lado por serem anti-econômicas. Outras soluções passarão o teste da eficácia e serão mantidas. Observa-se, assim, um processo de aumento da diversificação de padrões seguido de um aumento na estabilidade de alguns desses padrões.

Manoel (1993) realizou um estudo longitudinal onde crianças de 2,5 anos e quatro anos de idade tinham que apreender uma barra com diâmetro aproximado ao de uma caneta esferográfica e, em seguida, deveriam transportá-la e inseri-la num orifício no topo de uma caixa à sua frente. A forma da barra foi manipulada de maneira a criar demandas diferentes no momento da inserção. A barra circular apresentava baixa restrição (LC) pois a mesma seria inserida com qualquer orientação. A barra semi-circular exigia uma orientação particular no momento da inserção e por isso foi considerada como sendo de alta restrição (HC). Tomando como referencial o número dos diferentes tipos de preensão utilizados na solução, pode-se ver que não houve grandes mudanças nos dois grupos ao longo de dois meses, entretanto, o grupo de quatro anos é menos variável que o grupo de 2,5 anos (FIGURA 7). Já, se considerarmos a freqüência de movimentos intrínsecos diferentes, o quadro é outro. Novamente não há grandes variações ao longo de dois meses, sendo o grupo de quatro anos o mais variável (FIGURA 8). Outro aspecto que merece atenção diz respeito ao efeito das demandas de orientação.

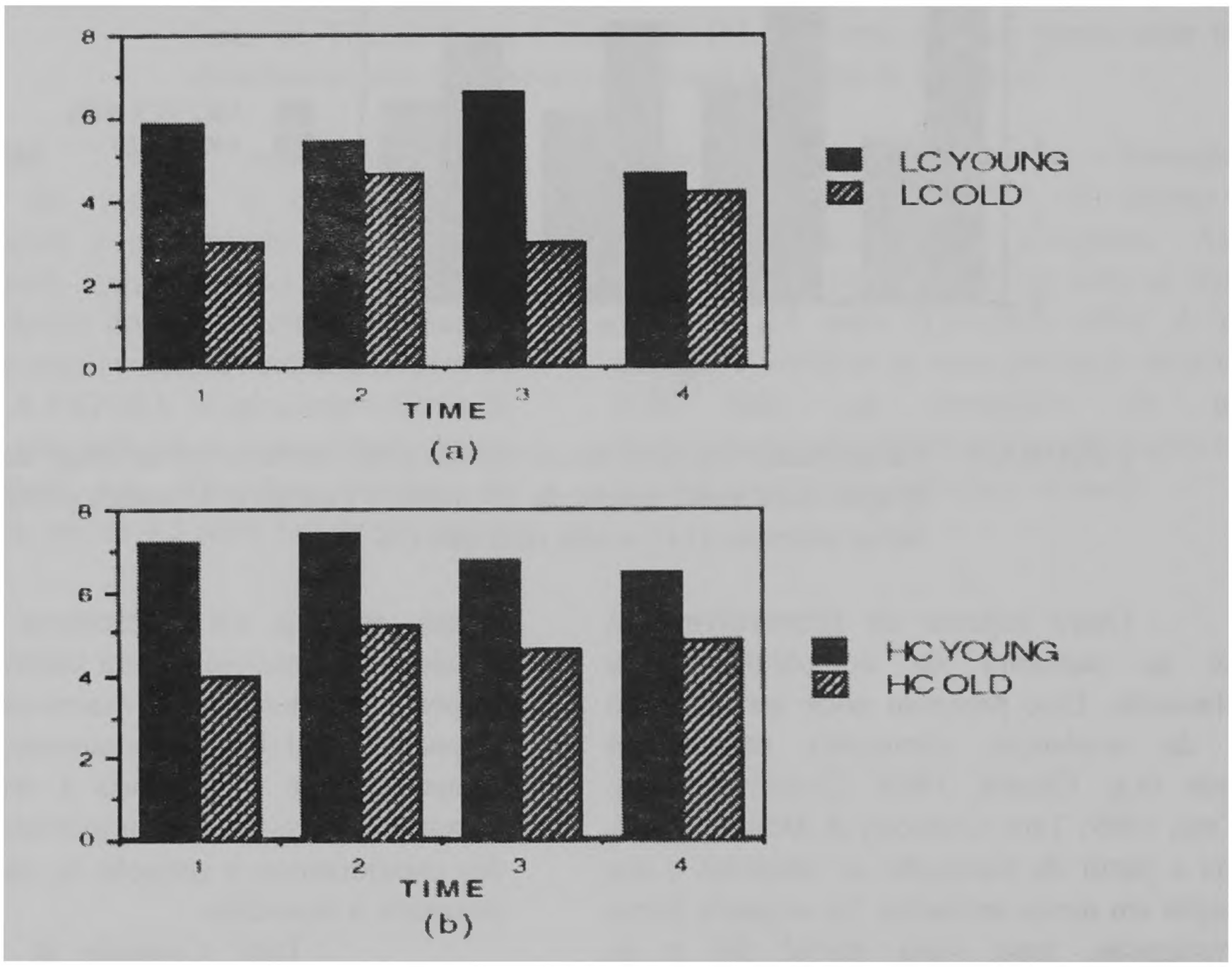


FIGURA 7 – Variabilidade nos padrões de preensão manual ao longo de dois meses nos grupos com idade média de 29 meses (Young) e 45 meses (Old), nas condições baixa restrição (LC) e alta restrição (HC).

Na condição de maior restrição (HC), os dois grupos apresentaram maior variabilidade nos padrões de preensão e de movimentos intrínsecos. A variabilidade é qualitativamente diferente nos dois grupos, além de ser utilizada com mais ênfase na condição com maior dificuldade. Os dois grupos, ao enfrentarem uma situação nova e mais difícil, procuraram soluções usando diferentes padrões ao invés de mostrar um comportamento mais estereotipado. As

crianças mostram comportamentos nos quais os graus de liberdade são explorados ao invés de serem restringidos. A descrição mais fiel é a de que houve uma relação dinâmica entre restringir e liberar os graus de liberdade de movimento. Esse processo deve estar associado à importante mudança na forma de elaboração do programa de ação como é evidenciado pelas diferenças entre os dois grupos. Os estudos sobre o desenvolvimento de habilidade manipulativas ilustram o aumento da diversificação do comportamento.

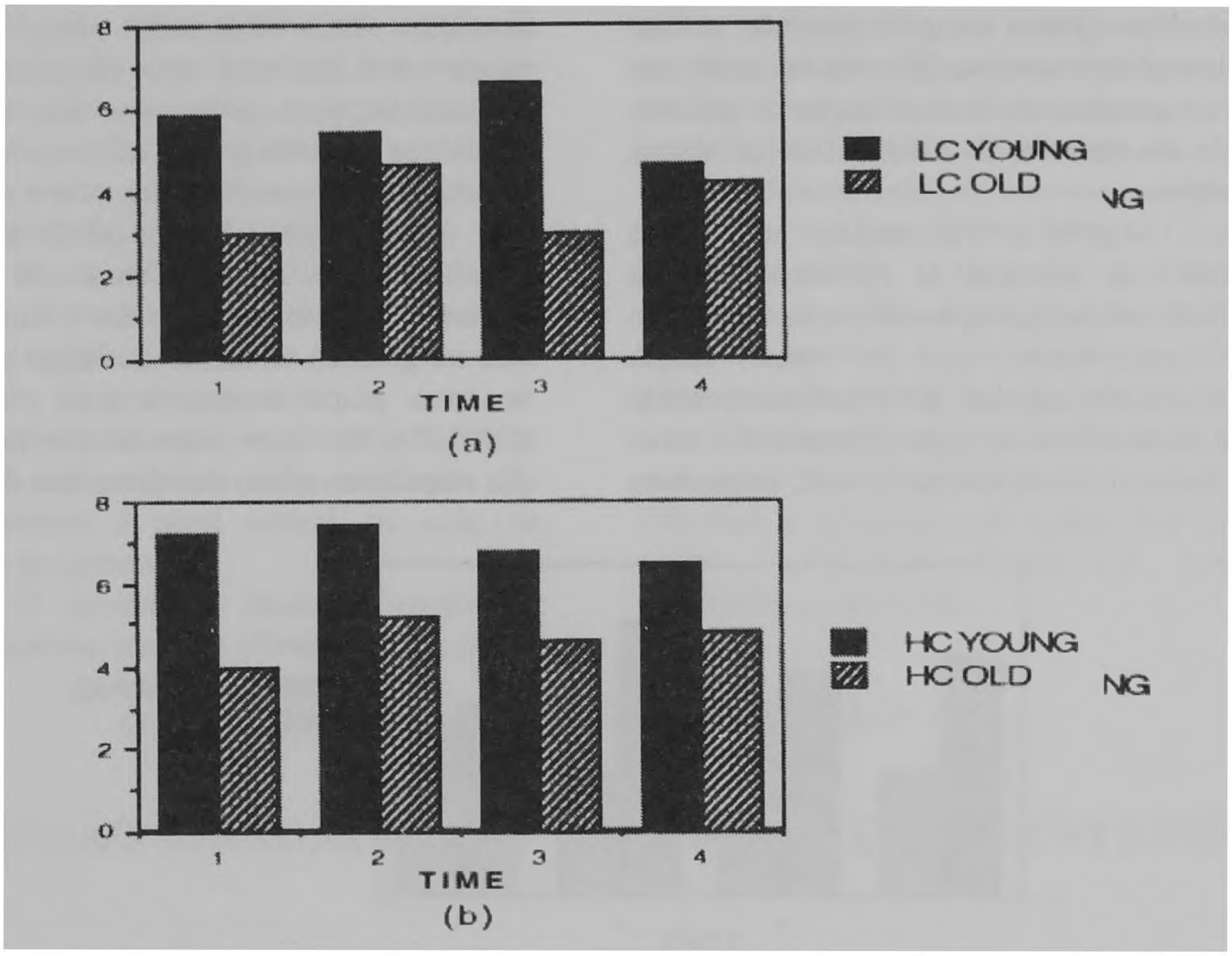


FIGURA 8 – Variabilidade nos padrões de movimentos intrínsecosl ao longo de dois meses nos grupos com idade média de 29 meses (Young) e 45 meses (Old), nas condições baixa restrição (LC) e alta restrição (HC).

Outro aspecto do desenvolvimento refere-se ao aumento da complexidade do comportamento. Esse processo pode ser estudado através de mudanças estruturais na mesma habilidade (e.g. Choshi, 1988; Choshi & Tani, 1983; Tani, 1989; Tani, Connolly & Manoel, 1996, 1997) ou a partir da formação de unidades e sua combinação em novas unidades. Na segunda forma de investigação, uma idéia inicial foi a de modularização apresentada por Bruner (1970) e Connolly (1970b, 1973). Uma das dificuldades para o desenvolvimento da proposta está ligada à definição do que é unidade numa habilidade. Manoel (1989) argumentou que a unidade modular era vista de forma estática pois só se enfatizava o seu aspecto consistente e invariável. Posteriormente, Manoel (1993) propôs que essa unidade seria consistente e variável ao mesmo tempo, ou seja, ela apresentava macro-estrutura consistente e micro-estrutura variável. Como já foi colocado anteriormente, a macro-estrutura refere-se ao padrão geral do comportamento, à interação dos componentes e é orientada à ordem. A micro-estrutura refere-se ao comportamento individual dos componentes, à variação de cada um deles e é orientada à desordem.

Tani, Connolly & Manoel (1998) apresentaram uma proposta de investigação na qual habilidades gráficas são utilizadas na identificação de unidades organizadas hierarquicamente em macro- e micro-estruturas. Os resultados favoráveis a essa concepção encontrados por Tani et alii (1998) abrem a perspectiva da investigação da unidade e de sua suposta modularidade. Utilizando-se de uma situação experimental similar, Manoel (1998b) investigou exatamente essa questão. Os

sujeitos praticaram a figura critério (FIGURA 9 a) na fase de aquisição. Na fase seguinte, era solicitada a prática de uma figura mais complexa que continha a figura critério (FIGURA 9b).

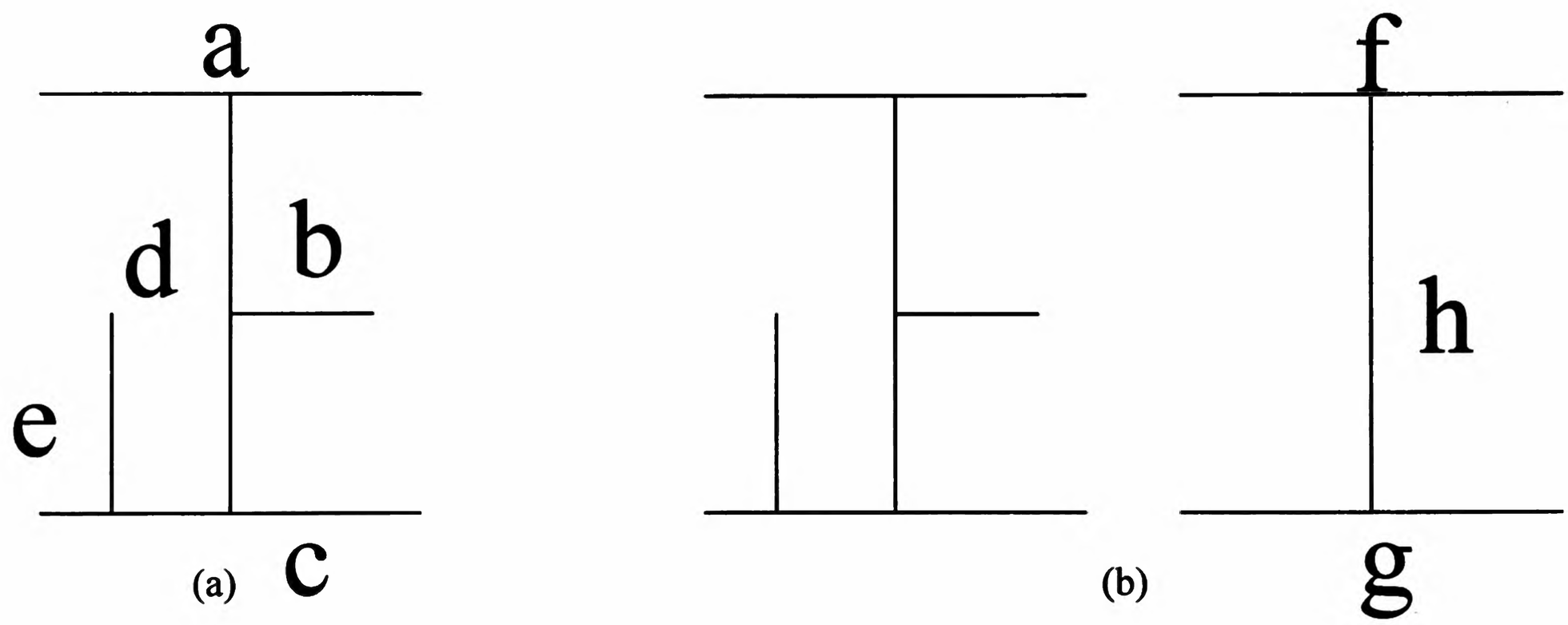
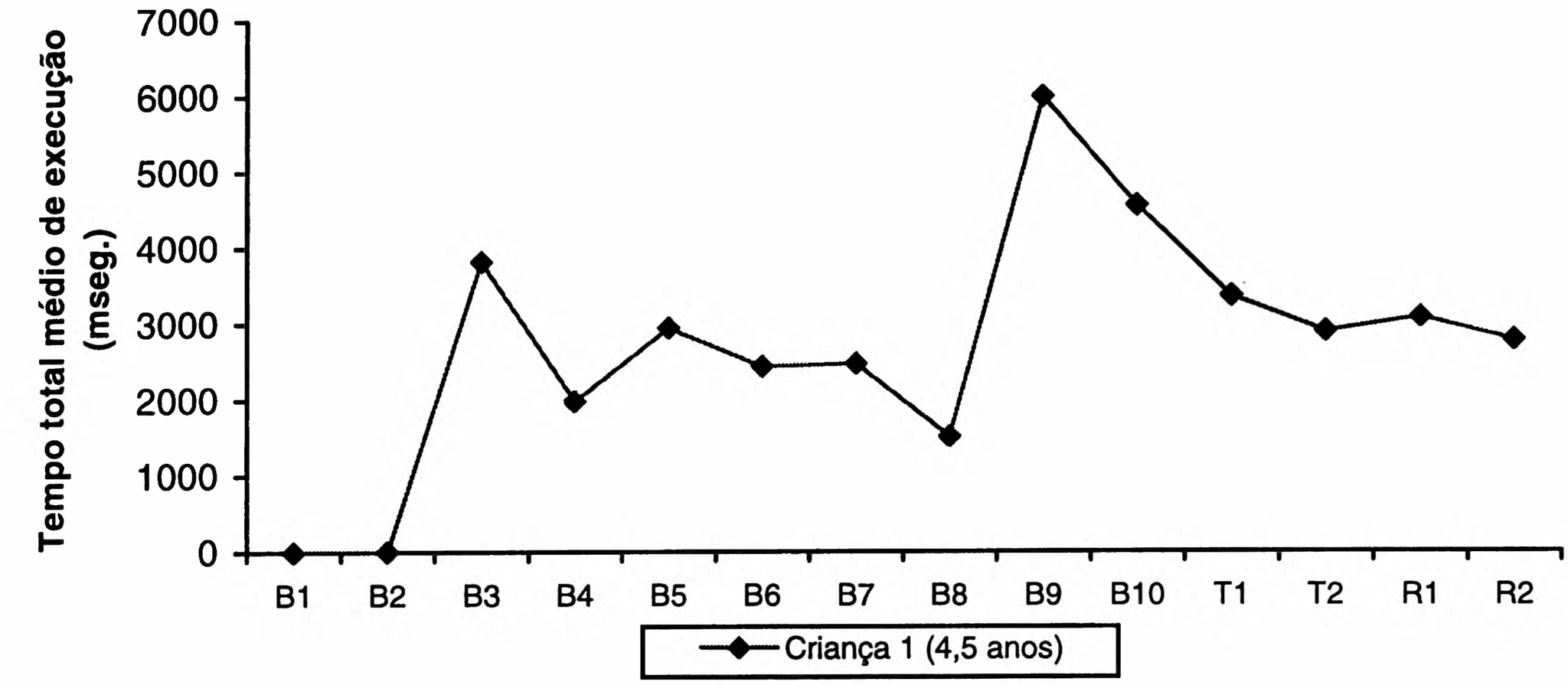
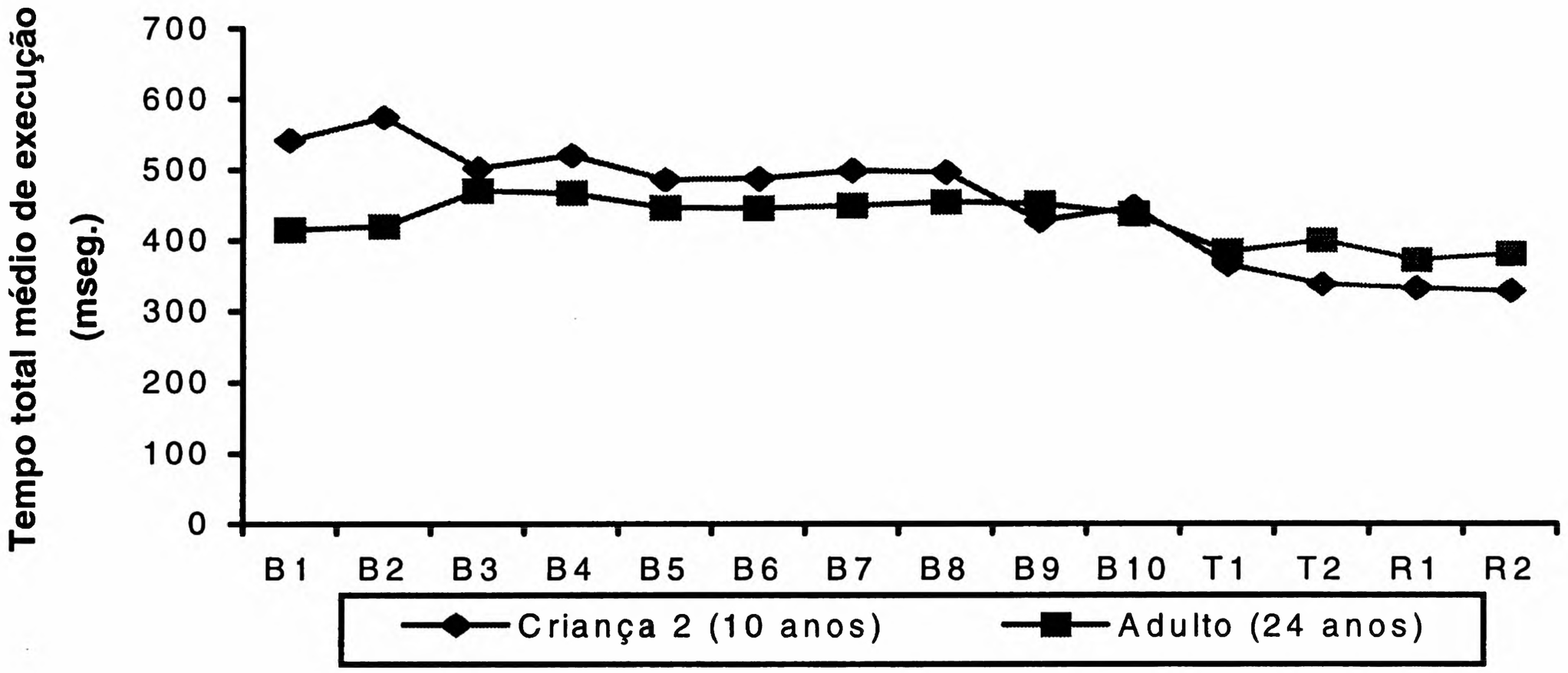


FIGURA 9 Figura critério (a) praticada na Fase de Aquisição e figura complexa praticada nas Fases de Transferência e Retenção (b), as letras indicam como cada traço foi identificado pelo programa que efetuou a análise da execução.

Um dos indicativos de modularização diz respeito à capacidade da unidade em resistir à perturbação que pode ser causada pela tarefa mais complexa. Por exemplo, um aumento drástico do tempo total de execução da unidade seria uma evidência contrária à idéia de modularização. A FIGURA 10 apresenta a curva de desempenho de três indivíduos cuja a idade sugere que eles estejam em diferentes estados de desenvolvimento, um de 4,5 anos, um de 10 anos e um de 24 anos de idade. Apenas o desempenho da criança de 4,5 anos (FIGURA 10a) parece ter sido afetado na tarefa mais complexa. Assim, a modularização foi mais efetiva para os indivíduos de 10 e 24 anos (FIGURA 10b). A próxima questão é verificar se esse processo teria ocorrido com base na formação de unidades hierarquicamente organizadas, com macro-estrutura consistente e micro-estrutura variável.



(a)



(b)

FIGURA 10 – Tempo total de execução nas fases de Aquisição (B1 a B10), Transferência (T1 e T2) e Retenção (R1 e R2) para a criança de 4,5 anos (a) e a criança de 10 anos e adulto de 24 anos (b).

Deve-se ressaltar que a identidade da unidade só é mantida caso a macro-estrutura não seja alterada de forma significativa, i.e., como pouca variabilidade. Uma medida de macro-estrutura é dada pela variabilidade do "timing" relativo (FIGURA 11). A criança de 4,5 anos apresenta maior flutuação no timing relativo do que os outros indivíduos. Com a introdução da tarefa mais complexa, o indivíduo adulto demonstra maior grau de manutenção da estrutura temporal do que as crianças. A ordem com que os traços da figura são efetuados, ou seja, o seqüenciamento, é outra medida de macro-estrutura.

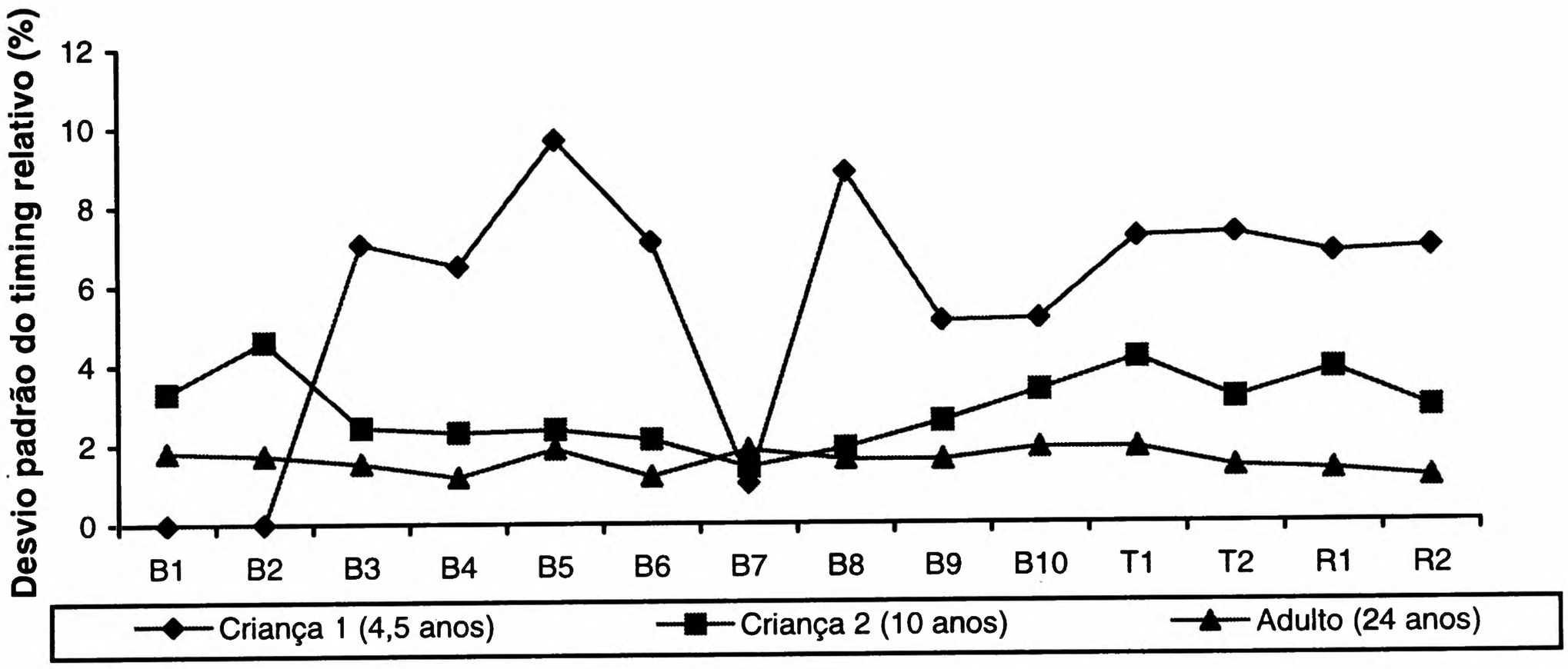


FIGURA 11 - Variabilidade do timing relativo na Fase de Aquisição (B1 a B10) e nas Fases de Transferência (T1 e T2) e Retenção (R1 e R2). Os dados referentes aos dois primeiros blocos da Fase de Aquisição do criança 1 foram perdidos.

A diminuição da variabilidade do seqüenciamento ao longo da prática reflete a formação de um padrão na interação entre os elementos do programa. A criança de 4,5 anos apresenta maior variabilidade no seqüenciamento que diminui até o final da prática (FIGURA 12). Já os indivíduos de 10 e 24 anos apresentam maior variabilidade apenas no início da prática. Com a tarefa mais complexa há pouca perturbação do seqüenciamento para as crianças de 4,5 anos e de 10 anos ou nenhuma para o indivíduo adulto.

