

## 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

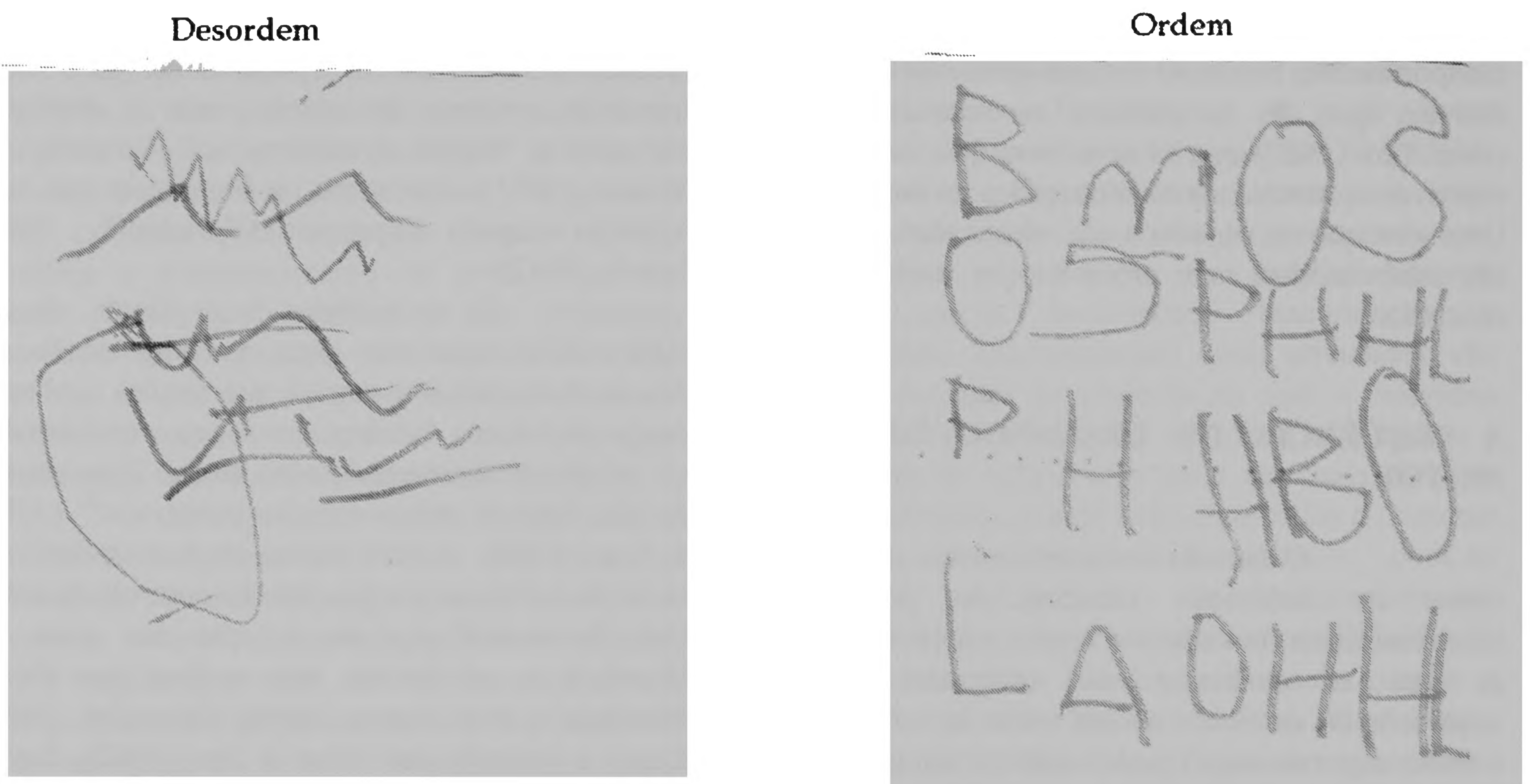
doze meses de vida um dos estados finais esperados é o andar bípede (cf. McGraw, 1945). No desenvolvimento cognitivo, o estágio de operações simbólicas é considerado como o mais avançado.

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 buscam 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).