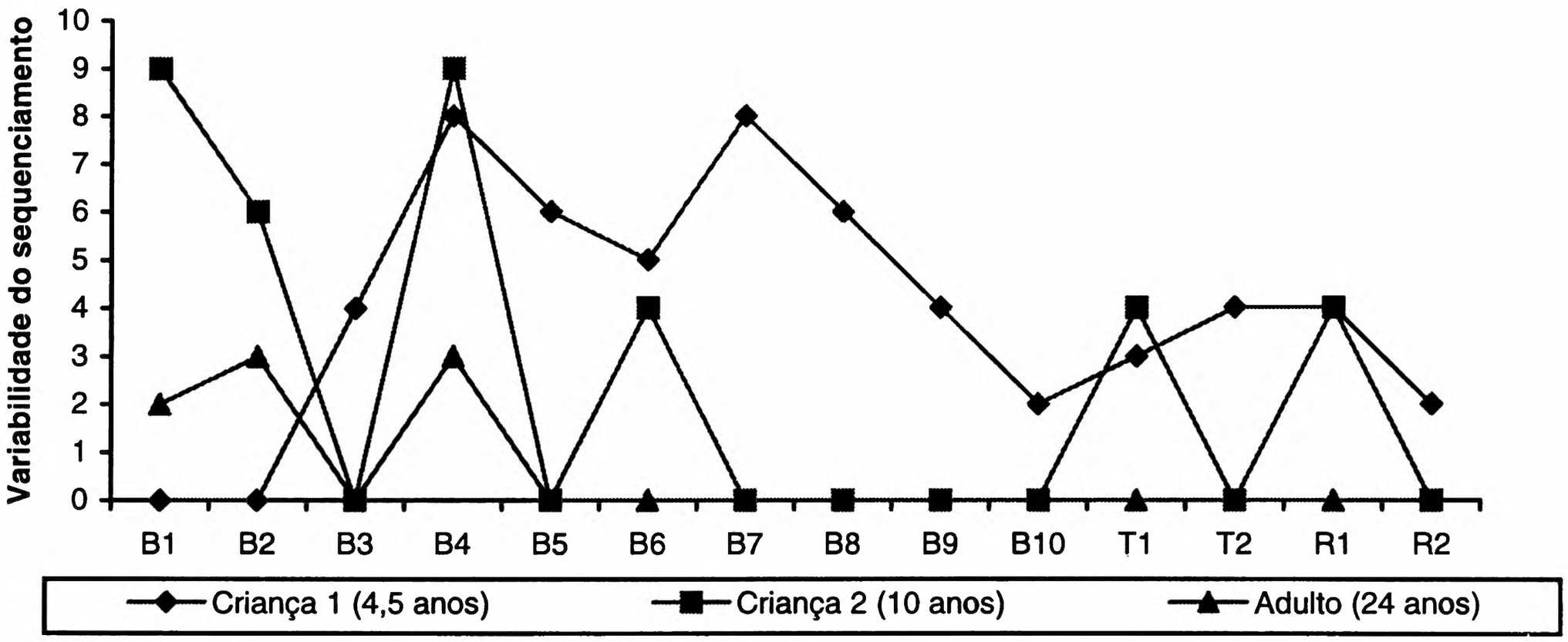
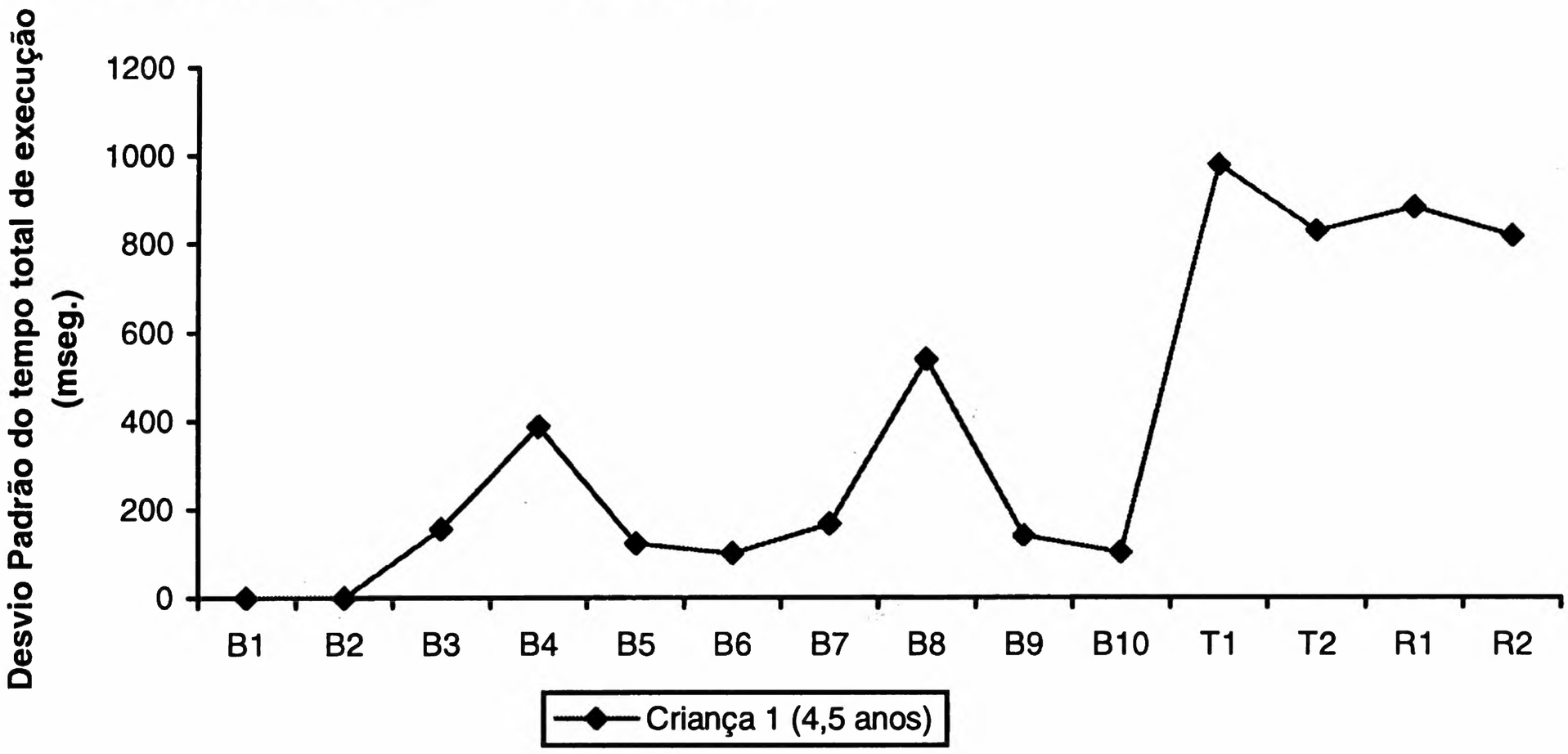
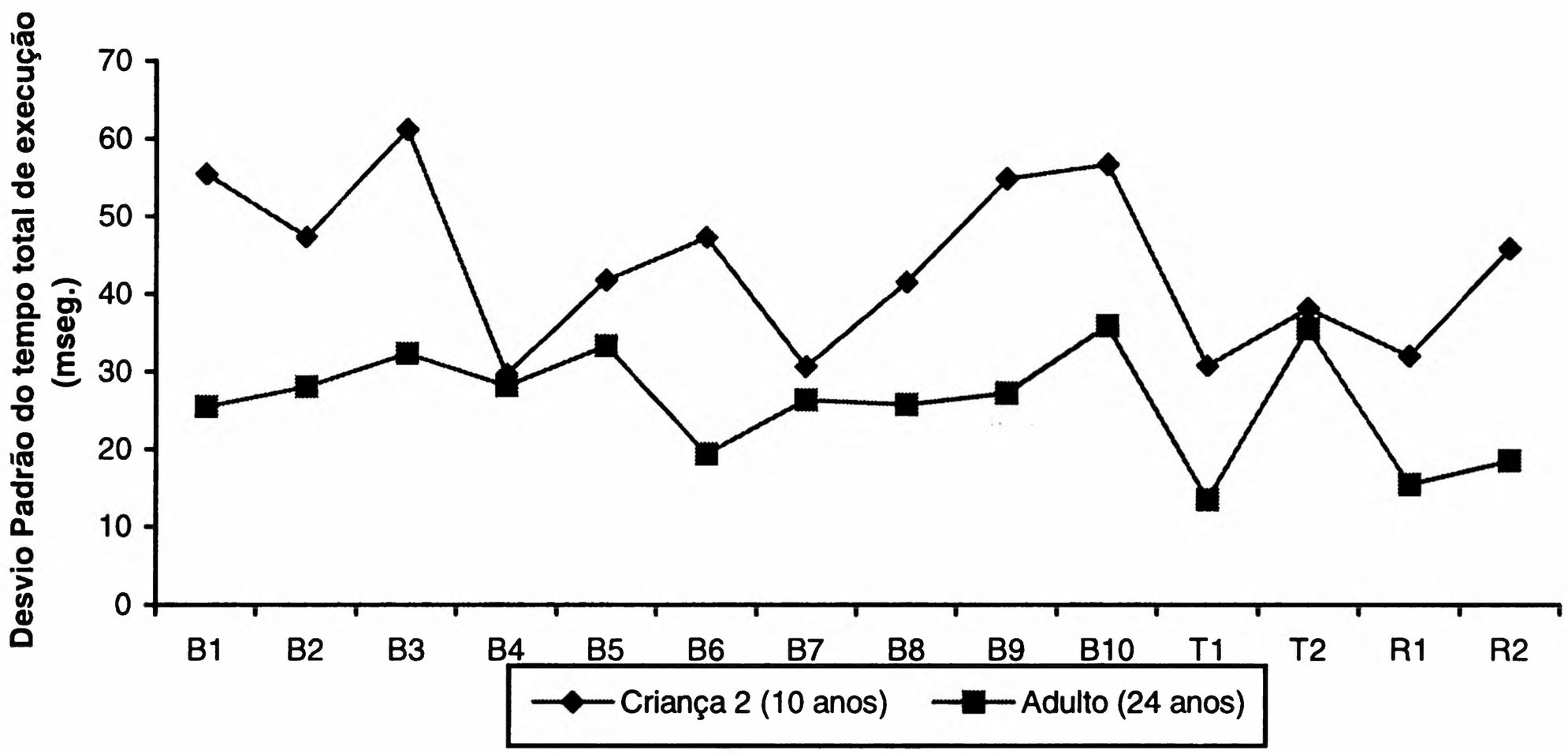


FIGURA 12 - Variabilidade do seqüenciamento nas Fases de Aquisição (B1 a B10), Transferência (T1 e T2) e Retenção (R1 e R2). Os dados do primeiro e segundo blocos da Fase de Aquisição da criança 1 foram perdidos.

A perturbação causada pela tarefa mais complexa seria contrabalançada pelo aumento de variabilidade na micro-estrutura. A variabilidade do tempo total de movimento pode ser considerada como um indicativo da micro-estrutura. A criança de 4,5 anos mostrou realmente um aumento de variabilidade na tarefa mais complexa (FIGURA 13a). Os outros indivíduos não mostraram aumentos de variabilidade (FIGURA 13b).



(a)



(b)

FIGURA 13 – Variabilidade do tempo total de execução nas fases de Aquisição (B1 a B10), Transferência (T1 e T2) e Retenção (R1 e R2) para a criança de 4,5 anos (a) e a criança de 10 anos e adulto de 24 anos (b).

Um dado qualitativo relevante refere-se ao seqüenciamento mais utilizado pelos indivíduos. O QUADRO 1 apresenta a moda do seqüenciamento para os três indivíduos em cada fase do experimento. A criança de 4,5 anos alterou o seqüenciamento nos dois últimos traços. A criança de 10 anos manteve o seqüenciamento, embora tenha mostrado sinais de maior perturbação também nos últimos traços. No conjunto, os dados apresentados permitem concluir que o indivíduo

adulto, teoricamente mais avançado em termos de desenvolvimento, foi o que mais mostrou evidências de realizar a tarefa mais complexa utilizando a unidade modular hierarquicamente organizada. As crianças de 4,5 anos e 10 anos mantiveram parcialmente a estrutura da unidade. Esses dados permitem inferir que a perturbação da estrutura ocorreu no ponto em que pode estar ocorrendo a preparação para a transposição de uma figura para a outra. Evidentemente que os dados apresentados são preliminares. De qualquer forma, é possível dizer que a abordagem metodológica é promissora no estudo da formação e reorganização de programas de ação.

QUADRO 1 - Moda do seqüenciamento nas três fases do experimento.

SUJEITOS	**FASE DE AQUISIÇÃO**	**FASE DE TRASNFERÊNCIA**	**FASE DE RETENÇÃO**
CRIANÇA 1 (4,5 anos)	ADCBE	ADC*EB*$_1$	ADC*BE*
CRIANÇA 2 (10 anos)	**ADCBE**	**ADC*B*E** *	**ADC*B*E** *
ADULTO (24 anos)	**ADCBE**	**ADCBE**	**ADCBE**

* Componentes mais perturbados no seqüenciamento.
$_1$ Componentes alterados de uma fase para outra.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente ensaio não se propôs a uma revisão exaustiva da área de Desenvolvimento Motor. Nossa intenção foi levantar algumas idéias básicas para o estudo do desenvolvimento motor. Buscou-se ilustrar essas idéias com dados de pesquisas realizadas recentemente dentro de nossas linhas de pesquisa.

A área de Comportamento Motor esteve grandemente envolvida com o duelo de abordagens na chamada controvérsia motora-ação (cf. Meijer & Roth, 1988). Em embates dessa natureza é comum pesquisadores assumirem um campo ou outro de batalha e dedicarem-se a apontar apenas as diferenças entre as abordagens, como se elas fossem de fato irreconciliáveis (cf. Manoel, 1998c). O perigo dessa situação está no entrave que se estabelece entre pontos de vista que levam, freqüentemente, à uma perda do foco do fenômeno em questão. É também com freqüência que vemos pesquisadores atribuírem ao conhecimento por eles produzido um poder ilimitado na explicação, negligenciando a falibilidade e os limites de qualquer conhecimento científico (cf. Yates, 1978).

Apesar da diversidade de dados apresentados no presente ensaio, a nossa lente para ver o fenômeno do comportamento motor foi sempre a mesma. Nossa preocupação é com aqueles problemas da chamada complexidade organizada cuja necessidade de investigação é conhecida a pelo menos 50 anos (cf. Bertalanffy, 1952; Weaver, 1948).

ABSTRACT

MOTOR DEVELOPMENT: CHANGING PATTERNS, GROWING COMPLEXITY

In the present essay we discuss the nature of motor development considering that in every developmental system we must account for permanence and change. Developmental sequences drive one's attention to the permanence. However important this may be, it falls short of explaining change in a given state. Transitions were often overlooked and indeed when they were considered, change was refereed to being linear and finite, from immature to mature and final states. Transitions occur in stable states and in a continuous manner. These states are time dependent which means that they comprise order and disorder, immaturity and maturity, variability and consistency. We argue that the notion of hierarchical order is essential

to approach the process of motor development in a dynamic mode. The concept of constraint will be discussed in regard to its role in motor development. Among many different system's components intention will be presented as an essential constraint in the emergence of new patterns. This idea will be illustrated with data from developmental studies of manual motor skills in natural and experimental settings.

UNITERMS: Motor development; Motor skill; Motor behaviour.

NOTA

O autor contou com a Bolsa de Produtividade em Pesquisa (PQ), no. do processo 300310/96-0 do CNPq durante a condução de algumas das pesquisas cujos resultados são relatados no presente artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, T.F.; STARR, T.B. **Hierarchy**: perspectives for ecological complexity. Chicago, Chicago University Press, 1982.

BERNSTEIN, N. **The co-ordination and regulation of movements**. Oxford, Pergamon, 1967.

BERTALANFFY, L. von Comments on professor Piaget's paper. In: TANNER, J.; INHELDER, B., eds. **Discussions on child development**. London, Tavistock, 1960. v.4.

_____. **Problems of life**. London, Watts, 1952.

_____ **Teoria geral dos sistemas.** Petrópolis, Vozes, 1977.

BRUNER, J.S. The growth of skill. In: CONNOLLY, K.J., ed. **Mechanisms of motor skill development.** London, Academic Press, 1970.

CHOSHI, K.; TANI, G. Stable system and adaptive system in motor learning. In: JAPANESE ASSOCIATION OF BIOMECHANICS, ed. **The science of movement V**. Tokyo, Kyorin, 1983. p.346-51. [in Japanese].

CLARK, J.E.; WHITALL, J. What is motor development? The lessons of history. **Quest**, v.41, p.183-202, 1989.

CONNOLLY, K.J. Factors influencing the learning of manual skills by young children. In: HINDE, R.; STEVENSON-HINDE, J., eds. **Constraints on learning**. London, Academic Press, 1973.

_____., ed. **Mechanisms of motor skill development**. London, Academic Press, 1970a.

_____. Movement, action and skill. In: HOLT, K., ed. **Movement and child development**. London, Heinemann, 1975.

_____ A perspective on motor development. In: WADE, M.G.; WHITING, H.T.A., eds. **Motor development in children**: aspects of coordination and control. Dordrecht, Martinus Nijhoff, 1986.

_____. Skill development: problem and plans. In: CONNOLLY, K.J., ed. **Mechanisms of motor skill development**. London, Academic Press, 1970b.

CONNOLLY, K.J.; DALGLEISH, M. The emergence of a tool using skill in infancy. **Developmental Psychology**, v.25, p.894-912, 1989.

CONNOLLY, K.J.; ELLIOTT, J. The evolution and ontogeny of hand function. In: BLURTON-JONES, N., ed. **Ethological studies of child behaviour**. Cambridge, Cambridge University Press, 1972

CONNOLLY, K.J.; MANOEL, E.J. Hierarchies and tool-use strategies. **Behavioral and Brain Sciences**, v.14, p.554-5, 1991.

ELLIOTT, J.; CONNOLLY, K.J. Hierarchical structure in skill development. In: CONNOLLY, K.J.; BRUNER, J.S., eds. **The growth of competence**. London, Academic Press, 1974.

GALLAHUE, D.; OZMUN, J. **Understanding motor development**. 3.ed. Madison, Brown & Benchmark, 1995.

GOTTLIEB, G. **Individual development and evolution**: the genesis of novel behavior. New York, Oxford University Press, 1992.

HAKEN, H. **Synergetics**: an introduction. 2.ed. Berlin, Springer Verlag, 1983.

HINDE, R. Discussion on Connolly's skill development: problems and plans. In: CONNOLLY, K.J., ed. **Mechanisms of motor skill development**. London, Academic Press, 1970

JEANNEROD, M. **The cognitive neuroscience of action**. Cambridge, MIT Press, 1996.

KAY, H. Analysing motor skill performance. In: CONNOLLY, K.J., ed. **Mechanisms of motor skill development**. London, Academic Press, 1970.

KEOGH, J.F The study of movement skill development. **Quest**, v.28, p.76-88, 1977.

KOESTLER, A. Beyond atomism and holism: the concept of holon. In: KOESTLER, A.; SMYTHIES, J., eds. **Beyond reductionism**. London, Hutchinson, 1969.

_____ **The ghost in the machine**. London, Hutchinson, 1967.

KUHN, T.S. **The structure of scientific revolutions**. Chicago, Chicago University Press, 1970.

LEWONTIN, R. Genes, ambiente e organismos. In: SILVERS, R.B., org. **Histórias esquecidas da ciência**. Rio de Janeiro, Paz & Terra, 1997.

LORENZ, K. Knowledge, belief and freedom. In: WEISS, P., ed. **Hierarchically organized systems in theory and practice**. New York, Hafner, 1971.

MANOEL, E.J. **Adaptive control and variability in the development of skilled actions**. Unpublished Doctoral Dissertation. Sheffield, 1993. Department of Psychology, University of Sheffield.

_____ A continuidade e a progressividade no processo de desenvolvimento motor. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v.2, n.2, p.32-8, 1988.

_____ **Desenvolvimento do comportamento motor humano**: uma abordagem sistêmica. São Paulo, 1989. Dissertação (Mestrado) – Escola de Educação Física, Universidade de São Paulo.

_____. Estudo do comportamento motor: Paradigma divergentes ou temas diferentes? **Boletim do Laboratório de Comportamento Motor**, v.5, n.1, p.4-6, 1998c.

_____.. **Modularização, organização hierárquica e variabilidade na aquisição de habilidades motoras**. São Paulo, 1998b. Tese (Livre Docência) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo.

_____. O que é ser criança? Contribuições de uma visão dinâmica do desenvolvimento motor. In: KREBS, K.; COPETTI, F.; BELTRAME, T., eds. **Discutindo o desenvolvimento infantil**. Santa Maria, Pallotti, 1998a.

_____. Questões para uma teoria do desenvolvimento motor. **Boletim do Laboratório de Comportamento Motor**, v.3, 1996.

MANOEL, E.J.; CONNOLLY, K.J. Variability and the development of skilled actions. **International Journal of Psychophysiology**, v.19, p.129-47, 1995.

_____. Variability and stability in the development of skilled actions. In: CONNOLLY, K.J.; FORSSBERG, H., eds. **Neurophysiology and neuropsychology of motor development**. London, Mac Keith, 1997.

_____ The development of manual dexterity in young children. In: CONNOLLY, K.J., ed. **The psychobiology of the hand**. London, Mac Keith/Cambridge University Press, 1998.

McGRAW, M. **The neuromuscular maturation of the human infant**. New York, Columbia University Press, 1945.

MEIJER, O.; ROTH, P. **Complex movement actions**: the motor-action controversy. Amsterdam, North Holland, 1988.

MESAROVIC, M.; MACKO, D.; TAKAHARA, Y. **Theory of hierarchical, multilevel systems**. New York, Academic Press, 1970.

MILLER, J. **Living systems**. New York, Mc Graw Hill, 1978.

NEWELL, K. Constraints on the development of coordination. In: WADE, M.G.; WHITING, H.T.A., eds. **Motor development in children**: aspects of coordination and control. Dordrecht, Martinus Nijhoff, 1986.

PINARD, A.; LAURENDEAU, M. "Stage" in Piaget's cognitive-development theory. In: ELKIND, D.; FLAVELL, J., eds. **Studies in cognitive development**: essays in honor of Jean Piaget. New York, Oxford University Press, 1969.

PRECHTL, H. The importance of fetal movements. In: CONNOLLY, K.J.; FORSSBERG, H., eds. **Neurophysiology and neuropsychology of motor development**. London, Mac Keith, 1997.

PRIGOGINE, I. **Introduction to thermodynamics of irreversible process**. New York, Interscience, 1961.

REQUIN, J. From action representation to movement control. In: STELMACH, G.; REQUIN, J., eds. **Tutorials in motor behaviour II**. Amsterdam, North Holland, 1992.

SALTHE, S.N. **Evolving hierarchies systems**. Columbia, Columbia University Press, 1985.

SCHOLZ, C. The architecture of hierarchy. **General Systems**, v.27, p.283-9, 1982.

SEEFELDT, V. Developmental motor patterns: Implications for elementary school physical education. In: NADEAU, C. et alii, eds. **Psychology of motor behavior and sport – 1979**. Champaign, Human Kinetics, 1980.

SIMON, H.A **The sciences of the artificial**. 2.ed. Cambridge, MIT Press, 1981.

TANI, G. Educação física na pré-escola e nas quatro primeiras séries do primeiro grau: uma abordagem desenvolvimentista I. **Kinesis**, v.3, p.19-41, 1987.

TANI, G.; CONNOLLY, K. J.; MANOEL, E.J. **Hierarchical organisation and pattern formation in the acquisition of a graphic skill**. S.l., 1998. [Technical report].

_____. Sistema antecipatório e o processo adaptativo na aquisição de uma habilidade motora seriada de rastreamento em função da idade. In: SIMPÓSIO PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, 6., Rio Claro, 1997. **Anais**. Rio Claro, Departamento de Educação Física/UNESP, 1997. p.46.

_____. Sistema antecipatório e o processo adaptativo na aquisição de uma habilidade motora seriada de rastreamento. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 20., São Caetano do Sul, 1996. **Anais**. São Paulo, Centro de Estudos do Laboratório de Aptidão Física de São Caetano do Sul, 1996. p.91

TANI, G.; MANOEL, E.J.; KOKUBUN, E.; PROENÇA, J.E. **Educação física escolar**: fundamentos para uma abordagem desenvolvimentista. São Paulo, EPU/EDUSP, 1988.

THELEN, E. Development of coordinated movement: Implications for early human development. In: WADE, M.; WHITING, H.T.A, eds. **Motor development in children**: aspects of coordination and control. Dodrecht, Martinus Nijhoff, 1986.

_____ Rhythmical behavior in infancy: an ethological perspective. **Developmental Psychology**, v.17, p.237-57, 1981.

THELEN, E.; CORBETTA, D.; KAMM, K.; SPENCER, J.; SCHNEIDER, K.; ZERNICKE, R. The transition to reaching: mapping intention and intrinsic dynamics. **Child Development**, v.64, p.1058-98, 1993.

THELEN, E.; FISCHER, D. From spontaneous to instrumental behavior: kinematic analysis of movement changes during very early learning. **Child Development**, v.54, p.129-40, 1983.

TOUWEN, B. Primitive reflexes: conceptional or semantic problem? In: PRECHTL, H., ed. **Continuity of neural functions from prenatal to postnatal life**. London, SIMP, 1984. p.115-25.

TREVARTHEN, C. Brain development. In: GREGORY, R.; ZANGWILL, O.L, eds. **Oxford companion to the mind**. Oxford, Oxford University Press, 1987.

TURVEY, M.; FITCH, H.; TULLER, B. The Bernstein perspective: I. The problem of degrees of freedom, coordinative structures and coalitions. In: KELSO, J.A.S., ed. **Human motor behavior**: an introduction. Hillsdale, Lawrence Erlbaum, 1982.

VALSINER, J. **Culture and the development of children's action**. 2.ed. Chichester, John Wiley, 1997.

WEISS, P. Living systems: determinism stratified. In: KOESTLER, A.; SMYTHIES, J., eds. **Beyond reductionism**. London, Hutchinson, 1969.

_____. One plus one does not equal two. In: QUARTON, G.; MELNECHUK, T.; SCHMIDT, F., eds. **The neurosciences**: a study program. New York, Rockfeller Univesity Press, 1967.

WILD, M. The behavior pattern of throwing and some observations concerning its course of development in children. **Research Quarterly**, v.9, p.20-4, 1938.

YATES, F.E. Complexity and the limits to knowledge. **American Journal of Physiology**: Regulatory Integrative, Comparative Phsysiology, v.4, n.3, p.R201-4, 1978.

ENDEREÇO: Edison de Jesus Manoel
Laboratório de Comportamento Motor
Depto. de Pedagogia do Movimento do Corpo Humano
Escola de Educação Física e Esporte – USP
Av. Prof. Mello Moraes, 65
05508-900 – São Paulo – SP - BRASIL

CDD. 20.ed.152.334

PROCESSO ADAPTATIVO EM APRENDIZAGEM MOTORA: O PAPEL DA VARIABILIDADE

Go TANI*

RESUMO

O objetivo desta apresentação é sintetizar alguns estudos experimentais realizados recentemente no Laboratório de Comportamento Motor (LACOM) para testar os principais pressupostos de um modelo teórico que trata da aquisição de habilidades motoras como um processo adaptativo. Segundo esse modelo teórico, a aquisição de habilidades motoras é um processo cíclico e dinâmico de estabilidade-instabilidade-estabilidade que resulta em crescente complexidade. Assim, considera-se não apenas a estabilização, mas também a adaptação como fases constituintes do mesmo processo. O problema central é considerar como consistência e variabilidade são conciliados numa mesma estrutura. Propõe-se, então, que através da prática é formado um programa de ação organizado hierarquicamente em dois níveis: a macro-estrutura que é expressa nos aspectos invariantes da habilidade motora estando assim relacionada à consistência, e a micro-estrutura expressa nos aspectos variantes da habilidade motora estando relacionada, portando, à desordem e à variabilidade. Dois estudos experimentais são descritos, um envolvendo uma tarefa de controle de força de preensão manual, e outro com uma tarefa de posicionamento linear com reversão. Os resultados foram, de uma forma geral, favoráveis às predições do modelo teórico proposto, porém, para que ele seja aperfeiçoado, é necessária a realização de novos estudos.

UNITERMOS: Processo adaptativo; Aprendizagem motora; Comportamento motor; Habilidade motora.

PALAVRAS INICIAIS

O processo adaptativo em aprendizagem motora tem sido o foco de nossas preocupações acadêmicas nos últimos 20 anos. Nessa oportunidade, procuraremos apresentar uma pequena síntese dos estudos experimentais realizados mais recentemente para testar os principais pressupostos do modelo teórico. Portanto, o objetivo dessa intervenção não é discutir em detalhes resultados de um estudo específico, mas sim apresentar uma idéia do conjunto de trabalhos realizados sobre o assunto. Para alcançar esse objetivo, o primeiro ponto que necessita ser esclarecido é, naturalmente, o próprio modelo teórico. Afinal, o que se entende por processo adaptativo em aprendizagem motora? O que ele apresenta de novo em relação às teorias correntes?

A aquisição de habilidades motoras é por natureza um processo dinâmico e complexo. Entretanto, as teorias correntes de aprendizagem motora explicam apenas uma parte desse processo, qual seja, a estabilização da "performance" que se caracteriza por um processo homeostático (equilíbrio) alcançado via *"feedback"* negativo (Adams, 1971; Schmidt, 1975). Processos baseados em *"feedback"* negativo, ou mecanismo de neutralização do desvio (Maruyama, 1963), são capazes de manter a estrutura ou ordem, mas são incapazes de conduzir a uma nova estrutura, visto que para tanto, é necessário desestabilização. A

* Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

automatização, vista como a fase final do processo de aprendizagem motora pelas teorias correntes, é um exemplo típico de estabilização.