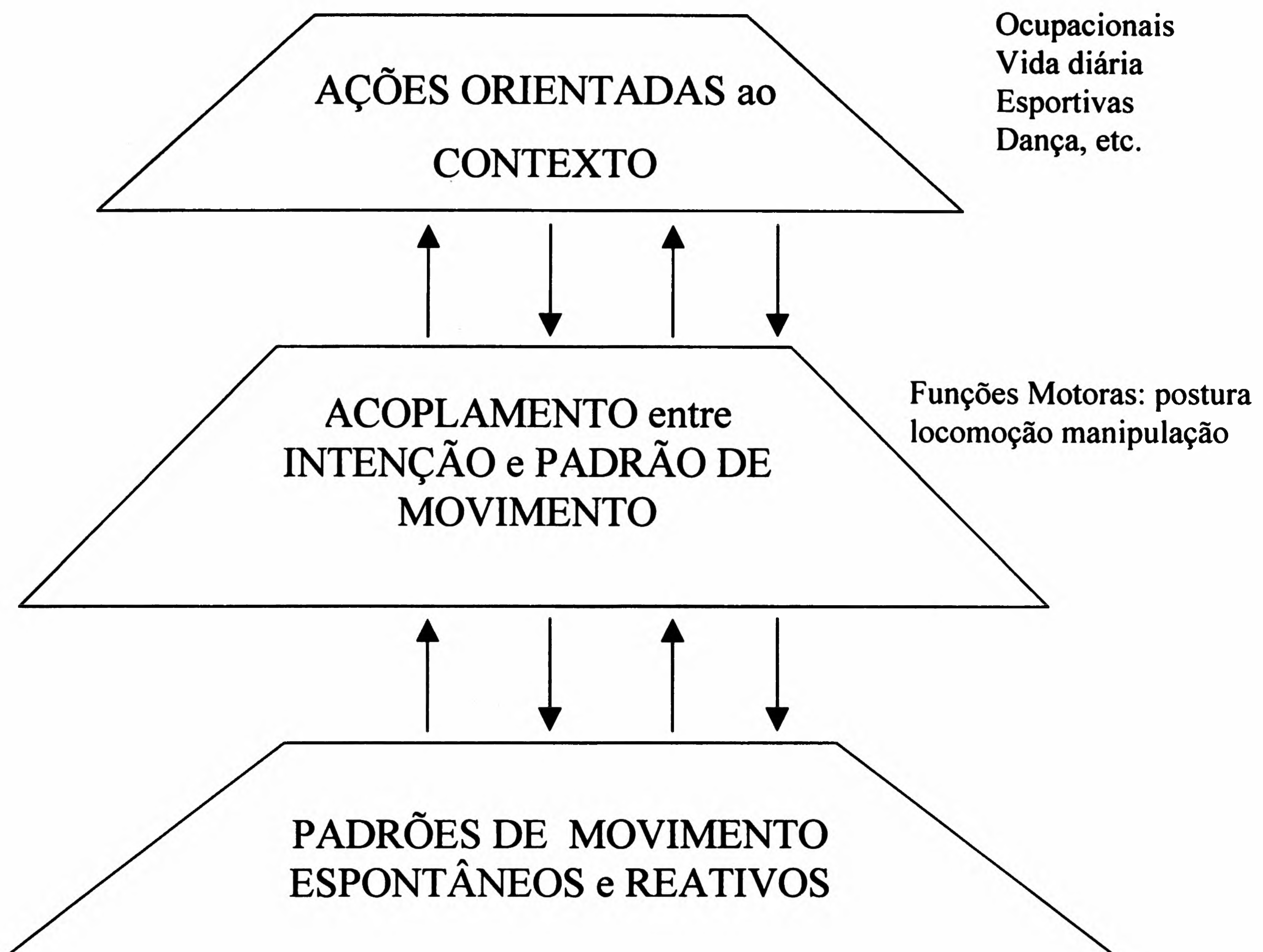
A ordem no comportamento motor tem sido considerada como sendo resultante de restrições referentes às propriedades biofísicas do organismo, da tarefa e do ambiente (Newell, 1986; Thelen, 1986). Entretanto, outra fonte de restrição pode ser relacionada à intenção e ao programa de ação. Bruner (1970) e 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:

$$S_w < S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n$$

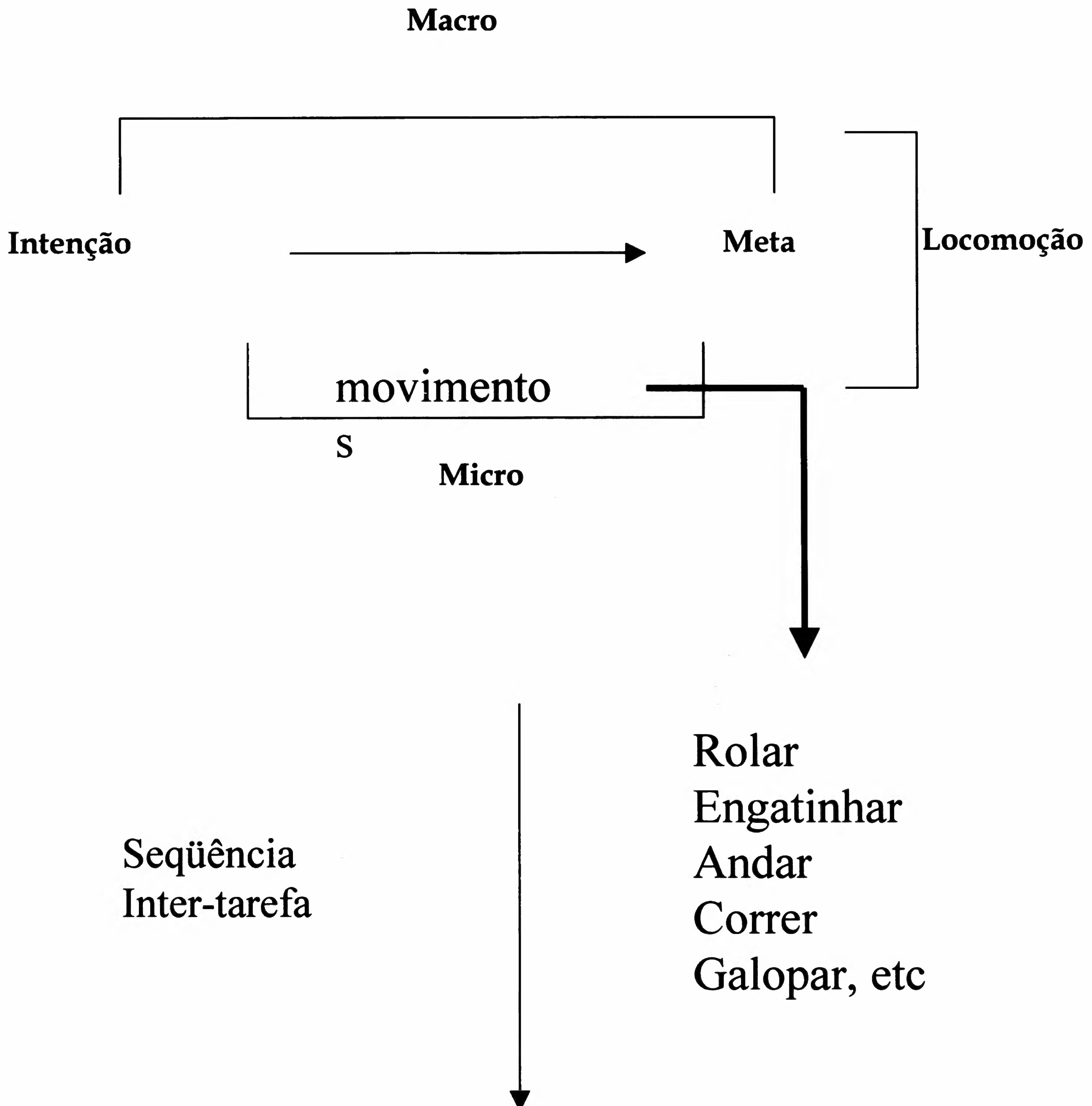
Onde  $S_w$  = a variância do todo  
 $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$  = variância das partes

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 apreensão 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 apreensão 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 apreensão 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.