Recentes meta-teorias da ciência têm enfatizado que, em sistemas abertos, a formação de novas estruturas pressupõe instabilidade ou quebra de estabilidade. Nessa perspectiva, a aquisição de habilidades motoras melhor se explicaria se vista como um processo cíclico e dinâmico de estabilidade-instabilidade-estabilidade, que resulta em crescente complexidade. Com esse "*background*" teórico, Choshi (1978, 1981, 1982), Choshi & Tani (1983), Tani (1982, 1989) e Tani, Bastos, Castro, Jesus, Sacay & Passos (1992) têm proposto um modelo de não-equilíbrio em aprendizagem motora em que dois processos fundamentais são considerados: estabilização e adaptação. O primeiro é aquele em que se busca, como a própria palavra indica, a estabilidade funcional que resulta na padronização espacial e temporal do movimento, isto é, na formação de uma estrutura. Movimentos inicialmente inconsistentes vão sendo gradativamente refinados até se alcançar padrões de movimento precisos e consistentes. Nesse processo, o elemento fundamental é o "*feedback*" negativo, ou seja, mecanismo de redução do erro.

O segundo é aquele em que se procura adaptações às novas situações ou tarefas motoras (perturbação), mediante a aplicação das habilidades já adquiridas. Nesse processo exige-se modificações na estrutura da habilidade já adquirida, e sua posterior reorganização num nível superior de complexidade. Existem perturbações para as quais a adaptação se faz pela flexibilidade inerente à estrutura adquirida, ou seja, pela mudança de parâmetros do movimento. Entretanto, existem perturbações de tal envergadura que por mais que haja disponibilidade na estrutura, não há condições de adaptar-se. Nesse caso, exige-se uma reorganização da própria estrutura que, quando concluída, reflete uma mudança qualitativa do sistema (Tani, 1982).

Quando a aprendizagem motora é vista apenas como um processo de estabilização de "performance", a aleatoriedade, a variabilidade, o ruído, a desordem, ou seja, aqueles fatores relacionados com a entropia positiva são elementos que necessitam ser reduzidos ou eliminados via "*feedback*" negativo para que a estabilização ocorra. Entretanto, quando a aprendizagem motora é vista como um processo além da estabilização, isso é, como processo adaptativo, esses fatores de desordem necessitam ser reconsiderados (Manoel, 1993; Manoel & Connolly, 1995, 1997; Tani, 1995; Tani et alii, 1992).

VARIABILIDADE E ORGANIZAÇÃO HIERÁRQUICA DE UM PROGRAMA DE AÇÃO

Consistência e variabilidade têm sido reconhecidas como a "marca registrada" de ações habilidosas (Connoly, 1977; Glencross, 1980; Turvey, 1977). A consistência é necessária para se alcançar resultados com confiabilidade e a variabilidade é fundamental para fazer frente às condições ambientais em constante mudança. Portanto, a estrutura responsável por essas ações habilidosas deve contemplar essas duas características básicas. As questões que depreendem dessa proposição são as seguintes: a) como essas características aparentemente contraditórias podem ser conciliadas dentro de uma mesma estrutura?; b) como essa estrutura é adquirida com a prática? e c) como, a partir dessa estrutura adquirida, formam-se estruturas ainda mais complexas?

Considerando que o problema central é como conciliar consistência e variabilidade numa mesma estrutura, a questão básica parece ser como lidar com o problema da variabilidade na organização de ações motoras. Como se sabe, no passado, a variabilidade foi considerada um aspecto do padrão de movimentos que necessitava ser reduzido ou até mesmo eliminado para que a consistência pudesse ser alcançada. Todavia, as abordagens recentes têm enfatizado o papel construtivo da variabilidade na organização de ações motoras (veja, por exemplo, Manoel & Connolly, 1995, 1997; Newell & Corcos, 1993) e essa tendência é, na realidade, um reflexo de uma tendência mais geral, na ciência como um todo, em reconsiderar o papel dos fatores relacionados à desordem como variabilidade, instabilidade e flutuações em sistemas dinâmicos (veja, por exemplo, Conrad, 1983; Haken, 1977; Jantsch, 1980; Kauffman, 1992; Prigogine & Stengers, 1984; Yates, 1987).

Para investigar essas questões temos realizado estudos experimentais em que habilidades gráficas têm sido utilizadas como tarefa motora. Dois estudos foram conduzidos, o primeiro com sujeitos adultos e o segundo com crianças (Tani, Connolly & Manoel, 1998; Tani, Corrêa, Lustosa

de Oliveira & Benda, 1999a, 1999b, 1999c). Nesses estudos, procurou-se analisar as mudanças concernentes à consistência e variabilidade de "performance" que ocorrem como resultado da prática, com o objetivo de investigar a organização de um programa de ação que contemplasse ao mesmo tempo essas duas características aparentemente contraditórias. Levando-se em consideração a concepção hierárquica de um programa de ação estruturado em dois níveis - macroscópico e microscópico - que incorpora tanto aspectos variantes (micro) como invariantes (macro), esses estudos procuraram analisar as mudanças de "performance" por meio de medidas relacionadas tanto a aspectos variantes como invariantes que têm sido extensivamente estudados na literatura. Seguindo as colocações de Heuer (1988) em relação a uma análise rigorosa de Gentner (1982) aos resultados de "timing" relativo apresentados por Viviani & Terzuolo (1980), os aspectos variantes e invariantes foram considerados no sentido probabilístico (relativo) e não determinístico (absoluto) (Heuer, 1991). Dessa forma, é importante enfatizar que não foi de interesse descobrir se há aspectos variantes e invariantes na organização de ações motoras, mas sim como esses aspectos mudam como conseqüência da prática.

Embora as interpretações de aspectos variantes e invariantes mudem de acordo com a posição teórica adotada (veja, por exemplo, as diferentes interpretações de "timing" relativo feitas por Schmidt, 1985 e por Zanone & Kelso, 1991), a existência desses aspectos na organização de ações habilidosas tem sido fortemente sustentada por evidências empíricas (Kelso, Southard & Goodman, 1979; Schmidt, 1980, 1985). Dentro desse contexto, o "timing" relativo, a força relativa e o seqüenciamento têm sido identificados como aspectos que permanecem relativamente inalterados ao longo das tentativas. Por outro lado, o tempo de movimento, a força total e a seleção de músculos têm sido considerados aspectos que mudam de tentativa para tentativa.

Em resumo, foi assumido que os aspectos invariantes de ações habilidosas expressam a macro-estrutura de um programa de ação e, nesse sentido, o seqüenciamento, a dimensão relativa, o "timing" relativo e o tempo relativo de pausa foram selecionados como suas medidas representativas. A micro-estrutura, por outro lado, está relacionada a aspectos variantes de modo que a dimensão total, o tempo total de movimento e o tempo total de pausa foram considerados como suas medidas representativas.

Para testar essas predições, um delineamento experimental composto de três fases de aprendizagem foi utilizado: a) uma fase de aquisição que envolve um número de tentativas para alcançar-se a estabilização; b) uma fase de transferência em que a tarefa foi modificada e c) uma fase de retenção em que os sujeitos foram testados na mesma tarefa da fase de aquisição, após um período sem prática. A justificativa para esse tipo de abordagem é que quando a dimensão do padrão gráfico e a sua velocidade de execução forem modificados na fase de transferência (mudança de parâmetros), se a consistência da macro-estrutura não for afetada, - ou seja, não ocorrer mudança significante no sequenciamento, na dimensão relativa, no "timing" relativo e no tempo relativo de pausa, e o mesmo nível de "performance" for mantido na fase de retenção - isso poderá ser uma evidência de aquisição de um programa de ação com estrutura macroscópica e microscópica. Da mesma forma, quando a estrutura do padrão gráfico for modificada na fase de transferência, se a consistência da macro-estrutura for afetada, ou seja, ocorrer um aumento de variabilidade no seqüenciamento, na dimensão relativa, no "timing"! relativo e no tempo relativo de pausa, e o mesmo nível de variabilidade for mantido na fase de retenção, isso poderá também ser uma evidência de aquisição de um programa de ação com estrutura macroscópica e microscópica. Naturalmente, em ambos os casos, a micro-estrutura deverá mudar, ou seja, na fase de transferência deverá haver um aumento de variabilidade na dimensão total, no tempo total de movimento e no tempo total de pausa.

Os resultados dos dois estudos foram, de uma forma geral, favoráveis às predições e deram sustentação à proposição de um programa de ação organizado hierarquicamente em que a macro-estrutura é orientada à ordem (aspectos invariantes, consistência) e a micro-estrutura à desordem (aspectos variantes, variabilidade). Para dar continuidade à mesma linha de pesquisa, está em desenvolvimento um novo projeto que pretende investigar o processo adaptativo na aquisição de habilidades motoras gráficas, ou seja, como a partir dessa estrutura pode-se formar estruturas mais complexas.

VARIABILIDADE E PROCESSO ADAPTATIVO EM APRENDIZAGEM MOTORA

Novos *"insights"* podem ser obtidos quando pensamos sobre a aquisição de habilidades motoras como um processo adaptativo. Geralmente, estamos acostumados a pensar sobre processo adaptativo acontecendo como resultado da ação de alguma força ou entidade externa, ou seja, uma perturbação que provoca de fora para dentro, mudanças na estrutura interna do sistema. Por que não pensar na emergência de um padrão como resultado de um processo intrínseco, ou seja, adaptação às perturbações geradas pelo próprio sistema e tentar identificar as condições que possibilitam ou facilitam esse processo?

Dentro dessa idéia, é plausível especular que se a formação de uma nova estrutura a partir de uma estrutura já existente pressupõe instabilidade no sistema, a variabilidade, enquanto um fator de instabilidade, desempenharia um papel importante no processo adaptativo. Para responder a essa questão foram realizados dois estudos experimentais, o primeiro com a utilização de uma tarefa de controle da força de preensão manual (dinamômetro digital) e o segundo utilizando-se de uma tarefa de posicionamento linear com reversão.

O objetivo do primeiro estudo (Benda, Corrêa, Lustosa de Oliveira & Tani,1998; Tani, Benda, Corrêa & Lustosa de Oliveira, 1998) foi investigar o efeito da variabilidade em diferentes níveis de estabilização no processo adaptativo. Três grupos experimentais foram constituídos: pré-estabilização, estabilização e superestabilização. O experimento foi desenvolvido em duas fases: estabilização e adaptação. Os três grupos realizaram, respectivamente, 5, 30 e 90 tentativas na fase de inicial, procurando exercer uma força correspondente a 60% da força máxima. Na fase de adaptação todos os grupos realizaram 20 tentativas com uma força correspondente a 40% da força máxima. Os resultados sugeriram que a variabilidade observada antes e depois da estabilização (desvio padrão do erro absoluto em um determinado bloco de tentativas) são de natureza distintas e que o aumento da variabilidade observado após a estabilização não prejudica a adaptação à nova tarefa.

No segundo estudo (Benda, Tani & Corrêa, 1997; Tani, Benda & Corrêa, 1997, 1998) foi adotado o mesmo delineamento experimental do estudo anterior, com três grupos experimentais (pré-estabilização, estabilização e superestabilização) e duas fases de experimento (estabilização e adaptação). Os três grupos experimentais realizaram, respectivamente, 15, 50 e 150 tentativas na fase de estabilização. Na fase de adaptação todos os grupos realizaram 30 tentativas. Na fase de estabilização, os sujeitos moviam o cursor 50 cm, recolocavam-no no ponto inicial e, em seguida, moviam-no 30 cm. Na fase de adaptação, a distância a ser atingida após o retorno do cursor ao ponto inicial foi alterada de 30 para 20 cm, caracterizando uma perturbação. Os resultados mostraram que o alcance da estabilização é importante para a adaptação e que o aumento da flutuação da variabilidade após a estabilização não caracteriza inconsistência, mas um possível indicador de redundância do sistema.

VARIABILIDADE DE PRÁTICA E PROCESSO ADAPTATIVO EM APRENDIZAGEM MOTORA

Uma outra questão que temos tentado atacar é se a adaptação ocorre em razão da flexibilidade da estrutura em forma de regras abstratas ou da flexibilidade via redundância do sistema. O problema de redundância pode ser abordado de duas formas: a) como fonte de complicados problemas computacionais que o SNC necessita solucionar, ou seja, o problema dos graus de liberdade (Bernstein, 1967); b) como fonte de adaptabilidade, ou seja, como uma reserva de capacidade que permite ao ser humano responder à perturbação.

Interpretando a redundância como fonte de adaptabilidade (b), temos realizado uma série de estudos em relação a tipo de prática que favorece a sua aquisição. Enquanto as teorias correntes têm defendido que a formação de estruturas flexíveis é favorecida pela prática variada, nós temos hipotetizado que a redundância do sistema é favorecida pela prática constante.

Para testar essa hipótese, foi realizado um estudo (Corrêa, Tani & Benda, 1998; Tani, Corrêa & Benda, 1998) com a utilização de uma tarefa de controle da força de preensão manual. Quatro grupos foram constituídos de acordo com o tipo de prática: prática constante, prática aleatória, prática constante-aleatória e prática aleatória-constante. Foi manipulada a quantidade da força de preensão (20, 40, 60 e 80%

da força máxima) de acordo com a situação experimental de cada grupo. O experimento contou com duas fases: estabilização e adaptação, respectivamente com 30 e 20 tentativas. O grupo constante praticou todas as tentativas a 60%. O grupo aleatório praticou a 20, 60 e 80% as 30 tentativas. Os grupos constante-aleatória e aleatória-constante praticaram 15 tentativas a 60% quando de forma constante e 15 tentativas a 20, 60 e 80% quando de forma aleatória. Na fase de adaptação, todos os grupos praticaram a 40%. Os resultados mostraram que o grupo de prática constante obteve melhor desempenho na adaptação, seguido de grupo constante-aleatória, confirmando a hipótese estabelecida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em razão da limitação do tempo de apresentação, não foi possível trazer à discussão outros projetos experimentais que estão sendo desenvolvidos no Laboratório de Comportamento Motor - LACOM da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo. O modelo teórico sobre o processo adaptativo em aprendizagem motora tem gerado várias proposições para serem testadas, pois coloca o problema da aquisição de habilidades motoras numa nova perspectiva. Ele se caracteriza como uma abordagem alternativa que não adere totalmente às proposições de nenhuma das duas correntes em disputa na área de Comportamento Motor, quais sejam, a abordagem motora e a da ação. Por essa razão, os desafios são muitos, tanto de aperfeiçoamento teórico em face aos resultados empíricos, como também de testagem das proposições em diferentes tarefas, sujeitos e ambientes. Estamos apenas começando e parece haver espaço para muita gente se "divertir".

ABSTRACT

ADAPTIVE PROCESS IN MOTOR LEARNING: THE ROLE OF VARIABILITY

The aim of this presentation is to make a synthesis of experimental studies that have been recently done in the Laboratory of Motor Behavior (LACOM) to assess the main principles of a theoretical framework which views skill acquisition as an adaptive process. According to this theoretical framework, skill acquisition is a cyclic and dynamic process which entails stability-instability-stability and, consequently, increasing complexity. Thus, stabilization and adaptation are considered to be constituent phases of the same process. The central problem is to consider how consistency and variability are joined in the same structure. It is proposed that with practice a hierarchically organized action program is formed showing two levels: a macro-structure which is expressed by invariants aspects of the skill being related to order and consistency, and the micro structure, responsible for the variant aspects of skill being related to disorder and variability. Two experimental studies are described, one using a task of controlling grip force task, and one using a linear positing task with reversals. The results gave support to the theoretical framework principles, but more studies are needed to enhance further the theoretical basis of proposed model.

UNITERMS: Adaptive process; Motor learning; Motor behavior; Motor skill.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, J.A. A closed-loop theory of motor learning. **Journal of Motor Behavior**, v.3, p.111-50, 1971.

BENDA, R.N.; CORRÊA, U.C.; LUSTOSA DE OLIVEIRA, D.; TANI, G. Variabilidade e processo adaptativo na aprendizagem de uma tarefa de controle da força de preensão manual I. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 21., São Paulo, 1998. **Anais**. São Paulo, Centro de Estudos do Laboratório de Aptidão Física de São Caetano do Sul, 1998. p.64.

BENDA, R.N.; TANI, G.; CORRÊA, U.C. Variabilidade e processo adaptativo em aprendizagem motora. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 4.; SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 2., São Paulo, 1997. **Anais**. São Paulo, Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, 1997. p.95-6.

BERNSTEIN, N. **The co-ordination and regulation of movements**. Oxford, Pergamon, 1967.

CHOSHI, K. **An analytical study of the adaptive process in motor learning**: memoirs of the Faculty of Integrated Arts and Sciences III. Hiroshima, Hiroshima University, 1982. v.6, p.75-82. [in Japanese].

_____ The organization of perceptual-motor behavior. In: HAGIWARA, H.; CHOSHI, K., eds. **The organization of perceptual-motor behavior**. Tokyo, Fumaido, 1978. [in Japanese].

_____. The significance of error response in adaptive systems. **Sport Psychology Research**, v.7, p.60-4, 1981. [in Japanese].

CHOSHI, K.; TANI, G. Stable system and adaptive system in motor learning. In: JAPANESE ASSOCIATION OF BIOMECHANICS, ed. **The science of movement V** Tokyo, Kyorin, 1983. [in Japanese].

CONNOLLY, K.J. The nature of motor skill development. **Journal of Human Movement Studies**, v.3, p.128-43, 1977.

CONRAD, M. **Adaptability**: the significance of variability from molecule to ecosystem. New York, Plenum, 1983.

CORRÊA, U.C.; TANI, G.; BENDA, R.N. Variabilidade de prática e processo adaptativo em aprendizagem motora. In: ENCONTRO BRASILEIRO INTERNACIONAL DE CIÊNCIA COGNITIVA, 3., Campinas. **Anais.** Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 1998. p.24-5.

GENTNER, D.R. Evidence against a central control model of timing in typing. **Journal of Experimental Psychology**: Human Perception and Performance, v.8, p.793-810, 1982.

GLENCROSS, D.J. Levels and strategies of response organization. In: STELMACH, G.E.; REQUIN, J., eds. **Tutorials in motor behavior**. Amsterdam, North-Holland, 1980.

HAKEN, H. **Synergetics**. Heidelberg, Springer-Verlag, 1977.

HEUER, H. Invariant relative timing in motor program theory. In: FAGARD, J.; WOLFF, P.H., eds. The development of timing control and temporal organization in coordinated action. Amsterdamm, North-Holland, 1991.

_____. Testing the invariance of relative timing: comment on Gentner (1987). **Psychological Review**, v.95, p.552-7, 1988.

JANTSCH, E. **The self-organizing universe**: scientific and human implications of an emerging paradigm of evolution. Oxford, Pergamon Press, 1980.

KAUFFMAN, S. **The origins of order**: self-organization and selection in evolution. Oxford, Oxford University Press, 1992.

KELSO, J.A.S.; SOUTHARD, D.L.; GOODMAN, D. On the nature of interlimb coordination. **Science**, v.203, p.1029-31, 1979.

MANOEL, E.J. **Adaptive control and variability in the development of skilled actions**. Unpublished Doctoral Dissertation. Sheffield, 1993. Department of Psychology, University of Sheffield.

MANOEL, E.J.; CONNOLLY, K.J. Variability and the development of skilled actions. **International Journal of Psychophysiology**, v.19, p.129-47, 1995.

_____. Variability and stability in the development of skilled actions. In: CONNOLLY, K.J.; FORSSBERG, H., eds. **Neurophysiology and neuropsychology of motor development**. London, Mac Keith Press, 1997.

MARUYAMA, M. The second cybernetics: deviation-amplifying mutual causal processes. **American Scientist**, v.51, p.164-79, 1963.

NEWELL, K.M.; CORCOS, D.M., eds. **Variability and motor control**. Champaign, Human Kinetics, 1993.

PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. **Order out of chaos**: man's new dialog with nature. New York, Bantam Books, 1984.

SCHMIDT, R.A. Motor and action perspectives on motor behaviour. In: MEIJER, O.G.; ROTH, K., eds. **Complex movement behaviour**: the motor action controversy. Amsterdam, North-Holland, 1988.

_____. Past and future issues in motor programming. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.51, p.122-40, 1980.

_____. A schema theory of discrete motor skill learning. **Psychological Review**, v.82, p.225-60, 1975.

_____. The search of invariance in skilled movement behavior. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.56, p.188-200, 1985.

TANI, G. **Adaptive process in perceptual-motor skill learning**. Unpublished Doctoral Dissertation. Hiroshima, 1982. Faculty of Education, Hiroshima University. [in Japanese]

_____. **Hierarchical organization of an action programme and the development of skilled actions**. Sheffield, 1995. Unpublished Technical Report Department of Psychology, University of Sheffield,

_____. **Variabilidade de resposta e processo adaptativo em aprendizagem motora**. São Paulo, 1989. Tese (Livre Docência) Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo.

TANI, G.; BASTOS, F.C.; CASTRO, I.J.; JESUS, J.F.; SACAY, R.C.; PASSOS, S.C.E. Variabilidade de resposta e processo adaptativo em aprendizagem motora. **Revista Paulista de Educação Física**, v.6, p.16-25, 1992.

TANI, G.; BENDA, R.N.; CORRÊA, U.C. Variabilidade e processo adaptativo em aprendizagem motora. In: CONGRESSO MUNDIAL DE EDUCAÇÃO FÍSICA DA AIESEP, Rio de Janeiro, 1997. Anais. Rio de Janeiro, Universidade Gama Filho, 1997. p.202-3.

_____ Variabilidade e processo adaptativo em aprendizagem motora. II. In: CONGRESSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E CIÊNCIAS DO DESPORTO DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 6., La Coruña, 1998. **Anais**. La Coruña, Instituto Nacional de Educação Física da Galícia, 1998. p.169.

TANI, G.; BENDA, R.N.; CORRÊA, U.C.; LUSTOSA DE OLIVEIRA, D. Variabilidade e processo adaptativo na aprendizagem de uma tarefa de controle da força de preensão manual II. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 21., São Paulo, 1998. **Anais**. São Paulo, Centro de Estudos do Laboratório de Aptidão Física de São Caetano do Sul, 1998. p.63.

TANI, G.; CONNOLLY, K.J.; MANOEL, E.J. Pattern formation and hierarchical organization of motor skills. In: ENCONTRO BRASILEIRO INTERNACIONAL DE CIÊNCIA COGNITIVA, 3., Campinas, 1998. **Anais**. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 1998. p.65.

TANI, G.; CORRÊA, U.C.; BENDA, R.N. Variabilidade de prática e processo adaptativo em aprendizagem motora II. In: CONGRESSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E CIÊNCIAS DO DESPORTO DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 6., La Coruña, 1998. **Anais**. La Coruña, Instituto Nacional de Educação Física da Galícia, p.221-2.

TANI, G.; CORRÊA, U.C.; LUSTOSA DE OLIVEIRA, D.; BENDA, R.N. Organização hierárquica de um programa de ação na aquisição de habilidades gráficas em crianças. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO FÍSICA E MOTRICIDADE HUMANA, 1.; SIMPÓSIO PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, 7., Rio Claro, 1999. **Anais**. Motriz, v.5, n.1, p.86, 1999a.

_____ Organização hierárquica de um programa de ação na aquisição de habilidades gráficas em crianças II. In: CONGRESSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E CIÊNCIAS DO ESPORTE DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 7., Florianópolis, 1999. Anais. Florianópolis, UFSC/UDESC, 1999b. p.156.

_____. Organização hierárquica de um programa de ação na aquisição de habilidades gráficas em crianças III. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 22., São Paulo, 1999. **Anais**. São Paulo, Centro de Estudos do Laboratório de Aptidão Física de São Caetano do Sul, 1999c. p.110.

TURVEY, M.T. Preliminaries to theory of action with reference to vision. In: SHAW, R.; BRANDFORD, J., eds. **Perceiving, acting and knowing**: toward an ecological psychology. Hillsdale, Lawrence Erlbaum, 1997.

VIVIANI, P.; TERZUOLO, C.A. **Space-time invariance in learned motor behavior**. Amsterdam, North-Holland, 1980.

YATES, E.F., ed. **Self-organizing systems**: the emergence of order. New York, Plenum Press, 1987.

ZANONE, P.G.; KELSO, J.A.S. Relative timing from the perspective of dynamic pattern theory: stability and instability. In: FAGARD, J.; WOLFF, P.H., eds. **The development of timing control and temporal organization in coordinated action**. Amsterdam, North-Holland, 1991.

ENDEREÇO: Go Tani
Laboratório de Comportamento Motor
Escola de Educação Física e Esporte – USP
Av. Prof. Mello Moraes, 65
05508-900 – São Paulo – SP - BRASIL

CDD. 20.ed. 153.15

A IMPORTÂNCIA DA ATENÇÃO NA APRENDIZAGEM DE HABILIDADES MOTORAS

Iverson LADEWIG*

RESUMO

Segundo Fitts & Posner (1967), durante a aprendizagem de uma habilidade um indivíduo passa por três estágios: cognitivo, associativo e autônomo. Dentre as diversas características de cada estágio, uma importante mudança decorrente da prática ocorre nos processos da atenção. No estágio cognitivo o indivíduo está tentando compreender os objetivos da tarefa, o que sobrecarrega os mecanismos da atenção, proporcionando uma "performance" inconsistente. Após um certo período de prática, ele passará para o estágio associativo, no qual consegue manter uma "performance" mais estável, sendo capaz inclusive de detectar alguns erros. As necessidades de atenção neste estágio decrescem significativamente. Depois de muita prática, ele será capaz de atingir o terceiro e último estágio (autônomo), no qual a habilidade está bem desenvolvida, permitindo que o indivíduo realize-a com consistência e "quase sem pensar". As exigências nos processos da atenção são mínimos, permitindo que ele direcione o foco da atenção para outros aspectos importantes da "performance". Um exemplo da transição entre estes três estágios é o de uma criança aprendendo a driblar no basquetebol, partindo do movimento estático em que necessita olhar para a bola, passando para movimentos em deslocamento, até chegar a driblar de diversas formas ao mesmo tempo em que observa os companheiros e adversários durante o jogo. A transição até a automaticidade poderá ocorrer naturalmente, porém o tempo necessário para que isto aconteça irá depender da quantidade de prática e do grau de complexidade da tarefa. Por mais que isto possa ocorrer em função da prática, é importante também que professores de educação física e técnicos desportivos tenham conhecimento das diferenças existentes entre crianças e adultos em termos da utilização de estratégias de atenção seletiva, velocidade no processamento de informações, uso dos processos de controle para processar e armazenar informações, as quais poderão dificultar a aprendizagem. De posse destas informações, podemos criar um ambiente que facilite a aprendizagem, diminuindo as exigências nos processos da atenção através da utilização de estratégias cognitivas.

UNITERMOS: Atenção; Estágios da aprendizagem; Estratégias cognitivas.

INTRODUÇÃO

A aprendizagem de qualquer habilidade motora requer a seleção de informações que podem estar contidas no meio ambiente e/ou fornecidas pelo professor ou técnico. Para que esta informação seja retida, para posterior interpretação e possível armazenamento na memória de longa duração, o processo da atenção é fundamental. A FIGURA 1 exemplifica os passos da informação, desde o "input" até o "output", com destaque à função dos processos da atenção seletiva na escolha e codificação da informação.

Quando ensinamos algo, o que desejamos é que o indivíduo assimile a informação, retendo-a para uso posterior. Aprendizagem neste

* Departamento de Educação Física da Universidade Federal do Paraná.

caso, é conseguirmos realizar uma atividade, mesmo após muitos anos sem a termos praticado, como por exemplo, andar de bicicleta ou nadar. A atenção exerce uma função muito importante na capacidade de retenção de informações relevantes, pois é através dela, associada aos processos de controle, que guardamos informações na memória de longa duração.

Com a prática, a capacidade de seleção e retenção de informações relevantes à atividade que estamos realizando, é aperfeiçoada. A melhora na seleção de informações relevantes poderá facilitar a antecipação da resposta, e consequentemente, facilitar a "performance". Um bom zagueiro por exemplo, além de possuir ótimas capacidades físicas, deve possuir uma grande habilidade para "ler" o posicionamento dos jogadores adversários, antecipando possíveis jogadas. Em qualquer atividade, um indivíduo que possuir esta habilidade (de antecipação), possuirá uma vantagem sobre os demais. Quem sabe, este é um dos fatores que fazem um grande atleta!

Durante o processo da aprendizagem de qualquer atividade, passamos por estágios em que ocorrem diversas mudanças, entre elas, nas exigências nos processos da atenção. Estas mudanças vão desde o momento em que estamos sendo expostos pela primeira vez a atividade e não temos a menor idéia do que fazer primeiro, até o momento em que já conseguimos realizar a atividade quase sem nenhum esforço cognitivo. Um exemplo simples desta situação é uma criança aprendendo driblar a bola no basquete. Dentro de uma progressão pedagógica, mesmo estática, ela necessita olhar para a bola o tempo todo. Após um certo tempo de prática, introduzimos os deslocamentos e a atenção na bola continua grande. Quando ela atinge o último estágio, consegue realizar o drible, sem olhar para a bola, ao mesmo tempo em que observa outros jogadores na quadra. É claro que para isto acontecer, muitas horas de prática serão necessárias, sendo que o grau de dificuldade e complexidade da tarefa é que ditarão a quantidade de prática necessária para que possamos realizar a tarefa "sem pensar". Entenda-se "sem pensar", a realização de uma atividade, a execução de um movimento automaticamente, ou o "processo automático" definido por Schneider & Shiffrin (1977) e Shiffrin & Schneider (1977) como sendo "*rápido, paralelo, basicamente sem esforço e com possibilidades de não sofrer interferência de atividades paralelas*".

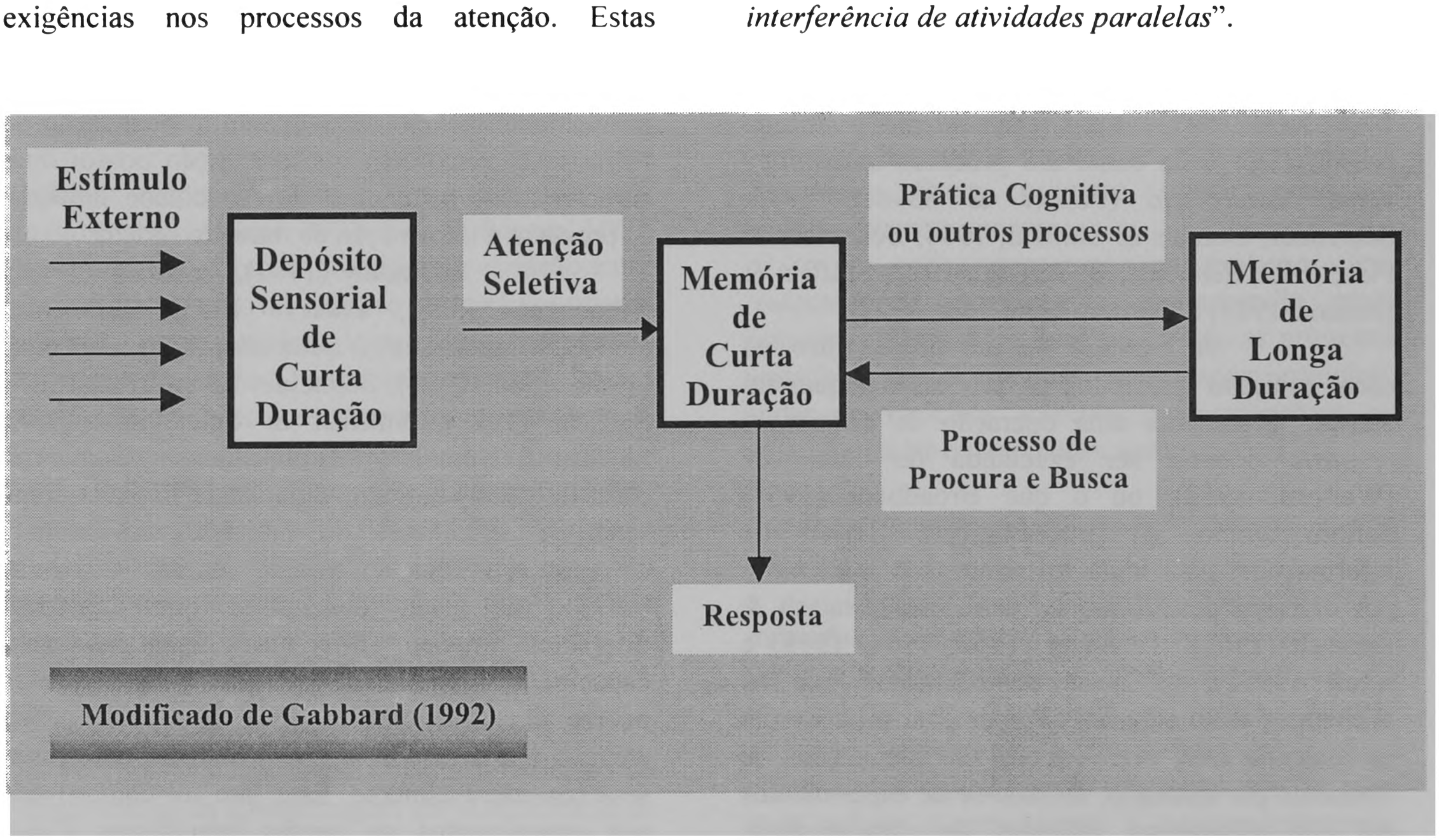


FIGURA 1 - Os sistemas da memória e sua relação com a resposta.

O objetivo deste trabalho é discutir as alterações que ocorrem nos processos de atenção a medida que o indivíduo passa pelos diferentes estágios da aprendizagem, sugerindo a utilização de estratégias de atenção seletiva, visando aprimorar a seleção de informações relevantes à

tarefa e consequentemente, facilitar a aprendizagem e a "performance"

A importância da atenção para a aprendizagem

O estudo da atenção tem despertado a curiosidade de inúmeros pesquisadores há mais de um século. A atenção de uma maneira abrangente pode ser definida como o processo que direciona, seleciona, alerta, delibera, contempla (The Random House Thesaurus, 1987). Segundo Abernethy (1993), atenção é um termo global utilizado para definir vários processos que variam da concentração à vigilância.

A busca de melhores explicações para o fenômeno da atenção direcionou pesquisadores à concentrarem seus esforços em favor da criação de teorias, as quais consideravam a atenção como um mecanismo tipo filtro. A hipótese geral era que o mecanismo da atenção possuía uma capacidade fixa para processar informações e cada vez que esta capacidade fosse ultrapassada pelos requerimentos da tarefa, a "performance" decairia (Kahneman, 1963). Assim, no início a atenção era vista como um canal único (filtro) (Broadbent, 1958; Wellford, 1952), surgindo a seguir a hipótese dos canais múltiplos (Deutsch & Deutsch, 1963; Treisman, 1960, 1964, 1969; Keele, 1973). Mais recentemente, a atenção passou a ser vista como um processo *automático* versus *controlado* (Posner & Snyder, 1975; Schneider, Dumais & Shiffrin, 1984; Schneider & Fisk, 1982; Schneider & Shiffrin, 1977; Shiffrin & Dumais, 1981; Shiffrin & Schneider, 1977).

A hipótese de um único filtro ou canal indicava que todos os processos requeriam atenção e somente uma operação de *estímulo - resposta* poderia ser executada de cada vez (Welford, 1952), ou o que Broadbent (1958) definiu como o processamento serial de informações. Esta idéia foi contestada mais tarde por diversos pesquisadores, entre eles Deutsch & Deutsch (1963), Treisman (1960, 1964, 1969) e Keele (1973), os quais demonstraram que os indivíduos eram capazes de lidar com mais de um estímulo de cada vez. A teoria da "atenuação" de Treisman por exemplo, utilizou-se de experimentos em que mensagens gravadas de características coerentes e incoerentes eram transmitidas através de um fone de ouvido, passando do ouvido esquerdo para o direito e vice-versa. A autora concluiu que os indivíduos foram capazes de "seguir" as mensagens coerentes, independentemente da mudança de ouvido, sugerindo que as mensagens incoerentes eram atenuadas, mas não desapareciam. A mensagem era *enfraquecida* (atenuada) quando não tinha relevância à tarefa, sendo que os indivíduos utilizavam-se do conteúdo das mensagens para selecioná-las e decidirem entre os tópicos relevantes e irrelevantes.

A grande diferença entre estas teorias é a localização do filtro, ou seja, enquanto Broadbent (1958) e Welford (1952) colocaram o filtro no início do processo de seleção, Treisman (1960, 1964, 1969), Deutsch & Deutsch (1963) e Keele (1973), propuseram que o filtro se encontrava mais além dentro desse processo que seleciona as informações. Porém, todos estes autores concordam que o estímulo antes do filtro é livre de atenção, sendo processado em paralelo (simultaneamente) e quando atinge o filtro, passa a ser processado de maneira serial (individualmente), exigindo atenção. Entretanto, nenhuma destas teorias obtiveram sucesso em apontar com precisão o local do filtro. Abernethy (1993) por outro lado, menciona que a posição do filtro varia de acordo com o tipo de atividade realizada, podendo existir vários filtros, dependendo das combinações da tarefa e as estratégias utilizadas pelos indivíduos. Apesar de não haver concordância entre os autores previamente mencionados quanto a localização do filtro, eles concordam que a atenção possui duas características marcantes*: 1)* capacidade limitada; *2)* processa a informação de maneira seriada.

Abernethy (1993), Anderson (1990), Broadbent (1958), Cherry (1953), Kahneman (1973), Magill (1989), Schmidt (1988), Treisman (1960, 1964, 1969), Schneider & Shiffrin (1977), Shiffrin (1989), Shiffrin & Schneider (1977), Shiffrin & Dumais (1981), Schneider, Dumais & Shiffrin (1984) definem capacidade limitada como sendo a dificuldade do indivíduo em atender diversos estímulos ao mesmo tempo. Kahneman (1973) vai além, concluindo que atividades diferentes impõem diferentes demandas nesta capacidade limitada da atenção e que quando ocorre um desequilíbrio entre a capacidade da atenção e a demanda, a "performance" deteriorar-se-á consideravelmente. Este fato foi comprovado nos experimentos de tarefas simultâneas ("dual task"), onde os sujeitos tiveram dificuldades em realizar as duas atividades com a mesma precisão, sem que ocorresse uma queda de rendimento em uma das tarefas. Os resultados demonstraram uma troca, quando a tarefa "A" recebia mais atenção, a

"performance" da tarefa "B" deteriorava e vice-versa. Entretanto, se caso uma destas tarefas estiverem automatizadas pelo sujeito, a quantidade de atenção necessária será menor, facilitando a realização de tarefas simultâneas. Para exemplificar esta situação, retornamos ao exemplo da criança que está aprendendo a driblar uma bola de basquete, citado anteriormente. Após uma quantidade considerável de prática, ela consegue, ao mesmo tempo, driblar a bola e observar a posição dos companheiros e dos adversários em uma partida.

A distribuição da atenção, durante a realização de atividades paralelas, pode variar em função da complexidade da tarefa (Shiffrin, 1989), as instruções fornecidas ao indivíduo e o seu nível de habilidade (Ivry, 1996). Anderson (1990), investigando habilidades altamente sofisticadas, concluiu que as demandas no processo de atenção diminuem quando o indivíduo atinge uma fase autônoma. O autor, aliado aos resultados previamente obtidos por Shiffrin (1989) concluiu que existe uma relação negativa entre a prática e os requerimentos da atenção, suportando também a idéia da transição entre os estágios da aprendizagem.

Os estágios da aprendizagem

Diversos autores propuseram modelos representativos dos estágios da aprendizagem (Adams, 1971; Fitts & Posner, 1967; Gentile, 1972). O ponto principal de variação entre estes modelos está no número de estágios que o indivíduo passa até atingir a automaticidade na realização da tarefa. O modelo de Fitts & Posner possui três estágios e os propostos por Adams & Gentile possuem apenas dois estágios.

O indivíduo que está aprendendo algo novo, segundo Fitts & Posner (1967) passa do primeiro estágio (Cognitivo) para o segundo (Associativo), até atingir o terceiro e último estágio (Autônomo).

Características do Estágio Cognitivo

As principais características do estágio inicial da aprendizagem são a ocorrência de um grande número de erros e muita variabilidade na "performance". Estes erros, na sua maioria são de natureza grosseira, ou seja, após adquirirmos a habilidade, notamos que eles poderiam ser corrigidos com relativa facilidade.

Erros constantes e variabilidade na "performance" produzem uma grande sobrecarga nos mecanismos da atenção do indivíduo. Ele é capaz de perceber que está fazendo algo de errado, porém não consegue solucionar o problema e melhorar a "performance" Isto faz com que o esforço cognitivo neste estágio seja muito grande e em termos da atenção, o indivíduo está tentando atender a tudo que o professor fala.

Um exemplo muito prático do processo de transição entre os estágios da aprendizagem é o do indivíduo que está aprendendo a dirigir um automóvel. Devido a natureza da atividade, nas primeiras aulas e mesmo após obter a carteira de motorista, a grande maioria dos sujeitos ficam totalmente concentrados olhando para a frente e acabam cometendo erros comuns, como deixar de pisar na embreagem quando precisam parar o veículo; esquecem de passar da segunda marcha após adquirir uma certa velocidade; esquecem de desligar o sinal; etc. Para o motorista iniciante, o maior desafio é o teste de parar e arrancar em aclives. Neste caso a sua atenção está voltada para a rua e os outros veículos; o momento de arrancar; o acelerador, a embreagem e freio, sem deixar o carro morrer ou retroceder e tocar em outro veículo. Mesmo após um período de prática, esta tarefa ainda continua sendo um grande desafio para muitos motoristas, porém com o passar do tempo ele é capaz de priorizar o que é necessário fazer primeiro, para conseguir movimentar com sucesso.

Outros exemplos que podemos citar, realçando as dificuldades do aprendiz neste primeiro estágio da aprendizagem são as primeiras tentativas de: operar um computador; cozinhar; andar de bicicleta; executar uma manchete no voleibol; nadar o nado peito; sacar no tênis, etc.

Características do Estágio Associativo

Após um certo período de prática, o indivíduo já é capaz realizar a atividade com mais facilidade, dominando a mecânica básica do movimento. A quantidade de erros diminui acentuadamente e o indivíduo já consegue detectar alguns deles, concentrando-se no que precisa fazer para refinar o movimento e consequentemente, reduzindo a variabilidade entre as tentativas. A carga nos mecanismos da atenção é moderada, o que facilita o desempenho, pois o indivíduo é capaz de direcionar a atenção para outros aspectos da "performance" No exemplo do motorista aprendiz,

ele agora é capaz de cambiar com mais precisão e consegue checar periodicamente os espelhos retrovisores antes de realizar alguma manobra.

No caso de alguém que está aprendendo a operar o computador, já consegue encontrar os dados "que desapareceram" após a operação de salvar o arquivo. Em uma situação na natação, o aluno consegue relacionar a importância de manter a cabeça paralela ao nível d'água (baixa), com a facilidade de realizar a pernada que proporcione uma boa propulsão.

Características do Estágio Autônomo

Para se atingir o estágio autônomo ou seja, realizar a atividade automaticamente, o indivíduo deverá tê-la praticado consideravelmente. A complexidade da atividade está diretamente relacionada à quantidade de prática necessária para atingirmos a automaticidade. Neste estágio, o indivíduo realiza a atividade "sem pensar", ou aprende a realizar o movimento concentrando-se nos pontos críticos, nas partes mais difíceis. Ele agora consegue detectar vários erros, corrigindo-os. A variabilidade na "performance" é pequena e a carga nos mecanismos da atenção é muito baixa, facilitando o direcionamento do foco da atenção para outros itens relevantes à realização da tarefa. Por exemplo, o jogador de basquete que consegue driblar a bola, verificando o posicionamento dos seus companheiros, ao mesmo tempo em que não deixa o adversário tomar-lhe a bola. Outra situação, ocorre com muitas crianças experientes durante um jogo de video game, as quais não necessitam olhar o controle para operar um (o botão correto), entre os diversos botões existentes.

De acordo com os autores (Fitts & Posner, 1967, p.15) "uma habilidade muito praticada e os reflexos são muito parecidos". Porém, até atingirmos este nível de "performance", muita prática será necessária, fazendo com que a transição entre os estágios ocorram gradualmente. Como é o caso do nadador de altíssimo nível não precisa olhar para a parede no momento de executar o movimento da virada no nado livre. Os vários anos de prática o condicionaram a "sentir" a piscina e no momento exato, sempre após um número fixo de braçadas, iniciar a rotação do corpo. No caso de um motorista experiente, ele realiza manobras complexas, observando o trânsito ao seu redor, sem se preocupar quando deve trocar as marchas do veículo. Ele consegue "sentir" o carro e cambiar no momento exato, sempre que necessário.

A transição do momento em que começamos a aprender alguma atividade até o dia em que conseguimos realizá-la automaticamente, poderá levar muitos anos. Muitos indivíduos inclusive, dependendo da quantidade de prática, não conseguem chegar a este estágio. Na Educação Física, ensinando esportes, ginástica e outras habilidades, não é diferente e muitas crianças podem não atingir a automaticidade. Dentre as várias razões, podemos destacar: uma quantidade de prática insuficiente; informações / instruções inadequadas para a idade do grupo que estamos trabalhando; falta de capacidade para selecionar informações relevantes ao mesmo tempo em que descartam as informações irrelevantes à atividade.

O que selecionar e o que descartar dentre as diversas informações disponíveis no meio ambiente da atividade que realizamos, é um fator muito importante para obtermos sucesso. O mecanismo que atua na retenção ou descarte de informações é a atenção seletiva.

A atenção seletiva

A atenção seletiva pode ser definida como a habilidade do indivíduo dirigir o foco da atenção à um ponto em particular no meio ambiente (Ladewig, Gallagher & Campos, 1994). Gallagher, French, Thomas & Thomas (1993) ressaltam que a atenção seletiva atua no processo de codificação das dicas específicas relacionadas a tarefa e também, como controladora do processo que mantém informações relevantes na memória de curta duração. Segundo Treisman (1992) e Craik (1996), a atenção seletiva é um pré-requisito para a codificação de informações e os processos de codificação e recuperação são dirigidos pela percepção e a atenção. Ou seja, a atenção seletiva determina o que é percebido e codificado na memória (e com que grau de elaboração), que por sua vez poderá facilitar a recuperação da informação. Adler, Gerhardstein & Rovee-Collier (1998, p.280) citando Irwin (1991, 1992), Lewis, (1970), Moray, (1959) e Treisman, Squire & Green (1974) mencionam que *"informações atendidas, em geral são muito bem lembradas, ao contrário de informações que não receberam atenção, que em geral não são lembradas e quando são, são muito vagas"*

O problema de falta de atenção na aprendizagem pode atingir indivíduos de todas as

idades, porém é nas crianças, principalmente na faixa etária dos cinco aos oito anos de idade, que podemos considerar como um período crítico. É nesta faixa etária que elas são tidas ou mais conhecidas *"por não prestarem a atenção"* Entretanto, é a partir desta idade que se inicia o desenvolvimento da habilidade de atender e selecionar informações contidas no meio ambiente. De acordo com Ross (1976) as estratégias de atenção seletiva não são usadas espontaneamente até o início da adolescência, em torno dos 11 anos de idade. Este processo desenvolve-se em estágios, onde durante o primeiro estágio (*exclusivo*) bebês e crianças muito jovens são atraídas por um único estímulo. Por exemplo, o bebê que fica brincando com o chocalho vários minutos, ignorando os outros brinquedos que estão ao seu redor.

Quando a criança atinge a primeira série do ensino fundamental, seus processos de atenção passaram por diversas mudanças e podem agora ser classificados como atingindo o segundo estágio, chamado de *inclusivo*. Neste estágio ela é facilmente distraída pelas inúmeras informações contidas no meio ambiente, atendendo à várias coisas ao mesmo tempo, não sendo capaz de separar as informações relevantes das irrelevantes. Pode-se citar como exemplo a criança que entra pela primeira vez em uma aula de natação e ao sair do vestiário para a piscina infantil, fica atraída pelo ambiente que contém além da própria piscina, outras crianças, diversos brinquedos e professores. Há uma grande chance de que esta criança tenha dificuldade em prestar atenção nas instruções do professor, devido a grande quantidade de informações contidas no meio ambiente da atividade.

Finalmente na adolescência, os jovens são capazes de selecionar as informações relevantes, ao mesmo tempo que descartam o que é irrelevante em uma gama de informações do meio ambiente. Este estágio é chamado por Ross (1976) de *atenção seletiv*a. Um exemplo para ilustrar este estágio é o de uma criança que aprendeu a andar recentemente e é colocada em uma sala repleta de pessoas. Quando ela caminha em direção aos seus pais, estará olhando para eles ao invés do caminho que deverá seguir, consequentemente poderá colidir com uma outra pessoa e cair. Por outro lado, um adulto não terá dificuldades em caminhar no mesmo ambiente.

É claro que para toda a regra existe uma exceção! Neste caso, alguém poderá perguntar quais são os fatores que diferenciam as crianças jovens que conseguem prestar a atenção daquelas que não conseguem? Cada criança tem características próprias, que as tornam diferentes uma das outras. Estas diferenças podem ser decorrentes da própria educação recebida em casa (uma criação mais liberal versus uma criação mais restrita), fatores genéticos (déficit de atenção), etc. De uma maneira geral, as crianças mais jovens encontram dificuldades em prestar a atenção no professor ou até mesmo em brincadeiras com os amigos.

Hoje, da atividade mais simples à mais complexa, as crianças estão expostas constantemente a uma variedade de experiências onde é extremamente importante selecionar corretamente informações (dicas) relevantes à tarefa. A partir do momento que as crianças não desenvolvem completamente as estratégias da atenção seletiva até alcançarem à adolescência, a sua "performance" pode ser afetada caso não consiga selecionar corretamente as diversas informações de caráter proprioceptivas e exterioceptivas disponíveis no meio ambiente da atividade que estão realizando.

O uso de estratégias cognitivas com a finalidade de auxiliar as crianças a lidarem com as distrações do meio ambiente, focando nos aspectos relevantes da tarefa, demonstraram efeitos positivos em diversas situações: 1) na seleção de informações dinâmicas no meio ambiente (Ladewig, 1994; Ladewig, Cuthma & Martins, 1998; Ladewig & Gallagher, 1994; Ladewig, Gallagher, & Campos, 1994, 1995); 2) na "performance" da parada de mão e do rolamento para a frente (Masser, 1993); 3) na "performance" de atividades que necessitam lembrar do local do movimento (Winther & Thomas, 1981).

Dentro desta perspectiva, devemos estar conscientes de que quando trabalharmos com crianças e adolescentes, necessitamos criar estratégias com o objetivo de direcionarmos o foco de atenção das crianças para os pontos críticos da atividade que estamos ensinando e consequentemente, facilitar a "performance"

Atenção: o que muda com a prática e o que podemos fazer para facilitar a aprendizagem ?

De acordo com diversos autores (Adams, 1971; Fitts & Posner, 1967; Magill, 1989; Schmidt, 1988; 1991), existe uma relação positiva entre a facilidade para realizarmos qualquer atividade e a quantidade de prática. Dentre as

diversas modificações que ocorrem a medida em que passamos de um estágio para outro, estão as reduções na carga dos processos de atenção e a habilidade de perceber e captar informações relevantes à tarefa. Com o tempo, as melhoras na "performance" decorrentes da prática ocorrerão naturalmente, porém existem situações em que não dispomos de todo o tempo necessário para aguardarmos que este processo ocorra normalmente. Em outras situações, caso tenhamos tempo para aguardar o curso natural e as conseqüências da prática, mesmo assim poderemos fazer uso de estratégias de atenção para facilitar a aprendizagem, fornecendo "dicas" sobre os aspectos relevantes, diminuindo as exigências nos processos de atenção dos alunos.

Em diversas situações, professores e técnicos são cobrados de resultados "imediatos" e neste caso, para tentarmos contornar estes problemas e sermos eficientes, necessitamos criar um ambiente que facilite a aprendizagem, principalmente, propiciando uma grande variedade de experiências. Para a criação deste ambiente propício à aprendizagem, temos que estar atentos que faz-se necessário diferenciar a informação que passamos quando estamos atuando com um adulto, da informação passada para uma criança. Thomas, Lee & Thomas (1988) classificam as crianças como "*novatos universais*", devido a quantidade limitada de experiências que elas possuem. Esta falta de experiência pode refletir de diversas maneiras na execução de uma habilidade. No caso da atenção mais especificamente, será na dificuldade de atender aos fatores relevantes da atividade que está sendo executada, principalmente pelo fato de que os processos da atenção seletiva podem não estar totalmente desenvolvidos. Conforme exposto anteriormente, a atenção seletiva é extremamente importante na seleção e armazenamento de informações relevantes, associadas ao que estaremos retendo na memória de longa duração, ou seja, o processamento de informações. O processamento de informações relaciona-se com a habilidade de selecionar, processar, reter, armazenar e disponibilizar informações, conforme a necessidade. Quando comparadas aos adultos, as crianças tem duas grandes dificuldades: 1) elas processam informações mais lentamente (Chi, 1976, 1977, 1978; Gallagher & Thomas, 1980; Thomas, 1980); 2) são ineficientes na utilização dos processos de controle da Memória (Thomas, Lee & Thomas, 1988). Os processos de controle, ou estratégias cognitivas que o indivíduo pode utilizar na memória de curta e de longa duração para armazenar e recuperar informações, são cinco: rótulo; repetição; decisão; procura e busca (recuperação); condensar e juntar.

Estas dificuldades no processamento de informações refletirão diretamente na "performance", pois se a criança não consegue absorver toda a informação ou ainda, mesmo que possa, não consegue rete-la (armazenar) na memória de longa duração, não conseguirá realizar a tarefa consistentemente após alguns dias. Dependendo do tipo de habilidade que está sendo aprendida e o estágio de aprendizagem que o indivíduo encontra-se, a carga nos processos da atenção pode aumentar ou diminuir. Quando nos colocamos frente aos alunos para ensinar-lhes algo, necessitamos primeiramente avaliar o seu conhecimento prévio e observar o estágio em que se encontram, para então planejarmos as atividades. A fim de facilitar a aprendizagem, este planejamento deve seguir uma seqüência que vai da parte mais fácil para a mais difícil.

Outro fator a ser respeitado, é a utilização de estratégias para direcionar a atenção dos alunos às partes mais importantes da atividade que estão realizando. De acordo com o que foi colocado anteriormente, o processo de direcionar o foco da atenção para um determinado ponto é definido como atenção seletiva (Ladewig, Gallagher & Campos, 1994). Dependendo do estágio de aprendizagem que o aluno se encontra, o processo de seleção e descarte de informações não é eficiente, o que dificultará a "performance" O uso correto de estratégias de atenção seletiva facilitará a seleção de informações relevantes, como também auxiliará no descarte de informações irrelevantes à atividade que está sendo realizada.

Diversos estudos demonstraram a eficiência da utilização de estratégias de atenção seletiva na aprendizagem da parada de mão e rolamento para frente (Masser, 1993), auxiliando a lembrar locais de movimento (Winther & Thomas, 1981) e na seleção de informações dinâmicas no meio ambiente (Ladewig, 1994; Ladewig, Cuthma & Martins, 1998; Ladewig & Gallagher, 1994; Ladewig, Gallagher, & Campos, 1994, 1995).

Masser (1993) por exemplo, encontrou resultados significativamente melhores logo após a prática e com três meses de retenção, em favor do grupo que se utilizou das dicas durante a aprendizagem da parada de mão.

CONCLUSÕES

O tipo da estratégia e quais os pontos relevantes, a qual o indivíduo direcionará a sua atenção, deverão ser selecionadas pelo professor, baseados nas suas experiências sobre a atividade. Caso as dicas selecionadas não estejam trazendo o resultado esperado, o professor deverá reavaliá-las e determinar quais as novas palavras (ou frases) que poderão auxiliar o aprendizado da habilidade em questão.

Estamos conscientes de que, com o tempo, a prática fará com que o indivíduo chegue a automaticidade, reduzindo significativamente os requerimentos nos processos da atenção. Muitos estudos, entre eles alguns descritos na obras de Simon (ver Models of Thought, v.1 e v.2), descrevem as vantagens dos métodos de "auto aprendizagem" *"aprendendo fazendo"* ou o da *"tentativa e erro"* e o poder de retenção que eles possuem, quando comparados aos vários métodos de instrução com professor. Com certeza, o indivíduo que começa a mexer no computador e vai aos poucos descobrindo o que pode e o que não pode fazer, após muita prática e mesmo que cometendo erros graves, irá aprender muito sobre diversos programas. Porém, durante este período de "auto-aprendizagem" ocorrem muitos momentos de fracassos e frustrações e que dependendo da pessoa, poderá causar a desistência e/ou o desinteresse pela aprendizagem da tarefa. Isto pode acontecer também, no ambiente escolar, nas aulas de educação física com as crianças que são deixadas de lado pelos professores.

O ponto que estamos querendo chegar é que existem vantagens e desvantagens nos métodos de auto aprendizagem descritos anteriormente, como também existem vantagens e desvantagens nos métodos tradicionais de ensino. Não podemos deixar os nossos alunos praticando sozinhos o tempo todo, proporcionando-lhes mais experiências de fracasso do que de sucesso, como também não devemos passar todos os detalhes, de uma maneira gessada, sem que eles assimilem o porque e como estão fazendo. O objetivo principal durante a aprendizagem de qualquer atividade é fazer com que o aluno obtenha sucesso e sinta prazer no que esta fazendo.

Creio que devemos encontrar um meio termo, com o professor passando algumas informações sobre os objetivos da tarefa e os prontos críticos que necessitarão de atenção e aí deixá-los praticar. Em determinadas situações, questioná-los sobre o que está acontecendo de errado e quais algumas das soluções que eles teriam para contornar o problema. Em outras situações, fazer uso de estratégias cognitivas (dicas de aprendizagem), principalmente voltadas à melhora da atenção seletiva aos pontos críticos.

Após uma boa quantidade de prática, as crianças podem aprender a executar o toque correto no voleibol, porém o professor poderá facilitar a aprendizagem e quem sabe, diminuir o tempo necessário para chegar ao movimento ideal, utilizando-se das dicas "mãos em forma de triângulo acima da cabeça" e "tocar na bola olhando através do triângulo" Na natação, ensinando a recuperação e rotação do braço no nado costas para crianças de cinco a sete anos, a dica "dedão, dedão, dedão, dedinho, dedinho, dedinho" pode trazer resultados satisfatórios.

O nome da terminologia utilizada, dica, estratégia ou rótulo, não é relevante, o importante é fazer uso, sempre que possível, de estratégias cognitivas que facilitem a aprendizagem, principalmente nos estágios iniciais, com o objetivo de reduzir as demandas nos processos de atenção do seu aluno.

"Quando o aprendizado ocorre através da utilização de métodos com significados relevantes, fortes traços na memória são criados, melhorando a retenção" (Tese de Koffka, citado por Katona, 1940).

ABSTRACT

THE IMPORTANCE OF ATTENTION IN MOTOR SKILL LEARNING

According to Fitts & Posner (1967), during a motor skill learning an individual will pass through three stages: cognitive, associative and autonomous. Among several characteristics of each stage, one important change due to practice occurs over the attention process. First, in the cognitive stage, the individual

does not know where and what to look for in order to select relevant information, putting a lot of stress over the attention mechanisms and therefore resulting in inconsistent performance. Then after a period of practice, he will make a transition to the second stage, associative. The individual is able to maintain a steady performance and to detect some errors. Attention requirements are much lower in this stage. After a lot of practice, he will reach the third stage, where performance is accomplished automatically, with very little attention effort. The individual is able to identify and correct his errors as well as redirect his focus of attention to other relevant aspects of the performance. His performance is now very consistent. An example of the transition between the learning stages is a child learning how to dribble a basketball, starting from a static movement which she needs to look at the ball, passing to dribble while moving in all directions until she is able to dribble in several ways and at the same time she observes the team mates and adversaries during a game. The transition to automaticity may occur naturally, however the necessary time to occur will depend on the amount of practice and the complexity level of the task. Even though it will occur as a function of practice, it is important that teachers and coaches know the differences among children and adults in using selective attention strategies, speed of information processing and the use of control processes to process and store information, which can increase learning difficulty. Knowing this information, we will be able to create an environment to facilitate learning by decreasing the needs of attention through the use of cognitive strategies.

UNITERMS: Attention; Learning stages; Cognitive strategies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERNETHY, B. Attention. In: SINGER, R.; MURPHEY, M.; TENNANT, L.K., eds. **Handbook of research on sport psychology** New York, McMillan, 1993. p.127-70.

ADAMS, J.A. A closed-loop theory of motor learning. **Journal of Motor Behavior**, v.3, p.111-49, 1971.

ADLER, S.A.; GERHARDSTEIN, P.; ROVEE-COLLIER, C. Levels-of-processing effects in infant memory. **Child Development**, v.69, n.2, p.280-94, 1998.

ANDERSON, J.R. **Cognitive psychology and its implications.** 3.ed. New York, W.H. Freeman, 1990.

BROADBENT, D.E. **Perception and communication**. London, Pergamon, 1958.

CHERRY, E.C. **On human communication**: a review, a survey, and a criticism. Cambridge, Technology Press, 1952.

CHI, M.T.H. Age differences in memory span. **Journal of Experimental Child Psychology**, v.23, p.266-81, 1977.

_____. Knowledge structures and memory development. In: SIEGLER, R.S., ed. **Children's thinking**: what develops? Hillsdale, Erlbaum, 1978.

_____. Short-term memory limitations in children: capacity or processing deficits? **Memory and Cognition**, v.4, p.559-72, 1976.

CRAIK, F.I.M. Encoding and retrieval processes: similarities and differences. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MEMORY, 2., Padua, 1996.

DEUTSCH, J.A.; DEUTSCH, D. Attention: some theoretical considerations. **Psychological Review**, v.70, p.80-90, 1963.

FITTS, P.M.; POSNER, M.I. **Human performance.** Belmont, Brooks/Colemann, 1967.

GALLAGHER, J.D.; FRENCH, KE.; THOMAS, K.; THOMAS, J.R. Expertise in youth sport: the relationship between knowledge and skill. In: SMOLL, F.L.; SMITH, R.E., eds. **Children and youth sport**: a biopsychosocial perspective. Indianopolis, Brown & Benchmark, 1993.

GALLAGHER, J.D.; THOMAS, J.R. Effects of varying post-KR intervals upon children's motor performance. **Journal of Motor Behavior**, v.12, n.1, p.41-6, 1980.

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

IVRY, R. Representational Issues in motor learning: phenomena and theory. In: HEUER, H.; KEELE, S.W., eds. **Handbook of perception and action**. San Diego, Academic Press, 1996. v.2: Motor skills.

KAHNEMAN, D. Attention and effort. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1973. [Prentice-Hall Series in Experimental Psychology].

KATONA, G. **Organizing and memorizing**: studies in the psychology of learning and teaching. New York, Columbia University Press, 1940.

KEELE, S.W. **Attention and human performance.** Pacific Palisades, Goodyear, 1973.

LADEWIG, I. **Use of task specific cues and manipulation of environmental distractors to enhance children's selective attention**. Pittsburgh, 1994. Tese (Doutoramento) University of Pittsburgh.

LADEWIG, I.; CUTHMA, C.R.; MARTINS, D.F. O uso de dicas como facilitador da aprendizagem em crianças. In: EVINCI, 1998. **Anais.** Setor de Ciências Biológicas da UFPR, 1998.

LADEWIG, I.; GALLAGHER, J.D. Cue use to enhance selective attention. In: CONFERÊNCIA ANUAL DA AAHPERD, Denver, 1994. **Anais.** Denver, AAHPERD, 1994.

LADEWIG, I.; GALLAGHER, J.D.; CAMPOS, W. Development of selective attention: relationship of dynamic cue use to varying levels of task interference. In: CONFERÊNCIA ANUAL DA NASPSPA, Minessota, 1994. **Anais**. Minessota, NASPSPA, 1994.

_____ Use of dynamic cues to enhance children's selective attention during an open task performance. In: CONFERÊNCIA ANUAL DA NASPSPA, Clearwater, 1995. **Anais.** Clearwater, NASPSPA, 1995.

MAGILL, R.A. **Motor learning**: concepts and applications. 3.ed. Dubuque, W.C.Brown, 1989.

MASSER, L.S. Critical cues help first-grade students' achievement in handstands and forward rolls. **Journal of Teaching in Physical Education**, v.12, p.302-12, 1993.

POSNER, M.I.; SNYDER, C.R.R. Attention and cognitive control. In: SOLSO, R.L., ed. **Information processing and cognition**. Hillsdale, Erlbaum, 1975.

RANDOM HOUSE THESAURUS. New York, College Edition, 1987.

ROSS, A.O. **Psychological aspects of learning disabilities and reading disorders.** New York, McGraw-Hill, 1976.

SCHMIDT, R.A. **Motor control and learning**: a behavioral emphasis 2.ed. Champaign, Human Kinetics, 1988.

SCHNEIDER, W.; DUMAIS, S.T.; SHIFFRIN, R.M. Automatic control processing and attention. In: PARASURAMAN, R.; DAVIES, D.R., eds. **Varieties of attention**. Orlando, Academic Press, 1984. p.1-27.

SCHNEIDER, W.; FISK, A.D. Concurrent automatic and controlled visual search: can processing occur without resource cost? **Journal of Experimental Psychology:** Learning, Memory, and Cognition, v.8, p.261-78, 1982.

SCHNEIDER, W.; SHIFFRIN, R.M. Controlled and automatic human information processing: I. detection, search, and attention. **Psychological Review**, v.84, p.1-66, 1977.

SHIFFRIN, R.M. **Steven's handbook of experimental psychology**. 2.ed. New York, John Wiley, 1989

SHIFFRIN, R.M.; DUMAIS, S.T. The development of automatism. In: ANDERSON, J.R., ed. **Cognitive skills and their acquisition**. Hillsdale, Erlbuam, 1981.

SHIFFRIN, R.M.; SCHNEIDER, W. Controlled and automatic human information processing: II. perceptual learning, automatic attending, and a general theory. **Psychological Review**, v.84, p.127-90, 1977.

SIMON, H.A. **Models of thought**. New Haven, Yale University Press, 1979. v.1.

_____. _____. New Haven, Yale University Press, 1989. v.2.

THOMAS, J.R. Acquisition of motor skills: information processing differences between children and adults. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.51, p.158-73, 1980.

THOMAS, J.R.; LEE, A.M.; THOMAS, K.T. **Physical education for children, concepts into practice**. Champaign, Human Kinetics, 1988.

TREISMAN, A.M. Contextual cues in selective listening. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v.12, p.242-8, 1960.

_____ Effect of irrelevant material on the efficiency of selective listening. **American Journal of Psychology**, v.77, p.533-46, 1964.

_____. Perceiving and reperceiving objects. **American Psychologist**, v.47, p.210-37, 1992.

_____. Strategies and models of selective attention. **Psychological Review**, v.76, p.282-99, 1969.

WELFORD, A.T. The psychological refractory period and the timing of high-speed performance: a review and a theory. **British Journal of Psychology**, v.43, p.2-19, 1952.

WINTHER, K.T.; THOMAS, J.R. Developmental differences in children's labeling of movement. **Journal of Motor Behavior**, v.13, n.2, p.77-90, 1981.

ENDEREÇO: Iverson Ladewig
Centro de Estudos do Comportamento Motor - CECOM
Departamento de Educação Física
Universidade Federal do Paraná
BR 116 – Km 93
80215-370 – Curitiba – PR – BRASIL
E-mail: iverson@hermes.edf.ufpr.br

CDD. 20.ed. 152.334

APRENDIZAGEM DE HABILIDADES MOTORAS II: O QUE MUDA COM A PRÁTICA?

Jefferson Thadeu CANFIELD*

RESUMO

Partindo do entendimento de que o movimento humano pode ser visto em diferentes níveis de análise, esse ensaio pretendeu oferecer uma reflexão filosófica na tentativa de explicar como ocorrem as mudanças no processo de aprendizagem motora. Essa reflexão está pautada no entendimento do conceito de intencionalidade e na proposta de complementaridade entre as seguintes questões: a) como um ato motor é executado?; b) por que alguém executa um ato motor? Nesse sentindo, discutindo diferentes abordagens baseadas em autores como Gibson, Reed, Jong, Vygotsky e Mead, optou-se pelo entendimento de intencionalidade como algo que torna menos rígido o acoplamento entre organismo e ambiente, posto que esse conceito refere-se à habilidade do indivíduo agir de modo relativamente independente do objeto visual existente. Essa interpretação contrasta com a abordagem da percepção-ação, e vai ao encontro das idéias de Jong e Vygotsky.

UNITERMOS: Aprendizagem motora; Habilidade motora; Ação; Intencionalidade.

Das possíveis respostas, relacionadas a níveis de abordagem, optamos pela reflexão filosófica, e, assim fazendo, defenderemos que as mudanças ocorrem na intenção, no significado.

Defendemos, também, que o entendimento sobre o movimento humano deve ser uma resultante da atividade acadêmica, produzida sob diferentes perspectivas, diferentes níveis de análise. Há distintos quadros de referências, através dos quais o movimento humano pode ser considerado: macro (sócio-histórico-filosófico); micro (físico-biológico); mecânico, orgânico, pessoal (Shotter, 1975); processual, funcional (Buytendijk, 1977).

Nosso viés elege o nível macro (e entendemos que filosofar não é exclusividade de filósofos) como orientador desta reflexão. Outras perspectivas dariam respostas distintas, identificando mudanças na conexão estímulo-resposta, no programa motor, no esquema motor, nas estruturas coordenativas, na modularização, nas estruturas hierárquicas, entre outras.

Ao buscar afinidades entre as categorizações, corre-se o risco de obscurecer as visões diferentes e específicas nelas contidas. Mesmo assim, o faremos, mas com a convicção de que existem complexidades epistemológicas e antropológicas que, como armadilhas, dificultarão esse caminhar.

Definida a abordagem, identificada a resposta, através de conceitos pertencentes ao campo de estudos da filosofia, elegemos as questões filosóficas básicas que nortearão esta reflexão:

a) O que isto (termo, conceito, fenômeno) realmente significa?

b) Se e como isto pode ser confirmado?

A primeira questão relaciona-se ao que queremos dizer, quando nos referimos aos

Centro Universitário Franciscano - Santa Maria - RS

termos intencionalidade, significado, habilidades motoras, mudanças com a prática?

Para a segunda questão - se e como isto pode ser confirmado (o que muda com a prática), identificamos dois métodos familiares de confirmação: a) empírica - baseada na experiência, na coleta de informações, onde os procedimentos científicos representam as formas mais sofisticadas e sistematizadas de empirismo; b) conceitual - a confirmação por argumentos ou raciocínio relacionado com o significado dos termos em questão. A confirmação conceitual também envolve a descoberta sobre o mundo, mas não pela investigação, se isto implica na coleta de informações adicionais.

Decidimos pela utilização do método conceitual como o mais apropriado para essa temática, uma vez que o método empírico não seria aplicável, considerando-se que ele trata de explanações em termos de causas e não em termos de razões.

A interpretação científica é aceita como predominantemente causal, contrariamente, uma característica importante de uma explanação baseada nas razões, consiste na indicação do significado de uma ação ou objeto, ou, o que é isto, ao invés do que, o que causou isto.

Todavia não se quer dizer que somente algumas ações humanas são passíveis de investigação científica. A questão é que nem todas as questões sobre as ações humanas são questões científicas, abertas à investigação empírica. Entretanto, é importante reconhecer que nem todas as questões sobre o comportamento são questões empíricas. Para cada ação humana é possível, em princípio, proporcionar explicações em termos de causas e razões, e somente o primeiro tipo de explicação está dentro da província da ciência.

Na realização de uma tarefa motora, se perguntarmos: por que se fez aquilo? Não estaremos, certamente, solicitando uma explicação causal, que seria buscada na fisiologia ou na biomecânica. A questão, claramente, busca uma razão ou o significado para a ação.

Em relação ao conteúdo intencional, a questão "como" alguém executa um ato, deve ser complementada pela questão "por que" alguém executa um ato motor (Canfield, 1991).

Considerando que os movimentos da dança dependem de uma interação causal entre ossos, músculos e articulações, um fisiologista pode sugerir formas de como um dançarino pode melhorar seu desempenho. Mas, tais fatores causais seriam irrelevantes para as razões de um julgamento estético do seu desempenho na dança.

Embora haja condições causais necessárias para expressões artísticas, não é o mesmo que dizer que elas são suficientes, ou que a qualidade artística é constituída por tais fatores causais. Para tratar de um significado artístico ou de um julgamento estético, há necessidade de um tipo de explanação diferente.

Admitimos que não é preocupação da filosofia do movimento humano saber qual a atitude de treinadores esportivos, ou quais os métodos mais efetivos de ensino das tarefas motoras, mas refletir sobre o que é o esporte, o que é o movimento humano, qual o significado/intencionalidade do movimento humano.

Trataremos, a partir daqui, dos conceitos envolvidos na temática.

O conceito de intencionalidade (que abrange o significado como um tipo de intencionalidade) é considerado assunto chave na Filosofia da Mente contemporânea (Looren de Jong, 1991) e a ele dedicaremos grande parte de nossa reflexão.

Assumiremos que habilidades motoras (termo estabelecido na temática) são fatores do movimento humano e, somente para este propósito, não são diferentes de padrões e destrezas motoras (Canfield, 1995). O conceito de movimento, não sendo inequívoco, permite especular a existência de uma distinção entre movimento e ação.

O uso do termo movimento, na abordagem motora (Reed, 1982), identifica-o como um deslocamento espaço-temporal do corpo ou de suas partes, enquanto que movimento, vinculado a abordagem de ação (Reed, 1982), articula a conexão corpo-mundo, defendida por Merleau-Ponty.

Vinculando a classificação de Reed (1982) com a visão de corpo, encontramos em Tamboer (1988) a proposta de um corpo substancial e um corpo relacional. O corpo substancial incorpora o conceito de movimento (causal-empírico) e o corpo relacional, o conceito de ação (intencional-conceitual).

Embora o deslocamento das partes do corpo substancial sempre envolvam uma mudança de posição, em relação ao meio ambiente, esse meio é visto como um mundo externo que pode ser entendido e descrito independentemente desse deslocamento. O movimento humano, na

visão do corpo substancial, é considerado um meio para atingir alguma outra coisa.

Em contraste com a imagem de corpo substancial, a imagem do corpo relacional deve ser interpretada em termos de uma relação inerente ao corpo, reconhecida como: conhecendo-o-mundo-em-ação.

De acordo com esse ponto de vista, corpo e mundo não podem ser definidos independentemente um do outro. Há, sim, uma cadeia de relações intrínsecas – relações de significados.

Essa relação assume que o meio ambiente não deve ser considerado um mundo externo neutro, mas um mundo que se refere à intencionalidade da pessoa em ação.

Para Searle (1983), muitas espécies possuem percepção sensorial e ações intencionais. Os primatas têm crenças, desejos e intenções, mas talvez só os humanos possuem uma forma particular de intencionalidade associada com o significado.

O significado requer um contexto. O significado de uma ação particular não pode ser explicado pela estreita visão do movimento físico isolado. O significado é dado pelo contexto da ação onde o movimento é uma parte. Assim, um mesmo movimento físico pode ter diferentes significados, isto é, podem haver diferentes ações em diferentes contextos (Best, 1978).

Devemos também considerar as conceitualizações de Wieringen (1988), que destaca a distinção entre destrezas naturais e culturais. Em destrezas naturais a ênfase pode ser maior na exploração das estruturas coordenativas e sua adaptação à tarefa. Desta forma, tarefas naturais podem ser menos dependentes de envolvimento cognitivo na prescrição para a ação. Entretanto, deve-se salientar que muitas das destrezas motoras aprendidas pelo homem são mais adequadamente referidas como culturais e não naturais.

Na análise do conceito de intencionalidade, Brentano citado por Looren de Jong (1991) propõe dois aspectos:

a) "psicológico" – habilidade da mente referir a alguma coisa fora de si – estar relacionada a algo, assim, distingue o mental do físico. Nesta visão, o mundo é dividido em duas categorias, mutuamente exclusivas "mental" e "física";

b) estatus ontológico do objeto intencional – o objeto intencional não é necessariamente idêntico ao objeto real que está fora da mente.

A mente, nas teorias representacionais, é um tipo de domínio interno de representação simbólica, um estado além ou acima do mundo físico. A psicologia ecológica, por sua vez, assume a importância da intencionalidade mas sem representação. Os conceitos originados em teorias, princípios distintos, permitem identificar indícios de afinidade ou possibilidade de coerência da análise da intencionalidade/significado através das abordagens do movimento, direcionadas à Abordagem Ecológica, Teoria da Ação, Teoria dos Sistemas Dinâmicos. Num primeiro momento, esta lógica nos encaminhou para a análise crítica da intencionalidade na teoria dos sistemas dinâmicos (Canfield, 1991).

Para Canfield (1991), na proposta Neo-Gibsoniana, a combinação da abordagem ecológica com princípios explanatórios derivados da física, abre flancos para uma crítica de só descrever e não explicar o comportamento. É preciso, cremos, verificar o papel da intencionalidade na estrutura da ação do comportamento motor e não somente na descrição da ação. Gibson (1986) afirma que o que nós percebemos é significativo, estabelecendo que o significado não é alguma coisa a ser incorporada ao organismo, durante o processo de percepção, mas que ele está lá, simplesmente lá, na "*affordance*" Assim, perceber "*affordances*" é perceber significados.

Em muitos casos, o ajuste entre o organismo e o meio está longe de ser perfeito, conseqüentemente o organismo precisa aprender a adaptar-se ao seu meio. Mas como é esta "*affordance*" aprendida?

Dentro da hipótese da "*affordance*", a percepção é um convite à ação e a ação é um componente essencial à percepção. Entretanto, a proposição de Gibson de que toda a percepção pode ser entendida sem apelar para mediações lingüísticas ou culturais é problemática.

A proposta Gibsoniana pode ter dificuldade em explicar desempenho em dança, onde a meta não é relacionar-se com o meio ambiente em uma forma particular, mas através do meio.

É importante ressaltar que a definição de intencionalidade em Kugler & Turvey (1987) – relação direta com o meio, é muito estreita para cobrir as intenções de um dançarino. A informação que orienta as ações do dançarino

não é restrita à informação, no sentido da especificidade, que é o conceito de informação em Kugler & Turvey (1987).

Embora Kugler & Turvey partam de um pressuposto de ação (Reed, 1982; Turvey, 1977), eles operam dentro da extensão da imagem do corpo substancial de Tamboer (1988).

Parecem, também, operar no nível orgânico (Shotter, 1975), onde não há distinção entre animais e humanos, na tentativa de explicar intencionalidade.

Este é outro ponto de crítica: o uso de animais para construir uma teoria que aborda o movimento humano.

Kugler & Turvey são reducionistas nas suas tentativas de naturalizar intencionalidade. Seria possível naturalizar a intencionalidade, se os homens fossem somente seres naturalísticos.

Revisitaremos a intencionalidade/significado nas abordagens de Gibson, de Reed, Looren de Jong, Vygotski e Mead relacionando-os com os autores até aqui mencionados, que trataram implícita ou explicitamente destes conceitos.

Uma ação (Reed, 1982), em oposição ao movimento físico, somente pode ser entendida em termos de um contexto, embora este possa ser implícito.

Um mesmo movimento físico pode contar com um infinito número de ações, de acordo com diferentes contextos. Por exemplo, o movimento físico envolvido na assinatura, pode ter várias ações intencionais. Ao assinar um cheque, pode-se fazê-lo para uma doação, comprar um carro, pode ser feita para assinar um protesto, pode ser a assinatura de um contrato de emprego. Em nenhum destes casos pode uma explicação científica dizer-nos qual é a ação, embora possa nos dar uma base causal do movimento.

É o contexto que determina a diferença entre duas ações intencionais. Quando um movimento é executado isoladamente, embora claramente reconhecível, sua característica somente é dada pelo contexto normal de sua ocorrência.

A prática de habilidades motoras em contextos distintos produz mudanças nos significados. O mesmo movimento físico pode ter diferentes significados, isto é, pode ter diferentes ações, em diferentes contextos.

Nós percebemos o significado do movimento, porque nós o assumimos sob um conceito que é determinado, com algum grau de tolerância, pelo conjunto de circunstâncias nas quais ele ocorre. Assim, o significado e o sentimento de um movimento na dança é bem diferente do significado e sentimento do mesmo movimento considerado do ponto de vista puramente físico.

A formulação de intencionalidade, em Brentano, apresenta uma dificuldade à visão ecológica (Gibson, 1986), onde o conceito de percepção direta (a captação da informação na luz que especifica totalmente o ambiente) parece excluir a consciência de objetos ausentes ou abstratos.

Reed (1983) propõe o que ele chama de visão específica de intencionalidade em substituição à visão representacional, definindo intencionalidade da percepção como a habilidade do organismo em apreender objetos do meio ambiente. Esta visão, entretanto restringe a intencionalidade à percepção direta.

Como Reed (1983) parece acreditar, a explanação de intencionalidade em termos de uma relação nominalista (teoria de que somente existem entidades individuais e não entidades abstratas), é insuficiente.

Looren de Jong (1991) propõe uma redefinição de intencionalidade.

Na abordagem representacional (epistemologia Cartesiana), onde o conhecimento é construído como uma representação interna (espelho), correspondente à realidade externa (Rorty, 1980), permanece, na interpretação de Looren de Jong (1991), sem dar resposta a Brentano, quando este critica a dicotomia entre coisas existentes na mente e coisas existentes no mundo. Parece que uma redefinição da mente é necessária. Esta redefinição deveria ser em termos funcionais, em termos do que o organismo faz no seu meio ambiente. Nesta abordagem naturalista, a mente deveria ser construída como uma conexão do organismo ao mundo, vista como um algo que antecede a função ao invés de algo existente num mundo interior.

Revisando a definição de Brentano, Looren de Jong (1991) estabelece que a intencionalidade é um estado de um indivíduo que está planejando, ou tem expectativas de ação, relacionadas a algumas condições que não estão imediatamente presentes. A habilidade de levar em conta entidades, não imediatamente disponíveis no campo visual, parece ser uma característica crucial nesses processos normalmente chamados intencionais. Isto implica em que a

intencionalidade começa, onde o acoplamento direto do organismo com o meio termina.

Este desacoplamento é uma característica importante da proposta de Vygostki para o desenvolvimento da percepção, e encontrada de forma rudimentar na teoria da percepção mediada de Gibson.

Gibson é mais conhecido pela sua teoria de percepção direta – a captação imediata da informação disponível no campo visual, sem intervenção de processos cognitivos representacionais. Pouco conhecido é o que ele disse sobre percepção indireta e representações. Uma das maiores diferenças entre Gibson e alguns de seus seguidores, como Shaw e Turvey é o fato destes desconsiderarem os processos indiretos e representacionais.

Gibson (1982) admite que a percepção indireta pode ser mediada por instrumentos, por figuras, ou por descrição verbal. Os mediadores ajudam a aguçar a percepção, a fixar os resultados da percepção, transmitindo o conhecimento adquirido e são intrinsecamente sociais por natureza. Como notado por Reed (1987a), estas idéias sobre representação são similares às de Vygotski, embora este tenha ido mais longe que Gibson, ao descrever a internalização das ferramentas psicológicas que estruturam a percepção, dentro de um sistema funcional de interação com o meio ambiente, como base para o desenvolvimento mental. Em contraste com seus seguidores, Gibson deixou aberta a possibilidade de uma forma de desacoplamento entre a consciência e o campo visual.

Em sua preocupação com as formas de consciência não perceptiva, como a imaginação, a consciência de coisas não imediatamente presentes, Gibson (1986) tentou explicar a operação de sistemas perceptivos sem as restrições do fluxo de estímulos, em outras palavras – a informação separada do estímulo. Isto significa que Gibson admite a possibilidade do organismo operar na ausência de estímulos presentes.

Looren de Jong (1991) sugere que a visão de internalização de Vygotski (sobre as quais Gibson tinha dúvidas) pode ser construída como um complemento à noção de mediação, comum a ambos.

Para sumarizar a noção de internalização em Vygotski, podemos dizer que uma criança, ao envolver-se na solução de problemas, inicia usando estratégias para dar suporte ao seu pensamento, memorização e percepção, e esses constituem-se num tipo de ferramenta psicológica que auxilia e reestrutura a atividade mental. Num primeiro estágio de desenvolvimento, a criança usa signos externos (p.ex. cartões coloridos), mais tarde, estes auxílios são internalizados e a tarefa pode ser realizada sem os signos externos, constituindo um processo cultural. Todas as funções mentais superiores são, inicialmente, interpessoais (mostradas e ensinadas pelos pais ou professores), tornando-se, depois, intrapessoais.

Enquanto a teoria de representação de Gibson é restrita ao nível interpessoal, Vygotski acrescenta uma dimensão intrapessoal de internalização dessas ferramentas psicológicas. Ações externas são transformadas em funções internas.

Gibson e Vygotski vêem a percepção mediada como uma extensão da percepção direta, onde as ferramentas ajudam a refinar e estruturar a percepção.

A mediação (Bruner, 1962) é a capacidade de estabelecer estruturas significativas com a intenção de ver coisas com mais profundidade e simplicidade. Também, a capacidade de criar estruturas de ordem superior, que efetivamente substituem e dão mais poder às estruturas conceituais já alcançadas, conduzindo a aprendizagens superiores. Essas aprendizagens superiores permitem mais graus de liberdade na interpretação das coisas do meio ambiente e no controle da ação.

A posição de Vygotski, sobre o jogo na criança, é uma ilustração interessante deste acoplamento menos direto e rígido entre o organismo e o meio ambiente. Durante o jogo, coisas podem estar no lugar de outras coisas: é da essência do jogo que uma nova relação é criada, entre o campo do significado e o campo visual, isto é, entre a situação imaginada e a situação real. Portanto, as coisas perdem sua força determinante e a criança fica apta para agir independente do que ela vê. Neste sentido, o jogo ocupa uma posição intermediária entre a total dependência das restrições situacionais, onde o significado é fixado pelas *affordances* do meio (características da criança jovem e as funções naturais), e uma quase total liberdade de situações características do pensamento simbólico e do pensamento conceitual abstrato.

Independente dos méritos da análise de Vygotski, como uma teoria completa do jogo, ela parece capturar alguns aspectos essenciais de

uma teoria naturalística do significado. O significado não é imposto por estímulos sensoriais intrínsecos desprovidos de significado, como nas teorias representacionais de percepção. O significado pode ser internalizado e significados podem ser destacados a partir das ações.

Na visão de Vygotski (método histórico-genético), intencionalidade não é uma propriedade intrínseca inata de um domínio mental indefinível, mas uma função desenvolvida a partir de formas mais naturais e simples de interação organismo-meio.

A análise do gesto, em Vygostki, permite identificar paralelismo com o interacionismo simbólico de Mead citado por Jong (1991).

O conceito básico do interacionismo simbólico de Mead é o gesto. O movimento gestual implica numa mutualidade no significado dos signos entre atores. Uma vez que o significado de um signo surge da reação de uma outra pessoa, o significado não pode ser uma entidade mental subjetiva, mas, "... o significado existe antes da consciência do significado, principalmente na estrutura objetiva de uma relação ativa de um organismo com um determinado componente de seu meio" (Joas, 1985, p.116).

Para Mead, como para Vygostski e Gibson, o papel dos signos é o de aguçar a percepção e controlar o comportamento. Segundo Mead (1934), os signos são meios para captar os aspectos relevantes da situação. O significado é visto como uma relação organismo-meio ao invés de uma entidade mental. Neste aspecto, aproxima-se da abordagen ecológica em termos de *affordances*.

Gibson, Vygotski e Mead compartilham uma abordagem não-reducionista, funcionalista da mente, focalizando a capacidade do organismo em adaptar-se e também mudar seu ambiente. A ênfase de Mead é no controle da conduta, através de ações gestuais e signos. Gibson preocupou-se com o controle da ação pela percepção: "... a percepção é controlada pela busca de *affordances* do meio e, o comportamento é controlado pela percepção destas *affordances*" (Gibson, 1974, 1982). Vygotski também considera um certo grau de controle interno, mas no sentido de uma independência relativa do objeto presente no meio.

Gibson, Vygotski e Mead consideram a mente pela ótica de um processo de controle para interações organismo-meio, enquanto que a tradição Cartesiana considera a mente um depósito de imagens ou proposições com relações problemáticas com o mundo.

As idéias de Vygotski podem ser consideradas um suplemento do trabalho de Gibson. A teoria da percepção indireta de Gibson se assemelha ao conceito de mediação de Vygotski.

Na prática de habilidades motoras, além das mudanças mecânico-orgânicas (referência causal) ocorrem mudanças que podem ser explicadas em termos de razões, identificadas pelos conceitos de intecionalidade/significado. Das concepções relativamente contrastantes, contidas nas visões naturalísitcas e representacionais, concordamos com Looren de Jong (1991) que propõe, a partir de Young (1987), definir intencionalidade como uma habilidade de agir de forma relativamente independente do objeto visual existente. Sugere, também, que o conceito de internalização de Vygotski proporciona algumas pistas em direção a um conceito naturalista de intencionalidade, onde haverá um acoplamento menos rígido entre o organismo e o meio.

ABSTRACT

THE LEARNING OF MOTOR SKILLS II: WHAT CHANGE WITH THE PRACTICE

Given the undestanding that human movement can be seen from different levels of analysis this essay attempted to offer a philosophical reflection in order to explain how changes in the motor learning process occur. This reflection is based upon the comprehension of intetionality and the proposition of complementarity between the following subjects: a) how is a motor act performed? b) why does someone perform a motor act? In this sense, discussing different approaches based upon authors like Gibson, Reed, Jong, Vygotsky and Mead, the choice made was to examine intentionality as being something that turns the

coupling between organism and environment less rigid, since this concept refers to the subjects skill to act relatively independent of the existent visual object. This interpretation, contrasts with the perception-action approach and is in line with Jong's and Vygotsky's ideas.

UNITERMS: Motor learning; Motor skill; Action; Intentionality.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEST, D. **Philosophy and human movement**. London, George Allen & Unwin, 1978.

BRUNER, J.S. **Introduction**: L.S. Vygostskij, Thought and Language. Cambridge, MIT Press, 1962.

BUYTENDIJK, F.J.J. O jogo humano. In: GADAMER, H.G.; VOGLER, P., eds. **Antropologia cultural**. São Paulo, EDUSP, 1977.

CANFIELD, J.T. Aprendizagem e consciência do movimento humano. In: DANTAS, E.H.M., ed. **Pensando o corpo e o movimento**. Rio de Janeiro, Shape, 1994. p.79-85.

_____. A intencionalidade e os sistemas dinâmicos. **Kinesis**, v.7, p.31-40, 1991.

_____ **O movimento humano**: conceitos e uma história. Santa Maria, JtC Editor, 1995.

GIBSON, J. **The ecological approach to visual perception**. Hillsdale, Lawrence Erlbaum, 1986.

_____. Notes on action. In: REED, E.; JONES, R., eds. **Reasons for realism**. Hillsdale, Lawrence Erlbaum, 1774/1982.

JOAS, H. **G.H.Mead**: a contemporary re-examination of his thought. Cambridge, Polity Press, 1985.

KUGLER, P.N.; Turvey, M.T. **Information, natural law, and the self-assembly of rhytmic movement.** Hillsdale, Lawrence Erlbaum, 1987.

LOOREN-DE-JONG, H. Intentionality and the ecological approach. **Journal for the Theory of Behaviour**, v.21, n.1, p.91-109, 1991.

MEAD, G.H. **Mind, self and society**. Chicago, University of Chicago Press, 1934.

REED, E.S. James Gibson's ecological approach to cognition. In COSTALL, A.; STILL, A., eds. **Cognitive psychology in question**. New York, St.Martin's, 1987a.

_____ An outline of a theory of action systems. **Journal of Motor Behaviour**, v.14, n.2, p.98-134, 1982.

_____. Two theories of the intentionality of perceiving. **Synthese**, v.54, p.85-94, 1983.

RORTY, R. **Philosophy and the mirror of nature**. Oxford, Basil Blackwell, 1980.

SEARLE, J.R. **Intentionality.** Cambridge, Cambridge University Press, 1983.

SHOTTER, J. **Images of man in psychological research**. London, Methuen, 1975.

TAMBOER, J.W.I. Images of the body underlying conceps of action. In: MEYER, O.G.; ROTH, K., eds. **Complex motor behaviour**: the motor-action controversy. Amsterdam, North-Holand, 1988. p.439-61.

TURVEY, M.T. Preliminaries to a theory of action with reference to vision. In: SHAW, R.; BRANSFORD, J., eds. **Perceiving, acting, and knowing**. Hillsdale, Lawrence Erlbaum, 1977. p.211-65.

WIERINGEN, P.C.W. Van Kinds and levels of explanation: implications for motor systems versus action systems controversy. In: In: MEYER, O.G.; ROTH, K., eds. **Complex motor behaviour**: the motor-action controversy. Amsterdam, North-Holand, 1988. p.87-120.

ENDEREÇO: Jefferson Thadeu Canfield
Área de Ciências Sociais e Humanas
Centro Universitário Franciscano
Rua das Andradas, 1614
97010-032 - Santa Maria – RS – BRASIL

CDD. 20.ed. 152.1

ESTRATÉGIAS DE CONTROLE EM MOVIMENTOS COMPLEXOS: CICLO PERCEPÇÃO-AÇÃO NO CONTROLE POSTURAL

José Angelo BARELA*

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo discutir alguns aspectos do funcionamento do sistema postural, enfatizando o relacionamento entre informação sensorial e ação motora. Verificando a utilização da informação visual e somatosensória na manutenção da posição em pé, por adultos e crianças, foi observado que o sistema de controle postural busca manter um relacionamento coerente e estável entre a pessoa e o meio ambiente. No caso da informação somatosensória a coerência e estabilidade deste relacionamento foi alcançada utilizando uma estratégia de "feedforward", onde informação sensorial é utilizada para obter informação entre o indivíduo e o ambiente e, então, utilizada para antecipar a ocorrência da ação motora específica com o objetivo de reduzir oscilação corporal. Esta estratégia foi verificada tanto para adultos quanto para crianças. Entretanto, em crianças a estabilidade do relacionamento entre informação sensorial e ação motora é mais fraca que em adultos. Desta forma, foi concluído que a estabilidade entre informação sensorial e ação motora é crucial para o funcionamento do sistema de controle postural.

UNITERMOS: Controle postural; "Feedforward"; Acoplamento percepção-ação.

Estratégias de controle em movimentos complexos: ciclo percepção-ação no controle postural

O funcionamento do sistema postural envolve a necessidade de coordenar e controlar os segmentos corporais com base nas informações sensoriais. Desta forma, mesmo um comportamento cotidiano como a manutenção da posição ereta, ao contrário do que parece, é uma tarefa complexa que envolve um intricado relacionamento entre informação sensorial e atividade motora. Apesar dos avanços no entendimento do funcionamento do sistema postural, uma questão central relacionada ao seu funcionamento começou apenas recentemente a ser respondida: "como informação sensorial e ação motora estão relacionados um com outro durante a manutenção de uma posição corporal desejada". O objetivo deste trabalho é discutir alguns aspectos do funcionamento do sistema postural, enfatizando o relacionamento entre informação sensorial e ação motora.

Controle postural: uma tarefa complexa

A manutenção de uma posição corporal desejada envolve a coordenação e controle dos segmentos corporais com relação aos outros segmentos corporais e a coordenação e controle destes segmentos corporais com relação ao meio ambiente. Horak & Macpherson (1996) definiram dois objetivos comportamentais do sistema de controle postural: orientação e equilíbrio corporal. A orientação postural está relacionada à manutenção da posição dos segmentos corporais com respeito aos outros

* Instituto de Biociências da Universidade Estadual de São Paulo – Rio Claro.

segmentos corporais e com respeito ao meio ambiente. O equilíbrio postural está relacionado ao equilíbrio das forças internas e externas que agem no corpo durante as ações motoras.

Um problema que o sistema de controle postural tem que resolver, durante a manutenção de uma posição corporal, é que as forças atuando nos segmentos corporais não são constantes. Uma consequência da variação destas forças é que, mesmo em uma posição estática, como por exemplo a manutenção da posição ereta, o corpo nunca está totalmente imóvel. A FIGURA 1 apresenta um estabilograma, onde a posição do centro de massa nas direções médio-lateral (abcissa) e ântero-posterior (ordenada), de uma pessoa adulta mantendo a posição em pé o mais estável possível, durante o intervalo de 25 segundos, é apresentada. Como pode ser verificado a posição do centro de massa oscila de um lado para o outro e para frente e para trás. Estas oscilações são decorrentes da dificuldade em manter os muitos segmentos corporais alinhados entre si sobre uma base de suporte restrita, utilizando um sistema muscular esquelético que produz forças que variam ao longo do tempo (De Luca, LeFever, McCue & Xenakis, 1982). Desta forma, os segmentos corporais controlados pela ação muscular são incapazes de permanecer em orientações estritamente constantes (Collins & De Luca, 1993). A questão que surge é: como a manutenção de uma orientação corporal é mantida por um sistema que sofre a ação de forças constantemente mudando? Sem dúvida, a manutenção de uma orientação é alcançada com base em um intrincado relacionamento entre informação sensorial e atividade motora. Uma sugestão de como este relacionamento ocorre é discutida no próximo tópico.

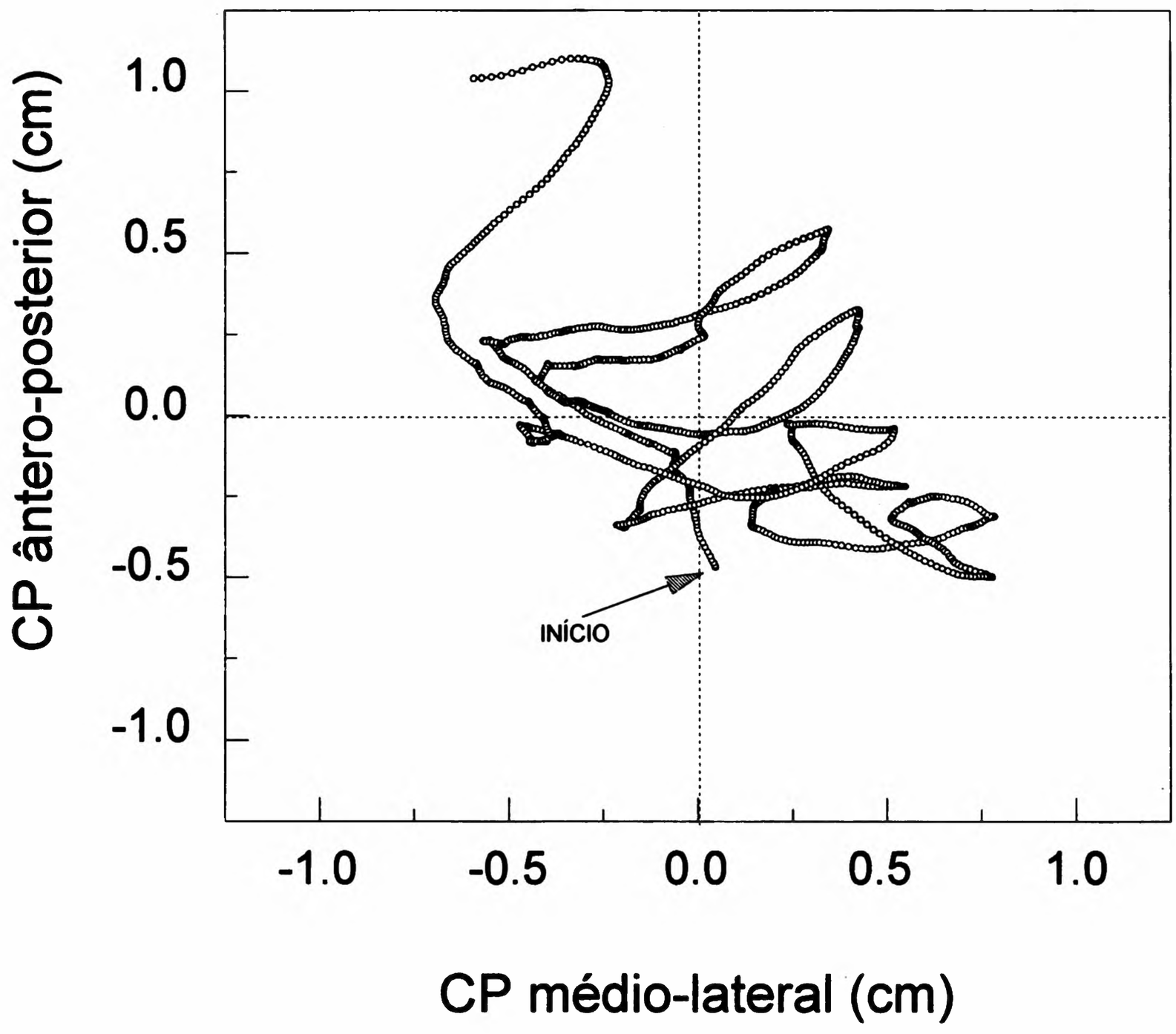


FIGURA 1 - Estabilograma do centro de pressão de uma pessoa adulta mantendo a posição em pé durante 20 segundos.

Controle postural: ciclo percepção-ação

O sistema de controle postural recebe informação sensorial predominantemente dos sistemas visual, vestibular e somatosensório (Nashner, 1981). Estas informações sensoriais informam sobre a posição relativa dos segmentos corporais e sobre as forças internas e externas,

atuando nos segmentos corporais. Todas estas informações sensoriais são, então, utilizadas para estimar e antecipar as forças agindo no corpo e, combinadas com atividade muscular apropriada, para produzir ou manter a posição corporal desejada (Horak & MacPherson, 1996).

Esta visão de funcionamento do sistema de controle postural assume que informação sensorial e atividade motora estão entrelaçados entre si com o objetivo de atingir ou manter o equilíbrio e a orientação postural. Em muitas situações, o relacionamento entre informação sensorial e atividade muscular dá-se de forma contínua, como por exemplo, durante a manutenção da posição ereta por algum período de tempo. Neste caso, informação sensorial influencia a realização das ações motoras relacionadas ao controle postural e, simultaneamente, a realização destas ações motoras influencia a obtenção de informação sensorial. Por exemplo, na manutenção da posição ereta, uma oscilação para frente é detectada pelos sistemas sensoriais e, consequentemente, ocorre contração dos músculos posteriores para que esta oscilação seja revertida. Entretanto, assim que a oscilação é revertida, agora para trás, um novo fluxo de informação faz-se disponível, indicando a nova direção da oscilação. Baseado nesta informação, ocorrerá nova contração, agora, dos músculos anteriores e assim sucessivamente. Nas situações em que esta dependência mútua entre percepção e ação é manifestada regularmente, o padrão percepção-ação (Schöner, 1991) ou o ciclo percepção-ação (Barela, 1997) é formado.

O uso da informação sensorial para atenuar oscilação corporal

A influência da informação sensorial no controle postural tem sido estudada basicamente através de duas estratégias. A primeira estratégia baseia-se na manipulação da informação sensorial, ou seja, quando a mesma está presente, ausente ou é deficiente. Por exemplo, a oscilação corporal verificada na manutenção da postura em pé quase dobra quando a informação visual é eliminada, seja pelo ato de fechar os olhos ou de deixar o ambiente escuro (Paulus, Straube & Brandt, 1984; Paulus, Straube, Krafczyk & Brandt, 1989). Além da disponibilidade de informação, a qualidade da informação visual também é importante e influencia no controle postural. Paulus e colegas (Paulus, Straube & Brandt, 1984; Paulus, Straube, Krafczyk & Brandt, 1989) observaram que qualquer manipulação na qualidade da informação visual, como por exemplo, diminuição da acuidade visual ou aumento da distância entre o observador e o cenário visual, provoca aumento da oscilação corporal.

A explicação de como a informação visual influência o controle postural foi formulada baseando-se no deslocamento do cenário ambiental na retina do observador (Paulus, Straube, Krafczyk & Brandt, 1989). Quando a informação visual está disponível, por exemplo, durante a manutenção da posição em pé com os olhos abertos, o cenário do ambiente está sendo projetado na retina do observador. Conforme o observador oscila para frente, a projeção deste cenário na retina aumenta e o observador interpreta este aumento como sendo decorrente de sua oscilação para frente. Esta informação é usada na produção de atividade muscular com o objetivo de diminuir e reverter esta oscilação. Quando informação visual não está disponível, por exemplo quando o observador está com os olhos fechados ou em um ambiente escuro, a projeção do cenário na retina não pode ser utilizada e, consequentemente, outras fontes de informação sensorial devem ser utilizadas. Esta explicação também é coerente com as situações nas quais a informação visual é manipulada. Por exemplo, diminuição da acuidade visual ou aumento da distância entre o observador e o cenário influencia a projeção da cenário na retina. Com o aumento da distância, a projeção do cenário na retina é reduzida. Consequentemente, o observador necessita ter uma amplitude de oscilação maior para que a projeção seja alterada em uma mesma quantidade do que quando a distância do observador e o cenário era menor. Desta forma, o sistema de controle postural parece minimizar a expansão da imagem na retina com o objetivo de manter um relacionamento estável entre o observador e o cenário ao seu redor.

Recentemente, o efeito da informação somatosensória no controle postural tem sido investigado utilizando a estratégia do toque suave em uma superfície rígida (Holden, Ventura & Lackner, 1994; Jeka & Lackner, 1994; 1995). Nestes estudos, indivíduos adultos na posição em pé tocaram a ponta do dedo indicador em uma superfície rígida estacionária, posicionada ao lado deles, em duas condições experimentais: a) podiam aplicar o quanto de força quisessem e; b) podiam aplicar no máximo 1 N de força (toque suave). Em ambas situações, foi verificada uma

redução significante da oscilação corporal comparado com a situação sem toque. No caso da situação em que a quantia de força aplicada era ilimitada, a redução da oscilação corporal ocorreu decorrente do suporte mecânico fornecido pela superfície. Entretanto, no caso do toque suave, a força aplicada na superfície era insuficiente para fornecer suporte mecânico (Holden, Ventura & Lackner, 1994; Jeka & Lackner, 1994; 1995). Mais interessante ainda, foi a constatação que, em ambas as condições experimentais, variações da força aplicada na superfície e variações da oscilação corporal estavam relacionadas. Na situação de força ilimitada, mudanças na força e mudanças na oscilação corporal ocorriam espacial e temporalmente de forma semelhante, sem qualquer diferença temporal. Por outro lado, na situação de toque suave, as mudanças estavam espacialmente relacionadas mas com uma diferença temporal entre a força e a oscilação corporal. Mudanças na força aplicada ocorriam de 200 a 300 milésimos de segundo a frente de mudanças na oscilação corporal (Jeka & Lackner, 1994). Um exemplo deste relacionamento entre força aplicada na superfície e oscilação corporal é apresentado na FIGURA 2.

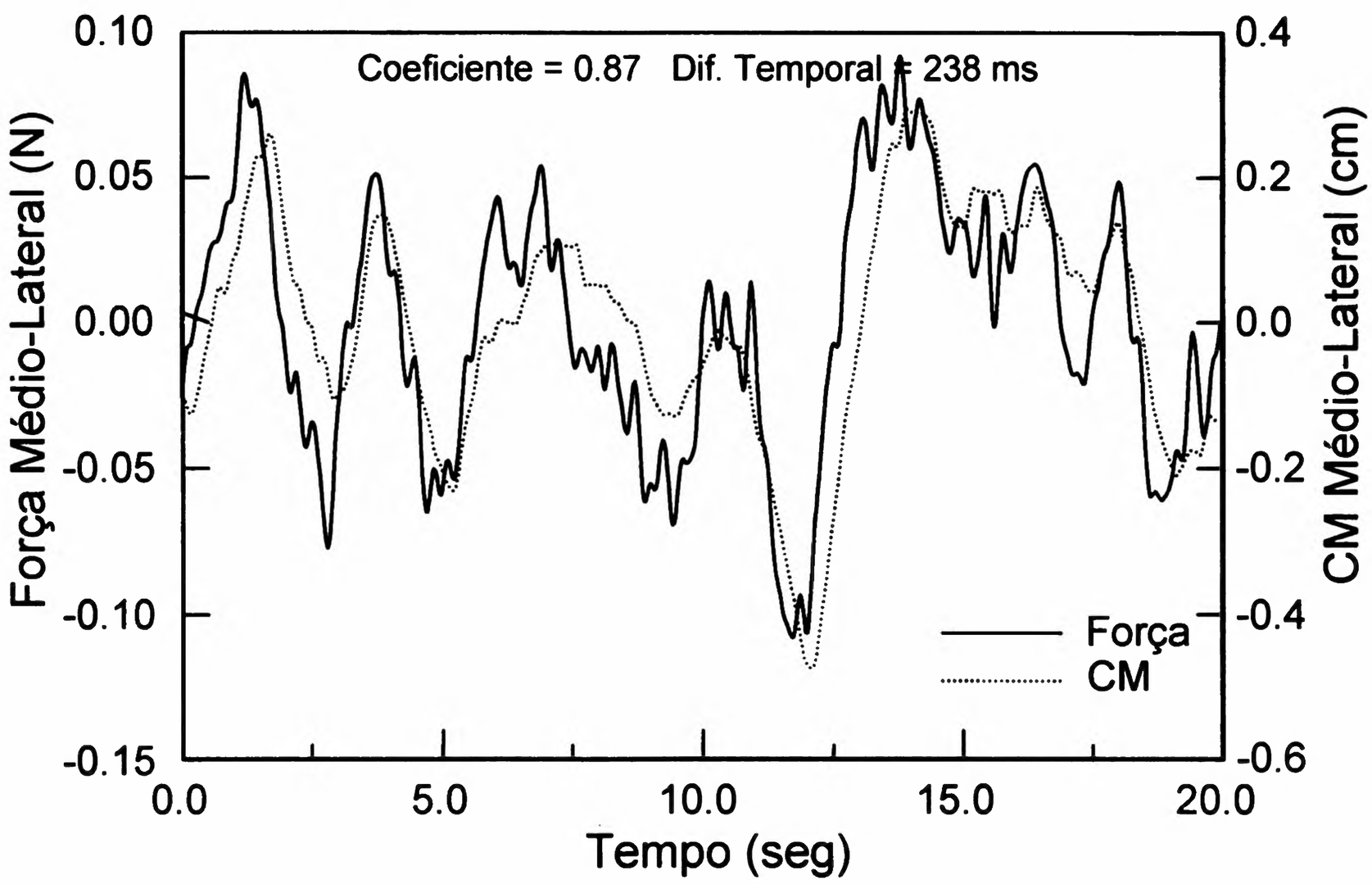


FIGURA 2 - Variação da força aplicada em uma superfície estacionária e do centro de massa durante a manutenção da posição em pé. Nota: O coeficiente e diferença temporal obtidos através da correlação cruzada para os dois sinais são apresentados. A escala para o centro de massa é mostrada no lado direito do gráfico.

Jeka &Lackner (1994) sugeriram que o toque suave da ponta do dedo com a superfície fornece informação sobre a oscilação corporal que é utilizada na forma de "feedforward" para implementar o controle postural e, consequentemente, reduzir oscilação corporal. Por exemplo, conforme uma pessoa oscila na direção da superfície que esta tocando, a força aplicada na superfície aumenta na mesma direção que a pessoa está oscilando, indicando a oscilação da pessoa. A partir da constatação desta oscilação, a pessoa diminui a força aplicada na ponta dos dedos, para evitar ultrapassar o limite imposto (1 N), e utiliza esta informação para iniciar a oscilação do corpo na direção oposta ao movimento que estava ocorrendo. Desta forma, mudanças na força aplicada ocorrem à frente das mudanças correspondentes na oscilação corporal. A diferença de 200 a 300 milésimos de segundo é decorrente, sugeriram Jeka & Lackner (1994), do tempo necessário para processamento e tomada de decisão e do tempo necessário para produzir ativação muscular e reverter o momento de inércia do corpo.

Em um estudo subsequente, Jeka & Lackner (1995) investigaram o mecanismo de "feedforward", referente ao uso de informação somatosensória a partir do toque suave com uma superfície, de forma mais detalhada. Jeka & Lackner (1995) investigaram a atividade eletromiográfica dos músculos responsáveis pela reversão da oscilação corporal na direção médio-lateral, na situação de toque suave. Os resultados indicaram que a ativação muscular ocorre por volta de 150 milésimos de segundo após mudanças na força aplicada e, após outros 150 milésimos de segundo, a oscilação corporal ocorre. Baseados nestes resultados, os autores concluíram que o contato da ponta dos dedos com uma superfície estacionária fornece informação sobre a oscilação corporal que é utilizada para produzir ativação muscular apropriada, de forma antecipatória ("feedforward"), com o objetivo de controlar a oscilação corporal (Jeka & Lackner, 1995).

Os estudos desenvolvidos por Jeka & Lackner (1994, 1995) indicaram a utilização do ciclo percepção-ação pelo sistema de controle postural. Informação sensorial e ação motora estão intimamente relacionados na obtenção da tarefa de manter o corpo em uma determinada posição desejada. Mais ainda, o funcionamento do sistema de controle postural necessita que este relacionamento entre informação sensorial e ação motora seja coerente e estável. Recentemente, estes dois aspectos foram verificados em estudos desenvolvimentais (Barela, Jeka & Clark, 1999a, 1999b). Seguindo longitudinalmente bebês durante a aquisição da posição em pé independente, Barela, Jeka & Clark (1999a) observaram que a aquisição de um relacionamento coerente entre informação sensorial e oscilação corporal é essencial para a solução do problema de manter um corpo composto de muitos segmentos sobre uma pequena superfície de apoio. Bebês, no curso de aquisição da posição em pé independente, apresentaram melhoras significativas na manutenção da posição ereta quando conseguiram incorporar as informações sensoriais provenientes do toque em uma superfície com uma mão, utilizando a mesma estratégia de feedforward verificada para adultos.

Em outro estudo, Barela, Jeka & Clark (1999b) examinaram a estabilidade do ciclo percepção-ação em crianças de quatro, seis e oito anos de idade. Estas crianças foram testadas na situação experimental do toque suave. Os resultados revelaram, primeiro, que oscilação corporal foi reduzida significantemente com o toque suave da ponta do dedo em uma superfície. Crianças nas três diferentes idades apresentaram redução de 30 a 50% da oscilação corporal na situação de toque suave em comparação com a situação sem toque. Este resultado sugere que crianças na faixa de quatro a oito anos estavam utilizando a informação somatosensória proveniente do contato da ponta dos dedos com a superfície estacionária. Segundo, estas crianças utilizavam a informação sensorial empregando a mesma estratégia de "feedforward", verificada para os adultos. Mudanças na força aplicada pela ponta do dedo na superfície estacionária estavam relacionadas espacial e temporalmente com mudanças na oscilação corporal. Semelhantemente aos adultos, mudanças na forças estavam por volta de 300 milésimos de segundos a frente das mudanças na oscilação corporal.

Apesar destas semelhanças verificadas entre as crianças e os adultos, a estabilidade temporal do ciclo percepção-ação é mais fraca em crianças do que em adultos. Embora mudanças na força e na oscilação corporal estivessem relacionadas, os coeficientes de correlação observados para as crianças foram mais baixos dos aqueles observados para os adultos (Barela, Jeka & Clark, 1999b). Um exemplo das semelhanças e diferenças entre crianças e adultos utilizando o toque suave para atenuar a oscilação corporal é apresentado na FIGURA 3. Claramente, pode ser observado que mesmo uma criança de quatro anos de idade consegue utilizar o toque suave para atenuar a oscilação corporal (comparação da oscilação nas FIGURAS 3a e 3b), entretanto, ela não consegue manter um relacionamento estável entre oscilação corporal e informação sensorial durante a tentativa toda, indicando que o acoplamento não está desenvolvido nos níveis verificados para adultos.

De forma geral, informações sensoriais são incorporadas na tarefa de controle da posição corporal deseja. Mais ainda, estas informações são utilizadas de forma contínua, como sugerido ocorrer no ciclo percepção-ação. O objetivo deste ciclo, como exemplificado para ambos os casos, visão e toque suave, é o de manter a relação entre a pessoa e o ambiente o mais estável possível. O sistema de controle postural tenta manter a imagem projetada na retina o mais estável e estacionária possível. Da mesma forma, a relação entre as mudanças de força na ponta do dedo e da oscilação corporal também é mantida a mais estável possível, pelo menos no caso de adultos.

Então, a estratégia utilizada pelo sistema de controle postural é minimizar as alterações no ciclo percepção-ação, ou seja, minimizar alterações entre o relacionamento da pessoa e o ambiente.

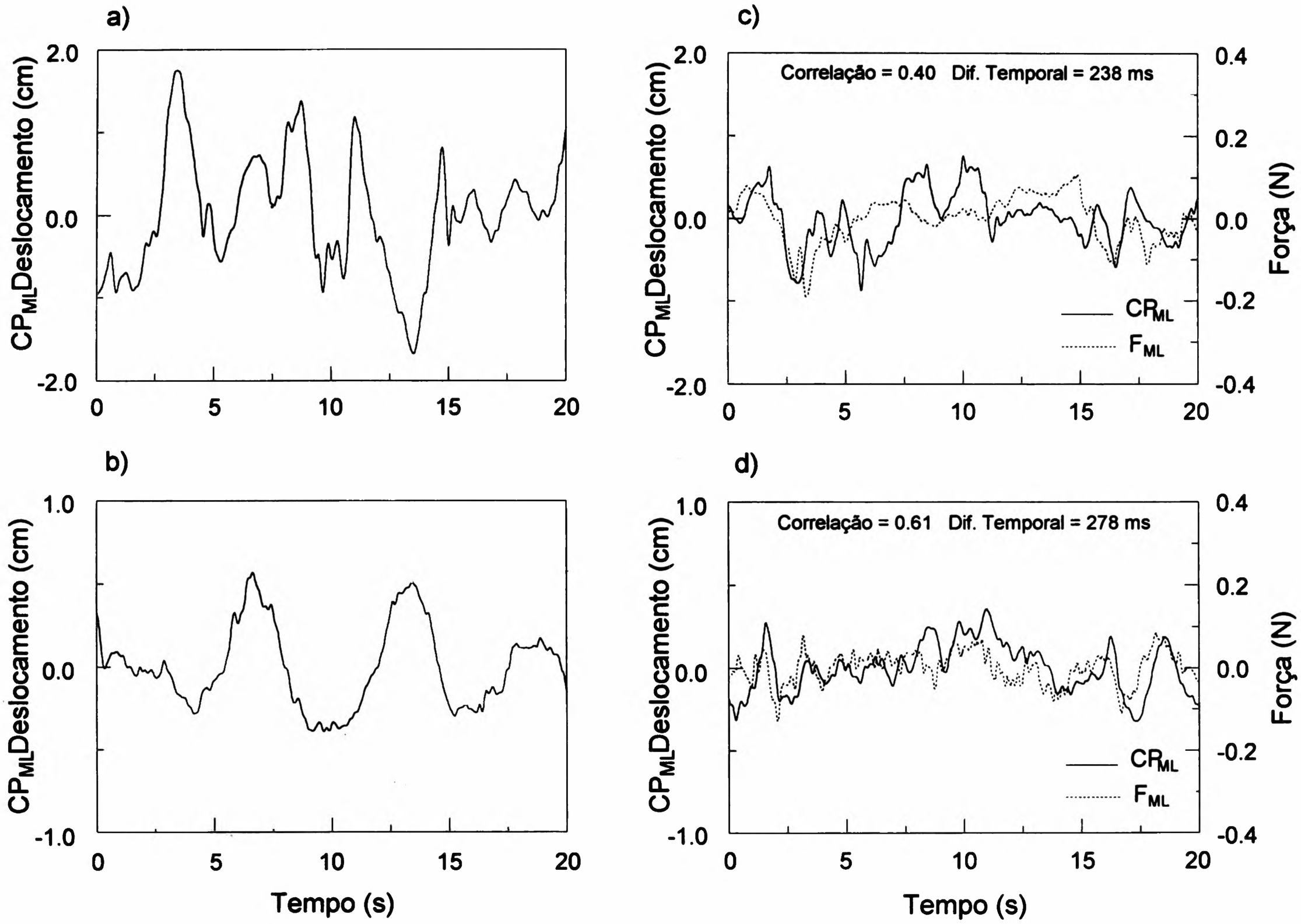


FIGURA 3 - Oscilação do centro de pressão na direção médio-lateral na condição sem toque para uma criança de quatro anos de idade (A) e para um adulto (B). Oscilação do centro de pressão e variação da força aplicada na condição de toque suave para uma criança de quatro anos de idade (C) e para um adulto (D) com os respectivos coeficientes e diferenças temporais obtidos através da correlação cruzada entre os dois sinais. Nota: As escalas são diferentes entre os gráficos da criança e do adulto para melhor representação gráfica.

O uso da informação sensorial para induzir oscilação corporal

Tendo sugerido que o sistema de controle postural procura minimizar a relação do observador e o ambiente, a questão que surge é: será que esta minimização ocorre mesmo em casos que a informação sensorial é manipulada? Na década de setenta, Lee e colaboradores (Lee & Aronson, 1974; Lee & Lishman, 1975; Lishman & Lee, 1973) manipularam experimentalmente a informação visual movendo uma "sala" suspensa. Esta sala, conhecida como "sala móvel", era composta pelas paredes laterais, o teto e um dos fundos e podia ser movimentada para frente e para trás. Adultos e crianças ficavam em pé nesta sala e, quando a mesma era movimentada para frente e para trás, oscilações corporais correspondentes eram observadas. Em alguns casos em que a sala móvel foi movimentada bruscamente, a manutenção da posição ereta foi comprometida, ocorrendo até quedas (Lee & Aronson, 1974). Estes estudos pioneiros de Lee e colegas demonstraram que a manipulação da informação

visual produz alterações na manutenção da orientação postural. Apesar dos muitos estudos que utilizaram este paradigma experimental (p.ex. Bertenthal & Bai, 1989; Butterworth & Hicks, 1977; Delorme, Frigon & Lagacé, 1989; Schmuckler, 1997) muitas dúvidas ainda persistem com relação ao acoplamento entre informação visual e ação motora no controle da posição postural.

Jeka e colaboradores (Jeka, Oie, Schöner, Dijkstra, Henson, 1998; Jeka, Schöner, Dijkstra, Ribeiro & Lackner, 1997; Jeka, Schöner & Lackner, 1994) examinaram o relacionamento entre informação somatosensória e ação motora no controle postural. Eles criaram a versão deles da "sala móvel" para examinar os efeitos do toque suave em uma superfície oscilatória, posicionada na posição lateral de adultos mantendo a posição ereta. Similarmente à condição do toque suave na superfície estacionária, contato com a superfície oscilatória ocorreu através da ponta do dedo indicador com níveis de força abaixo de 1 N. Os resultados revelaram que a oscilação corporal foi semelhante à freqüência de oscilação da superfície e que o relacionamento entre a oscilação da superfície e a oscilação corporal foi temporalmente estável. Análises mais detalhadas indicaram que o acoplamento entre a informação proveniente do toque suave na superfície oscilatória e a oscilação corporal foi baseado na velocidade e posição dos sinais somatosensoriais provenientes da ponta dos dedos quando em contato com a superfície (Jeka, Oie, Schöner, Dijkstra & Henson, 1998; Jeka, Schöner, Dijkstra, Ribeiro & Lackner, 1997).

Os resultados obtidos por Jeka e colegas, tanto na atenuação da oscilação corporal através do toque suave em uma superfície estacionário quanto a indução de oscilação corporal através do toque suave em uma superfície oscilatória, indicaram que informação sensorial influencia o sistema de controle postural através de um acoplamento entre informação sensorial e oscilação corporal. Mais ainda, o sistema de controle postural procura manter uma relação estável com o meio no qual a posição corporal desejada é mantida. Esta relação estável é mantida mesmo em situações em que o sistema de controle postural necessita produzir oscilação corporal, como verificado na situação do toque suave em uma superfície oscilatória (Jeka, Oie, Schöner, Dijkstra & Henson, 1998; Jeka, Schöner, Dijkstra, Ribeiro & Lackner, 1997).

Se o acoplamento entre informação sensorial e ação motora no controle postural é crucial, será que diferenças comportamentais podem ser decorrentes de diferenças neste acoplamento? Este acoplamento está presente em crianças e, se está, é semelhante ao verificado em adultos? Procurando responder estas perguntas Barela, Jeka & Clark (1999c) verificaram o acoplamento entre uma superfície oscilatória e a oscilação corporal em crianças de quatro, seis e oito anos de idade, utilizando a estratégia experimental desenvolvida por Jeka e colegas. Crianças tocaram uma superfície oscilatória, aplicando menos de 1 N de força, com o dedo indicador. Os resultados revelaram que o movimento da superfície oscilatória induziu oscilação corporal correspondente em crianças.

A FIGURA 4 apresenta a oscilação e respectiva análise espectral da superfície de toque e da oscilação corporal de uma criança de quatro anos de idade e de um adulto, ao longo de uma tentativa. Como pode ser verificado, o toque suave da ponta do dedo indicador à uma superfície oscilatória induz oscilação corporal tanto na criança de quatro anos de idade quanto no adulto (FIGURA 4a e 4c, respectivamente). Conforme a superfície oscilava de lado para outro, correspondente oscilação corporal foi verificada. Mais ainda, a freqüência da oscilação corporal foi semelhante à freqüência de oscilação da superfície de toque. No caso das tentativas apresentadas na FIGURA 4, a freqüência de oscilação da superfície foi de 0,2 Hz. Análise espectral revelou picos bem definidos para o movimento da superfície e para a oscilação corporal (FIGURA 4b e 4d, respectivamente) ao redor de 0,2 Hz. Apesar do pico bem definido, a análise espectral revelou uma distribuição de freqüência muito mais ampla ao redor deste pico para a criança de quatro anos do que a verificada para os adultos. Isto indica que apesar de ser influenciada pelo movimento da superfície e oscilar predominantemente com a mesma freqüência da superfície de toque, as crianças apresentam outras freqüências compondo a oscilação corporal.

Barela, Jeka & Clark (1999c) verificaram a estabilidade do acoplamento entre o movimento da superfície e a oscilação corporal verificando a coerência entre os dois sinais. Os resultados indicaram que a estabilidade do acoplamento entre a oscilação corporal e a oscilação da superfície foi mais fraco para as crianças do que para os adultos. Desta forma,

diferenças no controle postural em crianças parecem ser decorrentes de um acoplamento menos estável entre informação sensorial e ação motora necessário para a manutenção de uma posição postural desejada (Barela, 1997).

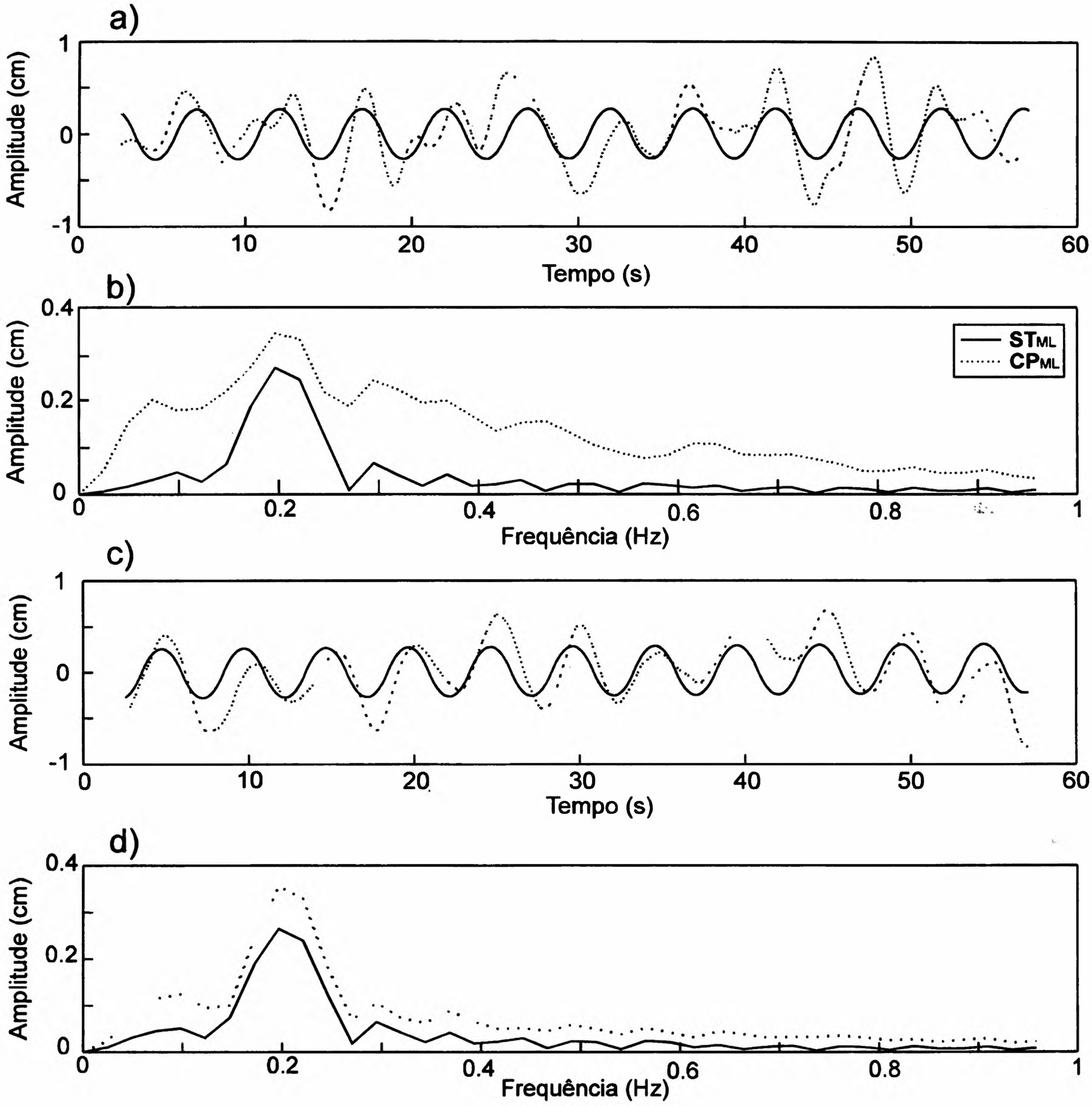


FIGURA 4 - Oscilação do centro de pressão e da superfície de toque para uma criança (A) e para um adulto (C) e análise espectral para ambos os sinais para a tentativa da criança (B) e para a tentativa do adulto (D).

CONCLUSÃO

Durante a manutenção de uma orientação postural desejada, há a necessidade de ocorrer um relacionamento estável entre o executante e o meio ambiente ao seu redor. Para que isto ocorra, informação sensorial e ação motora são utilizadas continuamente pelo sistema de controle postural, formando um ciclo percepção-ação. Este ciclo está baseado em um relacionamento coerente e estável que, no caso da utilização da informação somatosensória, ocorre utilizando uma estratégia de "feedforward". Neste caso, informação sensorial é utilizada para estimar oscilação corporal e, então, utilizada para produzir atividade motora antecipatória com o objetivo de minimizar esta oscilação corporal. Este relacionamento parece não estar totalmente desenvolvido em crianças e pode ser a causa das diferenças comportamentais entre crianças e adultos com relação ao controle postural.

ABSTRACT

STRATEGIES OF CONTROL IN COMPLEX MOVEMENTS: PERCEPTION-ACTION CYCLE IN POSTURAL CONTROL

The purpose of this study was to examine the functioning of the postural control system with emphasis on the relationship between sensory information and motor action. Verifying how visual and somatosensory information are used to maintain the upright position in adults and children, it was possible to observe that the postural control system tries to maintain a coherent and stable relationship between the person and the environment. Regarding the somatosensory information, the coherence and stability of this relationship is obtained through a feedforward strategy where sensory information is used to obtain information about the relationship between the person and the environment and, thus, used to produce anticipatory motor activity in order to reduce body sway. This strategy was verified for both adults and children. However, in children this stability was weaker than in adults. These results indicated that the relationship between sensory information and motor action is crucial for the functioning of the postural control system.

UNITERMS: Postural control; Feedforward; Perception-action coupling.

NOTA

Para realização deste trabalho, o autor foi parcialmente financiado pelo CNPq – Bolsa de Doutorado no Exterior (processo #200952/93.5) – e, atualmente, está sendo financiado pela FAPESP – Programa Jovem Cientista (processo #97/06137-3).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARELA, J.A. **Development of postural control: The coupling between somatosensory information and body sway**. Maryland, 1977. Doctoral Dissertation, University of Maryland, College Park.

BARELA, J.A.; JEKA, J.J.; CLARK, J.E. The use of somatosensory information during the acquisition of independent upright stance. **Infant Behavior and Development**, v.22, p.87-102, 1999a.

_____. Postural control in children I: the use of somatosensory information to attenuate body sway. **Experimental Brain Research**, (Submetido à publicação, 1999b).

_____. Postural control in children II: properties of somatosensory coupling. **Experimental Brain Research.** (Submetido à publicação, 1999c).

BERTENTHAL, B.I.; BAI, D.L. Infant's sensitivity to optical flow for controlling posture. **Developmental Psychology**, v.25, p.936-45, 1989.

BUTTERWORTH, G.; HICKS, L. Visual proprioception and postural stability in infancy: a developmental study. **Perception**, v.6, p.256-62, 1977.

COLLINS, J.J.; De LUCA, C.J. Open-loop and closed-loop control of posture: a random-walk analysis of center-of-pressure trajectories. **Experimental Brain Research**, v.95, p.308-18, 1993.

DELORME, A.; FRIGON, J.Y.; LAGACÉ, C. Infant's reactions to visual movement of the environment. **Perception**, v.18, p.667-73, 1989.

De LUCCA, C.J.; LeFEVER, R.S.; McCUE, M.P.; XENAKIS, A.P. Control scheme governing concurrently active human motor units during voluntary constractions. **Journal of Physiology**, v.329, p.129-42, 1982.

HOLDEN, M.; VENTURA, J.; LACKNER, J.R. Stabilization of posture by precision contact of the index finger. **Journal of Vestibular Research**, v.4, p.285-301, 1994.

HORAK, F.B.; MacPHERSON, J.M. Postural orientation and equilibrium. In: ROWELL, L.B.; SHEPARD, J.T., eds. **Handbook of physiology**. New York, Oxford University Press, 1996. p.255-92.

JEKA, J.J.; LACKNER, J.R. Fingertip contact influences human postural control. **Experimental Brain Research**, v.100, p.495-502, 1994.

_____. The role of hapitc cues from rough and slippery surfaces in human postural control. **Experimental Brain Research**, v.103, p.267-76, 1995.

JEKA, J.J.; OIE, K.S.; SCHÖNER, G.; DIJKSTRA, T.; HENSON, E. Position and velocity coupling of postural sway to somatosensory drive. **Journal of Neurophysiology**, v.79, p.1661-74, 1998.

JEKA, J.J.; SCHÖNER, G.; DIJKSTRA, T.; RIBEIRO, P.; LACKNER, J.R. Coupling of fingertip somatosensory information to head and body sway. **Experimental Brain Research**, v.113, p.475-83, 1977.

JEKA, J.J.; SCHÖNER, G.; LACKNER, J.R. Entrainment of postural sway to sinusoidal haptic cues. **Society for Neuroscience Abstracts**, v.20, p.336, 1994.

LEE, D.N.; ARONSON, E. Visual proprioceptive control of standing in human infants. **Perception and Psychophysics**, v.15, p.529-32, 1974.

LEE, D.N.; LISHMAN, J.R. Visual proprioceptive control of stance. **Journal of Human Movement Studies**, v.1, p.87-95, 1975.

LISHMAN, J.R.; LEE, D.N. The autonomy of visual kinaesthesis. **Perception**, v.2, p.287-94, 1973.

NASHNER, L.M. Analysis of stance posture in humans. In: TOWE, A.L.; LUSCHEI, E.S., eds. **Motor coordination.** New York, Plenum Press, 1981. p.527-65. (Handbook of behavioral neurology, v.5).

PAULUS, W.M.; STRAUBE, A.; BRANDT, T. Visual stabilization of posture: physiological stimulus characterisctics and clinical aspects. **Brain**, v.107, p.1143-63, 1984.

PAULUS, W.M.; STRAUBE, A.; KRAFCZYK, S.; BRANDT, T. Differential effects of retinal target displacement, changing size and changing disparity in the control of anterior/posterior and lateral body sway. **Experimental Brain Research**, v.78, p.243-52, 1989.

SCHMUCKLER, M.A. Children's postural sway in response to low- and high-frequency visual information for oscillation. **Journal of Experimental Psychology**: Human Perception and Performance, v.23, p.528-45, 1997.

SCHÖNER, G. Dynamic theory of action-perception patterns: the "moving room" paradigm. **Biological Cybernetics**, v.64, p.455-62, 1991.

ENDEREÇO: José Angelo Barela
Laboratório para Estudos do Movimento (LEM)
Departamento de Educação Física
Instituto de Biociências – UNESP/Rio Claro
Av. 24-A, 1515 – Bela Vista
13506-900 Rio Claro – SP – BRASIL
e-mail: jbarela@rc.unesp.br

CDD. 20.ed. 152.1

SOBRE A GENERALIDADE DE ESTRATÉGIAS DE CONTROLE SENSÓRIO-MOTOR

Luis Augusto TEIXEIRA*

RESUMO

Movimentos balísticos simples orientados à contatação de um alvo são regulados a partir de princípios de controle motor bem conhecidos, os quais regem a relação de antagonismo entre velocidade de movimento e demanda de precisão da resposta. Neste texto são relatados resultados de investigação experimental (Teixeira, 1999), em que foram analisadas variáveis cinemáticas na habilidade motora de chute de potência, havendo duas fontes de demanda de precisão: alvo primário (bola) e alvo remoto (local a ser atingido pela bola). Os resultados mostraram que a regulação da velocidade de movimento foi feita predominantemente em função do tamanho do alvo remoto, o qual define uma área virtual sobre a área real disponível relativa ao alvo primário. Tais resultados mostram que o controle em habilidades motoras complexas de contatação balística de alvo estão sujeitas ao mesmo princípio de troca entre velocidade e precisão, porém outras variáveis críticas entram em cena para definir as restrições de precisão sobre o desempenho. Essa característica impede uma generalização direta das leis observadas em movimentos simples de contatação suave de alvo e indicam a necessidade de investigações adicionais dos mecanismos específicos de controle motor empregados nesse tipo de tarefa.

UNITERMOS: Estratégias de controle motor; Movimentos complexos; Movimentos de contatação; Movimentos balísticos.

Movimentos balísticos manuais endereçados à contatar um alvo espacial estão sujeitos a uma relação inversamente proporcional entre velocidade e precisão, de forma que quanto maior a exigência de precisão em uma tarefa motora menor é a velocidade de movimento observada. Esta relação foi inicialmente modelada por Fitts (1954), que demonstrou que o tempo de movimento em tais tarefas é uma função linear do logaritmo do dobro da amplitude de movimento dividida pela largura do alvo. Esta proposição, a qual veio a ser conhecida como Lei de Fitts, tem recebido amplo suporte empírico em diferentes tipos de tarefa envolvendo velocidade e precisão de movimento, tais como contatar um alvo físico com a mão ou estilete (Fitts, 1954; Fitts & Peterson, 1964; MacKenzie, Marteniuk, Dugas, Liske & Eickmeier, 1987; Marteniuk, MacKenzie, Jeannerod, Athenes & Dugas, 1987), movimentos de contatação feitos com a cabeça (Andres & Hartung, 1989), atingir um alvo em monitor de computador através de movimentos com um mouse (Graham, 1996), e em tarefas de agarrar objetos (Bootsma, Marteniuk, MacKenzie & Zaal, 1994).

A explicação que tem sido dada para esse fenômeno é que o aumento do índice de dificuldade, particularmente pela diminuição da largura do alvo, gera uma maior demanda de processamento de "feedback" em função da maior restrição espacial colocada pela tarefa, fazendo com que o tempo de movimento seja aumentado como conseqüência do maior número de ajustes necessários para obtenção de sucesso. A estratégia específica de processamento de "feedback", entretanto, tem sido proposta através de dois modelos. A primeira proposição é originária dos

* Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

trabalhos de Keele (1968) e Crossman & Goodeve (1983), onde é hipotetizado que cada submovimento, isto é, a execução de cada conjunto de comandos motores, é efetuado com períodos regulares de latência, e cada um deles possuindo a mesma capacidade de redução da diferença entre a posição inicial e a posição desejada sobre o alvo. Dentro dessa proposição de controle intermitente, as correções começam a ser feitas a partir do momento que haja tempo suficiente para o processamento de "feedback", e continuam por todo o movimento em intervalos de tempo correspondentes ao tempo de reação até que o movimento seja concluído.

A segunda forma de controle motor tem sido proposta por Beggs & Howarth (1972a, b; Howarth & Beggs, 1981; Howarth, Beggs & Bowen, 1971), em que um movimento orientado à contatação de um alvo é visto como ocorrendo em duas fases distintas. A primeira, conduzida em circuito aberto de processamento de "feedback", corresponde ao deslocamento inicial do membro e tem a função primária de cobrir a maior parte da distância entre a posição inicial e a posição-alvo. A segunda corresponde à fase final da resposta, em que ajustes ou correções da trajetória do membro são implementados a fim de se obter a máxima precisão na execução da tarefa. O controle intermitente por essa perspectiva, então, compreende uma fase inicial de redução de distância e uma segunda fase de aproximação do alvo com apenas uma correção, que é iniciada um tempo de reação antes da resposta ser concluída. Dessa forma, quanto mais próximo do alvo estiver o membro nesse período imediatamente anterior ao contato, maior o potencial de precisão da resposta, induzindo o executante a não processar "feedback" nessa fase inicial de redução de distância, o que lhe tomaria um tempo importante da fase final de aproximação. Em função de tais características, esses modelos de controle intermitente têm sido chamados respectivamente de modelo de correções múltiplas e modelo de correção única (Glencross & Barrett, 1989). Escassa evidência empírica tem sido apresentada para o primeiro, pois raramente são observadas numerosas variações cinemáticas discretas ao longo de movimentos orientados a um alvo (ver Jagacinski, Repperger, Moran, Ward & Glass, 1980, para uma exceção). Por outro lado, resultados de pesquisa têm mostrado que movimentos balísticos de contatação com um alvo são caracterizados por uma variação brusca da velocidade/aceleração próxima ao alvo, sugerindo um modo de controle de correção única (cf. Abrams, Meyer & Kornblum, 1990; Carlton, 1979, 1981; Chua & Elliott, 1993, Experimento 1).

Tanto o modelo de correção única quanto o modelo de correções múltiplas têm sua lógica baseada na idéia de que um movimento discreto dirigido a um alvo é controlado por uma série de comandos motores relativamente imprecisos, que no desenrolar do movimento precisarão ser ajustados por informação de feedback para que o alvo seja atingido. Tais elaborações teóricas, portanto, assumem um mecanismo de controle estereotipado, onde o programa motor inicial sempre produz movimentos imprecisos, independentemente de suas características cinemáticas ou da demanda da precisão da tarefa. Contudo, Schmidt e colaboradores (Schmidt, Zelaznik & Frank 1978; Schmidt, Zelaznik, Hawkins, Frank & Quinn, 1979) mostraram que a precisão espacial numa tarefa de contatação de um alvo é dependente da velocidade do membro durante o movimento, de forma que o aumento da velocidade do movimento, em uma série de tentativas, leva a um aumento da variabilidade do ponto de contatação em tarefas onde há pouco tempo disponível para processamento de "feedback". Além disso, outro fator que é hipotetizado assumir um papel importante na variabilidade da resposta produzida é o ruído neural. Esse ruído é produzido pelo aumento do nível de ativação do sistema nervoso central, o qual é responsável por instabilidades do sistema de controle.

Baseado no princípio da variabilidade de resposta em função da magnitude do impulso inicial do movimento (velocidade) mais variabilidade produzida pelo ruído neural, Meyer, Abrams, Kornblum, Wright & Smith (1988) propuseram um modelo estocástico de submovimentos otimizados, onde mecanismos de "feedback" passam a tomar parte no controle somente à medida que ajustes de rota sejam necessários. Mais especificamente, é assumido que um movimento rápido para um alvo inclui um ou dois submovimentos, independentemente da distância ou da largura do alvo. O submovimento inicial é programado para atingir o centro do alvo, e se este submovimento termina dentro dos limites do alvo nenhum submovimento adicional será necessário. Se o ponto final antecipado do submovimento inicial estiver fora dos limites do alvo, como conseqüência das perturbações provocadas pelo ruído neuromotor, um segundo

submovimento é produzido gerando alterações de trajetória na tentativa de executar uma aproximação mais precisa ao alvo. Dessa forma, Meyer et alii (1988) propõem um modelo de controle que leva em consideração as idiossincrasias da tarefa no controle de movimentos balísticos dirigidos a um alvo, deixando explícita a idéia de que a interação entre programas motores e circuitos de "feedback" não está estabelecida a priori, sendo dependente de fatores tais como a variabilidade de resposta inerente ao sistema motor e a demanda de precisão da tarefa.

A investigação desses princípios em movimentos relativamente simples, em que é feito um movimento manual balístico a partir de uma base em direção a um alvo, tem demonstrado que se podem fazer predições bastante precisas sobre a variação da velocidade de movimento em função da demanda de precisão (Lei de Fitts), assim com se pode prever a variabilidade do ponto final de contatação (erro de precisão) a partir da velocidade de movimento imposta (variabilidade de resposta). No campo do comportamento motor complexo também existe uma série de tarefas que são restringidas simultaneamente por exigências de velocidade e precisão, tais como nas tarefas de martelar um prego, rebater uma bola com um bastão, com uma raquete ou com a própria mão, assim como no chutar uma bola, nas quais se espera observar uma relação inversamente proporcional entre esses componentes de controle. Isto é, em condições de menor demanda de precisão, caracterizadas por alvos relativamente grandes, os movimentos podem ser feitos mais rapidamente sem prejuízo para o desempenho. Para alvos pequenos, a velocidade de movimento deve ser reduzida a fim de se maximizar a precisão da resposta e atingir o alvo espacial desejado.

A partir do exposto acima, uma questão importante a ser investigada é se os mesmos princípios e leis observados em movimentos simples são aplicáveis na regulação de movimentos complexos. Apesar da inclinação inicial em aceitar como pressuposto que os mesmos mecanismos seriam responsáveis pelo controle de movimentos balísticos em geral, algumas das principais diferenças entre tarefas motoras complexas e aquelas tarefas estudadas sob o paradigma de Fitts, impossibilitam uma generalização mais segura. Em primeiro lugar, em tarefas motoras complexas o alvo é atingido com o objetivo de projetá-lo em alguma direção e não apenas de contatá-lo. Essa característica exige do executante a alteração do perfil cinemático predominantemente simétrico, em que a velocidade do movimento é aumentada até aproximadamente a metade do tempo de movimento com subsequente redução de velocidade conforme o segmento corporal se aproxima do alvo. Pequenas quebras de simetria são observadas somente à medida que haja maior ou menor demanda de precisão, porém o pico de velocidade continua ocorrendo bem distante do momento de contato com o alvo (FIGURA 1A). Em contrapartida, em tarefas motoras de propulsão de uma bola, por exemplo, o executante tem como objetivo não apenas atingir o alvo com precisão mas necessita fazê-lo aplicando grande potência ao implemento. Para atingir seu objetivo, portanto, tem que fazer com que o pico de velocidade ocorra o mais próximo possível do contato com o objeto a ser projetado, transferindo o máximo de energia a ele. Dessa forma, o perfil cinemático característico desse tipo de tarefa é de velocidade crescente ao longo de todo o movimento até o contato com o objeto, gerando uma curva assimétrica com curtose acentuada à direita (FIGURA 1B).

Segundo, em movimentos complexos geralmente existem alvos primários (próximos) e secundários (remotos), o que dificulta a determinação da área alvo disponível para contato. Quando se faz o contato balístico com um objeto a fim de projetá-lo para uma dada localização espacial, o tamanho dessa localização corresponde a um alvo remoto que impõe restrições sobre a área que esse objeto pode ser atingido a fim de que a tarefa seja executada com sucesso. Colocando com outras palavras, o alvo remoto a ser atingido pelo objeto projetado estabelece uma área-alvo virtual sobre a área do alvo primário real, a qual define a verdadeira demanda de precisão da tarefa motora. Em condições em que o alvo remoto é bastante grande (simplesmente projetar um objeto numa dada direção, por exemplo) o alvo primário provavelmente dite por si só a demanda de precisão. Em outras condições, nas quais há uma área reduzida a ser atingida pelo objeto projetado, o alvo remoto impõe restrições adicionais de precisão àquelas estabelecidas pelo alvo primário, o que deve gerar alterações no perfil cinemático do movimento.

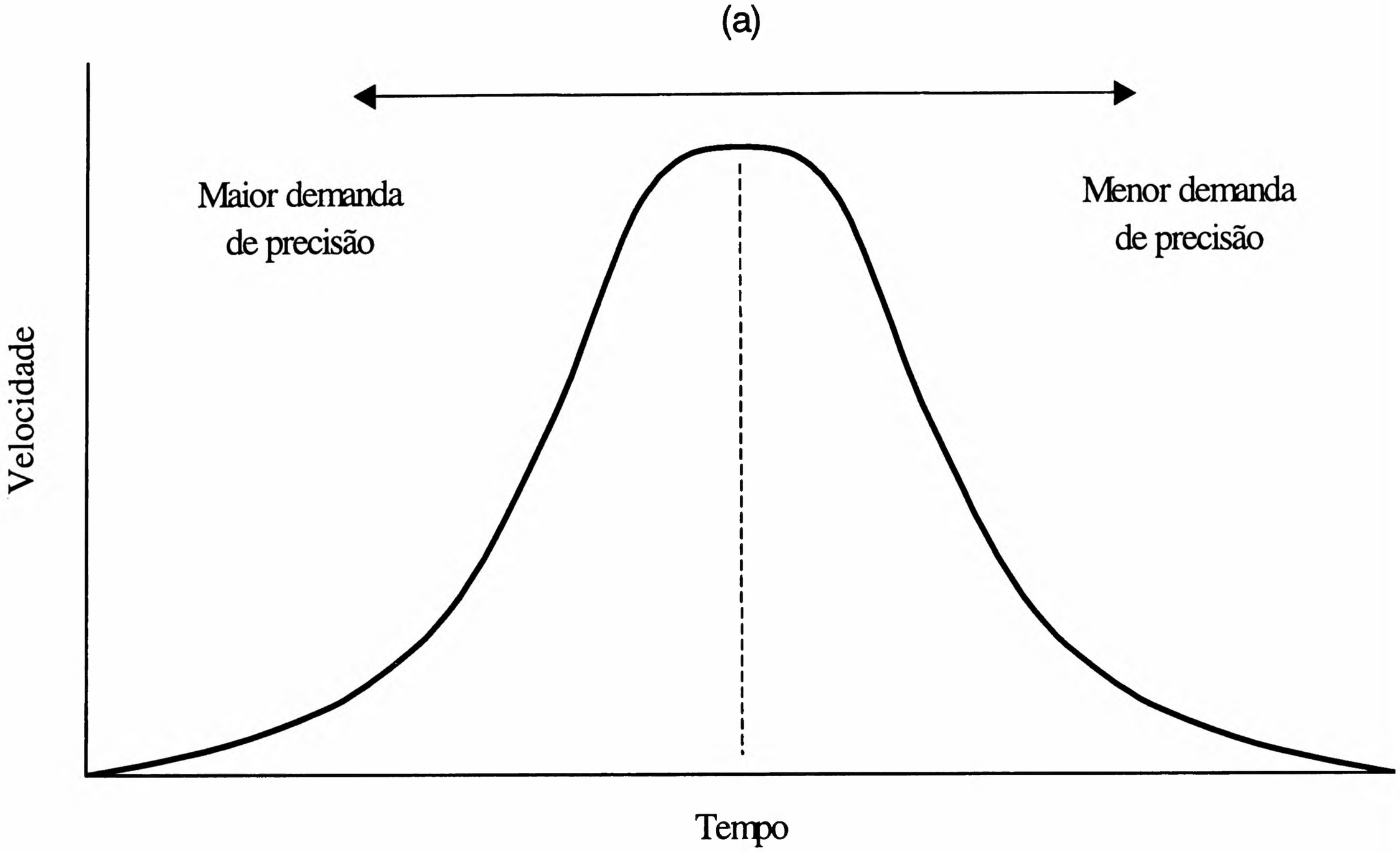


FIGURA 1 – Perfis cinemáticos característicos de movimentos balísticos orientados à contatação de um alvo físico através de um toque mais suave (a), e de movimentos balísticos orientados à propulsão de um implemento móvel através de um contato de potência (b).

E terceiro, a maior força inercial característica de movimentos complexos, criada como conseqüência não apenas de velocidades mais altas de movimento, mas também do uso de segmentos corporais mais pesados ou aumento de peso pelo uso de implementos para contatação, pode tornar o uso de informação de "feedback" mais difícil de ser implementado do que em movimentos mais lentos, tais como aqueles usados no paradigma de Fitts. Essa característica pode implicar modos de controle motor qualitativamente diferentes, desde que forças inerciais maiores necessitam de mais força muscular para serem vencidas, o que consequentemente torna as correções via "feedback" sensorial mais difíceis e mais demoradas para serem implementadas. Esse aspecto pode fazer com que o sistema sensório-motor opte por atuar exclusivamente por controle antecipatório ("feedforward") ao invés de tentar promover ajustes via circuito fechado, como ocorre no controle de movimentos simples com menor carga inercial.

Em conjunto, essas diferenças entre tarefas motoras simples e complexas impossibilitam a generalização direta da Lei de Fitts, ou mesmo de princípios de controle em tarefas motoras balísticas mais simples, para tarefas motoras mais complexas. À luz dessa observação, serão comentados os resultados de um estudo (Teixeira, 1999) que teve como propósito investigar as variações cinemáticas em movimentos de chute de potência em função da combinação de duas fontes de restrição de precisão: tamanho da bola (alvo primário) e tamanho do alvo a ser atingido pela bola (alvo secundário).

Foram utilizados como sujeitos deste estudo praticantes habilidosos de futebol, no âmbito universitário, com preferência pedal direita. Esses sujeitos foram solicitados a chutar uma bola estática o mais fortemente possível, empregando a

parte frontal do pé direito para realizar o contato. Foram utilizados dois tamanhos de bola: 11 cm diâmetro (pequena) e 22 cm de diâmetro (grande), ambas com peso similar. Essas bolas foram chutadas para um alvo quadrado com 40 cm de lado (delimitado) ou para uma rede que ocupava todo o espaço frontal do sujeito (não-delimitado). Ambos os alvos foram colocados à 3 m de distância do local de chute. O desempenho nessas tarefas foi filmado com três câmeras de alta velocidade (180 Hz), a partir do que foi feito o rastreamento de uma marca reflexiva colocada no maléolo lateral da perna direita, com posterior reconstrução do espaço tridimensional por DLT. Quatro variáveis cinemáticas foram escolhidas para análise: 1) tempo de movimento (tempo entre contato do pé de apoio com o solo e contato do pé de chute com a bola), 2) velocidade média do pé usado para chutar, 3) velocidade de contato do pé com a bola, e 4) tempo após o pico de velocidade (tempo entre o pico de velocidade e o contato do pé com a bola).

Caso os princípios de controle de movimento sejam os mesmos entre movimentos simples e movimentos complexos, poderíamos fazer algumas conjecturas. Em primeiro lugar, a partir da Lei de Fitts, pode-se hipotetizar que o tempo de movimento varia como conseqüência do índice de dificuldade do movimento, de maneira que movimentos mais fáceis (com menor demanda de precisão) devem ser feitos em menor período de tempo enquanto que movimentos com maior demanda de precisão devem ter duração mais prolongada. Segundo, como a variabilidade do ponto final de contatação aumenta com a velocidade de movimento, poderia ser esperado que para condições com maior demanda de precisão a velocidade de deslocamento da perna seja reduzida como estratégia para aumentar a precisão de movimento, assim como em condições com menores restrições de precisão a velocidade de movimento seria elevada para aumentar a potência aplicada à bola. Por fim, outro elemento de controle que pode estar associado à variação de velocidade é o tempo de ocorrência do pico de velocidade. Como uma das principais estratégias para modulação da velocidade de contato consiste no adiantamento ou atraso do tempo do momento de maior velocidade do movimento, a redução da velocidade de contato entre o pé e a bola pode ser produzida por uma fase mais prolongada de desaceleração da perna nas condições de maior demanda de precisão, em função da ocorrência do pico de velocidade mais precocemente. Em condições que exigem menor precisão o pico de velocidade deve ser quase coincidente com o contato entre pé e bola.

A análise dos resultados mostrou que para tempo de movimento foi observado apenas efeito significativo de alvo, indicando que o alvo definido levou a tempos de movimento mais longos. O efeito do tamanho da bola ficou longe de atingir valores significativos, o que revela que o tamanho do alvo primário (bola) não interferiu na regulação do controle dessa variável. Resultados similares foram encontrados para velocidade média e velocidade de contato. Apenas a análise de tempo após o pico de velocidade revelou efeitos significativos para o fator tamanho de bola, além do mesmo efeito de tamanho do alvo secundário encontrado nas três variáveis anteriores, mostrando que tanto alvo definido como bola pequena levaram a fases de desaceleração mais prolongadas (FIGURA 2).

Destes resultados emergiu um quadro mais claro de como velocidade e precisão são intercambiados a fim de gerar simultaneamente movimentos rápidos e precisos em tarefas motoras complexas. A tarefa de chutar uma bola em direção a um espaço delimitado é representativa de uma categoria de tarefas em que o alvo primário próximo (bola) é contatado a fim de ser projetado na direção do alvo secundário remoto. Desde que o alvo remoto reduz o tamanho da área-alvo efetivamente disponível para contato no alvo primário, uma importante questão sobre o modo de controle destas tarefas é como estas duas fontes de restrição influenciam a cinemática do movimento. MacKenzie et alii (1987) mostraram que em tarefas de contatação manual, com alvos bidimensionais, o tempo após o pico de velocidade é mais longo para alvos menores, implicando uma fase de desaceleração mais prolongada. Nos presentes resultados foi mostrado que tanto o tamanho da bola quanto o tamanho do alvo produziram um efeito semelhante, com tempos após o pico de velocidade mais longos sendo observados para maiores restrições de precisão impostas tanto pela bola pequena quanto pelo alvo definido. A fase de desaceleração prolongada gerada pela redução do tamanho da bola, entretanto, não conduziu à velocidades de movimento diferentes, desde que para tempo de movimento, velocidade média e velocidade de contato foi observado apenas o efeito de alvo secundário.

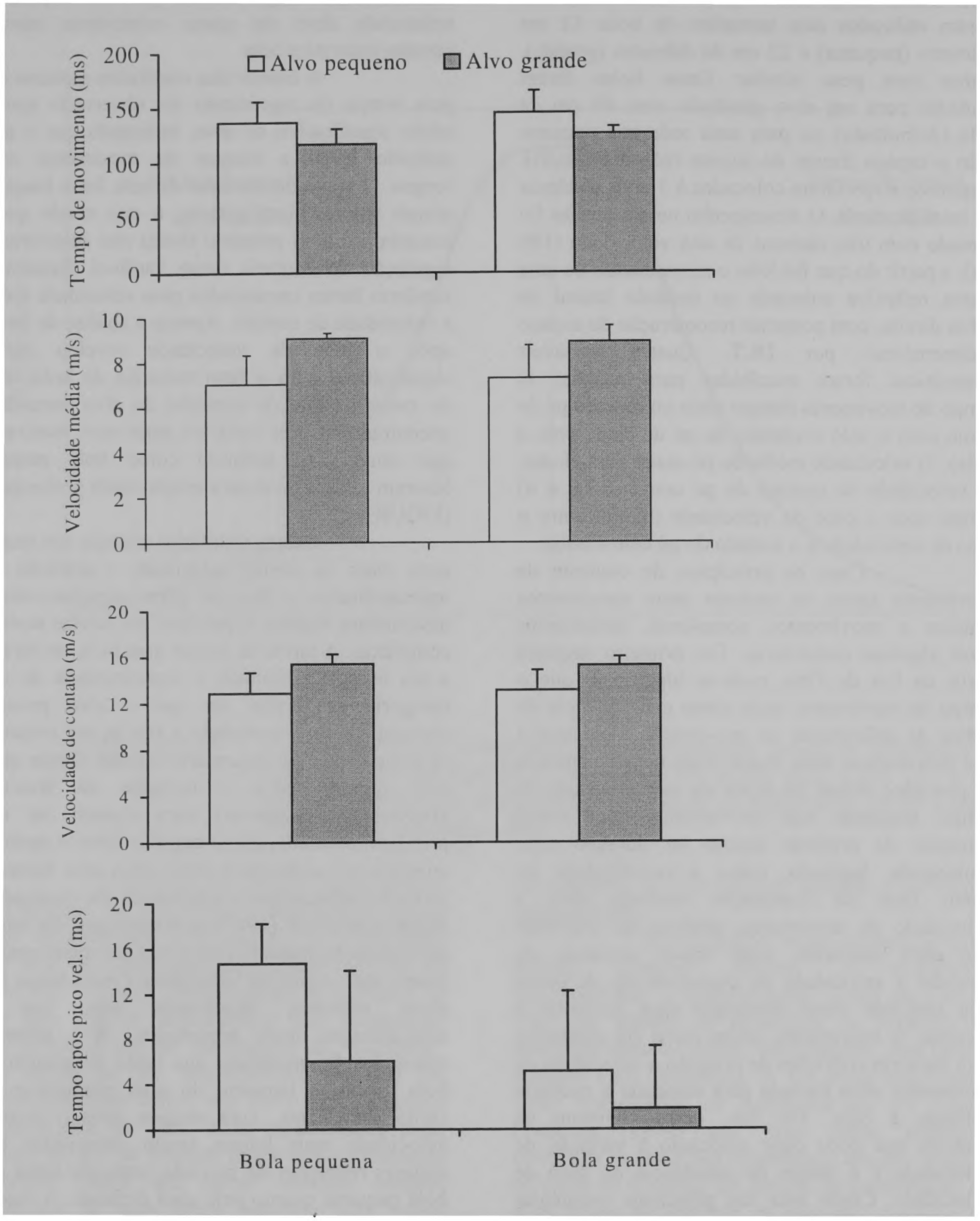


FIGURA 2 – Tempo de movimento, velocidade média, velocidade de contato e tempo após pico de velocidade, resultantes da combinação entre dois tamanhos de bola e dois tamanhos de alvo remoto na tarefa de chute de potência.

De uma forma geral, esses resultados mostram que para jogadores de futebol experientes a principal restrição de precisão é representada pelo alvo remoto, o qual determina o tamanho efetivo da área alvo disponível para contato. A partir desses resultados fica aparente que o tamanho da bola por si não representa uma forte restrição de precisão para jogadores habilidosos, o que torna a categoria de movimentos balísticos orientados à contatação de alvos remotos qualitativamente diferentes de movimentos mais simples de contatação orientados apenas a um alvo próximo, como são aqueles que têm sido estudados a partir da Lei de Fitts. Como corolário desses achados, torna-se evidente a necessidade da investigação das estratégias específicas de controle motor de movimentos balísticos complexos, os quais estão sujeitos às mesmas limitações da capacidade de controle motor humano, porém expostos à diferentes fontes de restrição que determinam as idiossincrasias do modo de controle adotado pelo sistema sensório-motor em cada tarefa.

ABSTRACT

ON THE GENERALITY OF SENSORIMOTOR CONTROL STRATEGIES

Simple ballistic aiming movements are regulated from well known principles of motor control, which regulate the antagonistic relationship between movement velocity and accuracy requirements. In this paper results from experimental investigation are reported (Teixeira, in press), in which kinematic variables in power kick movements were analyzed, with two sources of accuracy requirement: primary target (ball), and remote target (area to be hit by the ball). The results showed that regulation of movement velocity was made predominantly as a function of the size of the remote target, which imposes a virtual area on the actual area available on the primary target. Such results show that movement control in ballistic complex motor skills aimed at powerfully hitting a target is subsumed to the principle of speed-accuracy trade-off. However, other critical variables play a role to define the accuracy constraints on the performance. This characteristic prevents a direct generalization from the laws of simple aiming movements with smoother contact between the hand and the target and indicates the necessity of further investigations of motor control mechanisms employed in this kind of task.

UNITERMS: Motor control strategies; Complex movements; Aiming movements; Ballistic movements.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMS, R.A.; MEYER, D.F.; KORNBLUM, S. Eye-hand coordination: oculomotor control in rapid aimed limb movements. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v.16, n.2, p.248-7, 1990.

ANDRES, R.O.; HARTUNG, K.J. Prediction of head movement time using Fitts' law. **Human Factors**, v.31, p.703-13, 1989.

BEGGS, W.D.A.; HOWARTH, C.I. The accuracy of aiming at a target: some further evidence for a theory of intermittent control. **Acta Psychologica**, v.36, p.171-7, 1972a.

_____ The movement of the hand towards a target. **The Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v.24, p.448-53, 1972b.

BOOTSMA, R.J., MARTENIUK, R.G., MacKENZIE, C.L.; ZAAL, F.T.J.M. The speed-accuracy trade-off in manual prehension: Effects of movement amplitude, object size and object width on kinematic characteristics. **Experimental Brain Research**, v.98, p.535-41, 1994.

CARLTON, L.G. Control processes in the production of discrete aiming responses. **Journal of Human Movement Studies**, v.5, p.115-24, 1979.

_____ Processing visual feedback information for movement control. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v.7, n.5, p.1019-30, 1981.

CHUA, R.; ELLIOTT, D. Visual regulation of manual aiming. **Human Movement Science**, v.12, p.365-401, 1993.

CROSSMAN, E.R.F.W.; GOODEVE, P.J. Feedback control of hand-movement and Fitts' Law. **The Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v.35A, p.251-78, 1983.

FITTS, P. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. **Journal of Experimental Psychology**, v.47, p.381-91, 1954.

FITTS, P.; PETERSON, J.R. Information capacity of discrete motor responses. **Journal of Experimental Psychology**, v.67, p.103-12, 1964.

GLENCROSS, D.J.; BARRETT, N. Discrete movements. In: HOLDING, D., ed. **Human skills**. Chichester, John Wiley, 1989. p.107-46.

GRAHAM, E.D. **Pointing on a computer display**. British Columbia, Canadá, 1996. Doctoral Dissertation - Simon Fraser University.

HOWARTH, C.I.; BEGGS, W.D.A. Discrete movements. In: HOLDING, D.H., ed. **Human skills**. Chichester, John Wiley, 1981. p. 91-117.

HOWARTH, C.I.; BEGGS, W.D.A.; BOWEN, J.M. The relationship between speed and accuracy of movement aimed at a target. **Acta Psychologica**, v.35, p.207-18, 1971.

JAGACINSKI, R.J.; REPPERGER, D.W.; MORAN, M.S.; WARD, S.L.; GLASS, B. Fitts' law and the microstructure of rapid discrete movements. **Journal of Experimental Psychology:** Human Perception and Performance, v.6, n.2, p.309-20, 1980.

KEELE, S.W. Movement control in skilled motor performance. **Psychological Bulletin**, v.70, n.6, p.387-403, 1968.

MacKENZIE, C.L., MARTENIUK, R.G., DUGAS, C., LISKE, D.; EICKMEIER, B. Three-dimensional movement trajectories in Fitts' task: Implications for control. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v.39A, p.629-47, 1987.

MARTENIUK, R.G.; MacKENZIE, C.L.; JEANNEROD, M.; ATHENES, S.; DUGAS, C. Constraints on human arm movements trajectories. **Canadian Journal of Psychology**, v.41, n.3, p.365-78, 1987.

MEYER, D.E.; ABRAMS, R.A.; KORNBLUM, S.; WRIGHT, C.E.; SMITH, J.E.K. Optimality in human motor performance: ideal control of rapid aimed movements. **Psychological Review**, v.95, n.3, p.340-70, 1988.

SCHMIDT, R.A.; ZELAZNIK, H.N.; FRANK, J.S. Sources of inaccuracy in rapid movement. In: STELMACH, G.E., ed. **Information processing in motor control and learning**. New York, Academic Press, 1978. p.183-203.

SCHMIDT, R.A.; ZELAZNIK, H.; HAWKINS, B.; FRANK, J.S.; QUINN, J.T. Motor-output variability: a theory for the accuracy of rapid motor acts. **Psychological Review**, v.86, n.5, p.415-51, 1979.

TEIXEIRA, L.A. Kinematics of kicking as a function of different sources of constraint on accuracy. **Perceptual and Motor Skills**, v.88, n.3 P.1, p.785-9, 1999.

ENDEREÇO: Luis Augusto Teixeira
Depto. de Biodinâmica do Corpo Humano
Escola de Educação Física e Esporte – USP
Av. Prof. Mello Moraes, 65
05508-900 – São Paulo SP

REVISTA PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
NORMAS PARA PUBLICAÇÃO

1. A Revista Paulista de Educação Física é uma publicação da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, que tem por objetivo publicar pesquisas que contribuam para o avanço do conhecimento acerca do movimento humano relacionado à Educação Física e Esporte. Serão considerados para publicação investigações originais sob condição de serem contribuições exclusivas para esta Revista, ou seja, que não tenha sido, nem venham a ser publicadas em outros locais.
2. O processo de revisão duplo-cego é usado na análise do trabalho.
3. A Revista Paulista de Educação Física requer que todos os procedimentos apropriados para obtenção do consentimento dos sujeitos para participação no estudo tenham sido adotados. Não há necessidade de especificar os procedimentos, mas deve ser indicado no texto que o consentimento foi obtido. Estudos que envolvem experimentos com animais devem conter uma declaração na seção "Método" que os experimentos foram realizados em conformidade com a regulamentação sobre o assunto adotada no país.
4. Os originais deverão conter de 15 a 40 laudas, incluindo resumo, tabelas, ilustrações e referências bibliográficas. Deverão ser enviados o original e duas cópias completas, datilografadas em espaço duplo, com 24 linhas de 65 caracteres cada. O formato do papel deverá ser A4.
5. A página-título deverá conter apenas o título, o(s) nome(s), o(s) da(s) instituição(ões) e endereço para correspondência. Autores múltiplos devem ser listados em ordem de proporcionalidade do envolvimento no estudo. A página-resumo deverá conter um resumo com não mais de 20 linhas de 65 caracteres cada, num único parágrafo, especificando o objetivo do trabalho, uma breve descrição da metodologia, os principais achados e as conclusões. A página de "abstract" deverá conter a versão do título e do resumo em inglês, observando-se as mesmas orientações para o resumo em português. Os unitermos também deverão ser traduzidos. As notas de rodapé deverão ser evitadas; quando necessárias, que sejam colocadas no final do texto, antes das referências bibliográficas.
6. O sistema de medidas básico a ser utilizado na Revista deverá ser o "Système International d'Unités. Como regra geral, só deverão ser utilizadas abreviaturas e símbolos padronizados. Se abreviações não padronizadas forem utilizadas, recomenda-se a definição das mesmas no momento da primeira aparição no texto.
7. As páginas deverão ser numeradas no canto superior, a começar da página-título e deverão estar arrumadas na seguinte ordem: página-título, página-resumo (incluindo os unitermos), texto, página de "abstract" (incluindo os "uniterms"), referências bibliográficas, títulos e legendas de tabelas e ilustrações originais.
8. As ilustrações deverão ser numeradas com algarismos arábicos na ordem que são inseridas no texto e apresentadas em folhas separadas. O mesmo procedimento deverá ser observado quanto às tabelas que receberão numeração independente. Os números deverão aparecer também nas costas de todos os originas e cópias para melhor identificação. Legendas para as ilustrações e tabelas deverão ser datilografadas em espaço duplo, em uma página separada, colocada após a lista de referências que segue o texto. A posição de cada ilustração ou tabela no texto, deverá ser indicada na margem esquerda do trabalho. As fotografias deverão ser em branco e preto e em papel brilhante, com dimensões mínimas de 12 x 17 cm e máxima de 17 x 22 cm. Apenas um conjunto de fotografias originais e mais dois conjuntos de cópias serão suficientes. Todas as ilustrações devem ser profissionalmente preparadas. Não serão aceitas letras manuscritas.
9. Algarismos arábicos deverão ser usados para numeração de todas as tabelas. Cada tabela deverá ter um cabeçalho breve e os títulos das colunas deverão, sempre que possível, ser abreviados. As tabelas não deverão duplicar material do texto ou das ilustrações. Casas decimais não signifigicativas deverão ser omitidas. Linhas horizontais deverão ser traçadas acima das tabelas, logo abaixo dos títulos das colunas e abaixo da tabela. Não deverão ser usadas linhas verticais. Se necessário, espaços entre as colunas deverão ser usados, ao invés de linhas verticais. Anotações nas tabelas deverão ser indicadas por asteriscos. Para atender às necessidades de diagramação e paginação, todas as ilustrações poderão reduzidas.
10. Referências bibliográficas: as condições exigidas para fazer referências às publicações mencionadas no trabalho serão estabelecidas segundo as orientações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), expressas na norma NB-66 (NBR 6023). Indicar todos os autores (não utilizar "et alii"). Colocar os títulos dos periódicos por extenso.
11. O original, as duas cópias completas e o disquete deverão ser enviados ao Diretor Responsável da Revista Paulista de Educação Física, Av. Prof. Mello Moraes, 65, CEP 05508-900, Butantã, São Paulo - SP