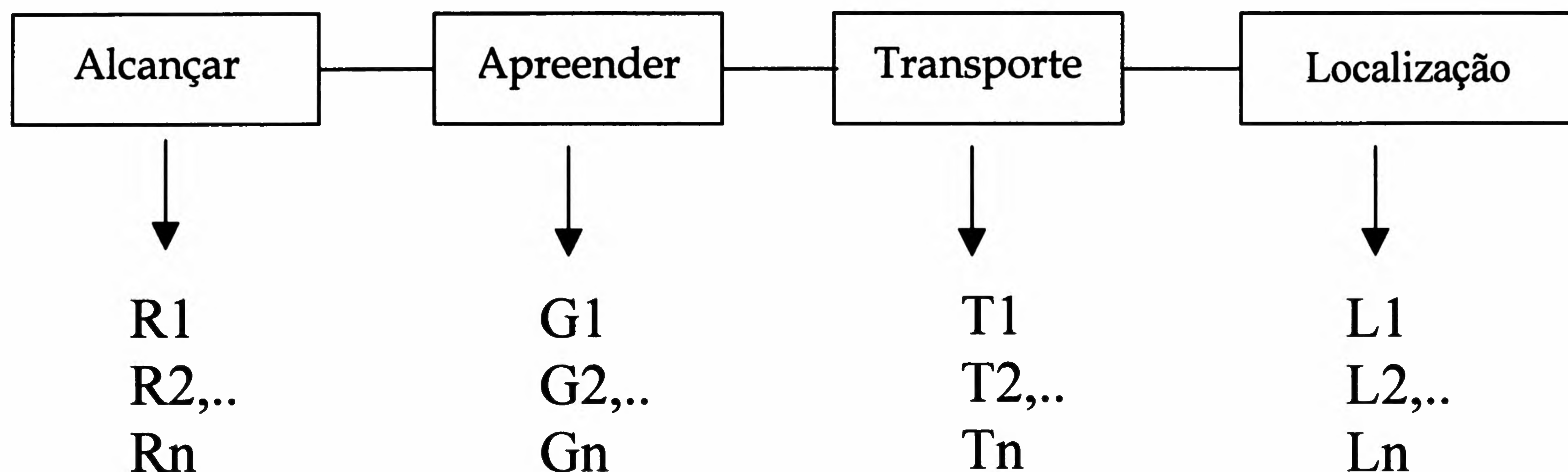
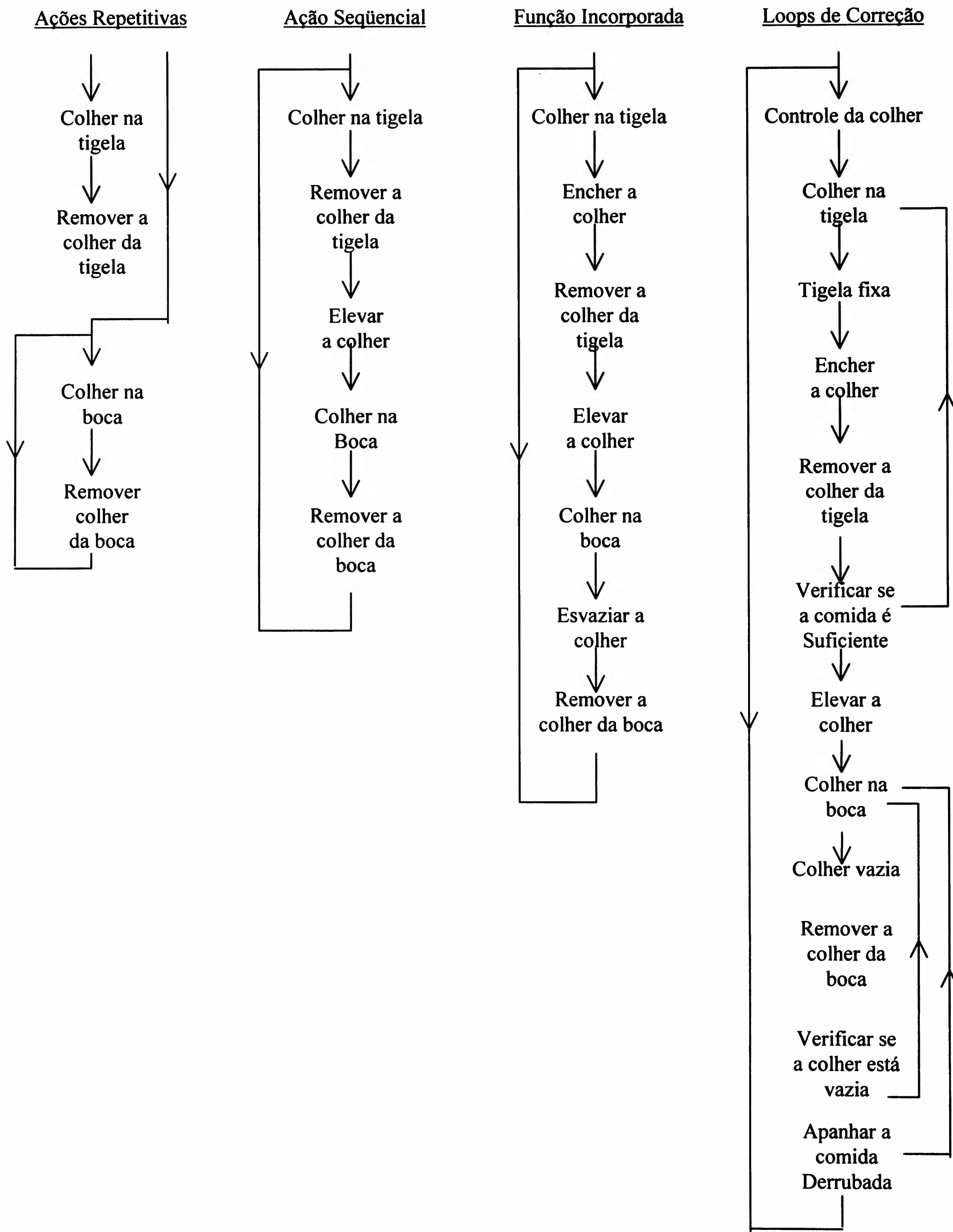


FIGURA 4 – Relações macro-micro no programa de ação de uma habilidade de manipulação de instrumento, como pegar uma xícara de chá.

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 utilizados? 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

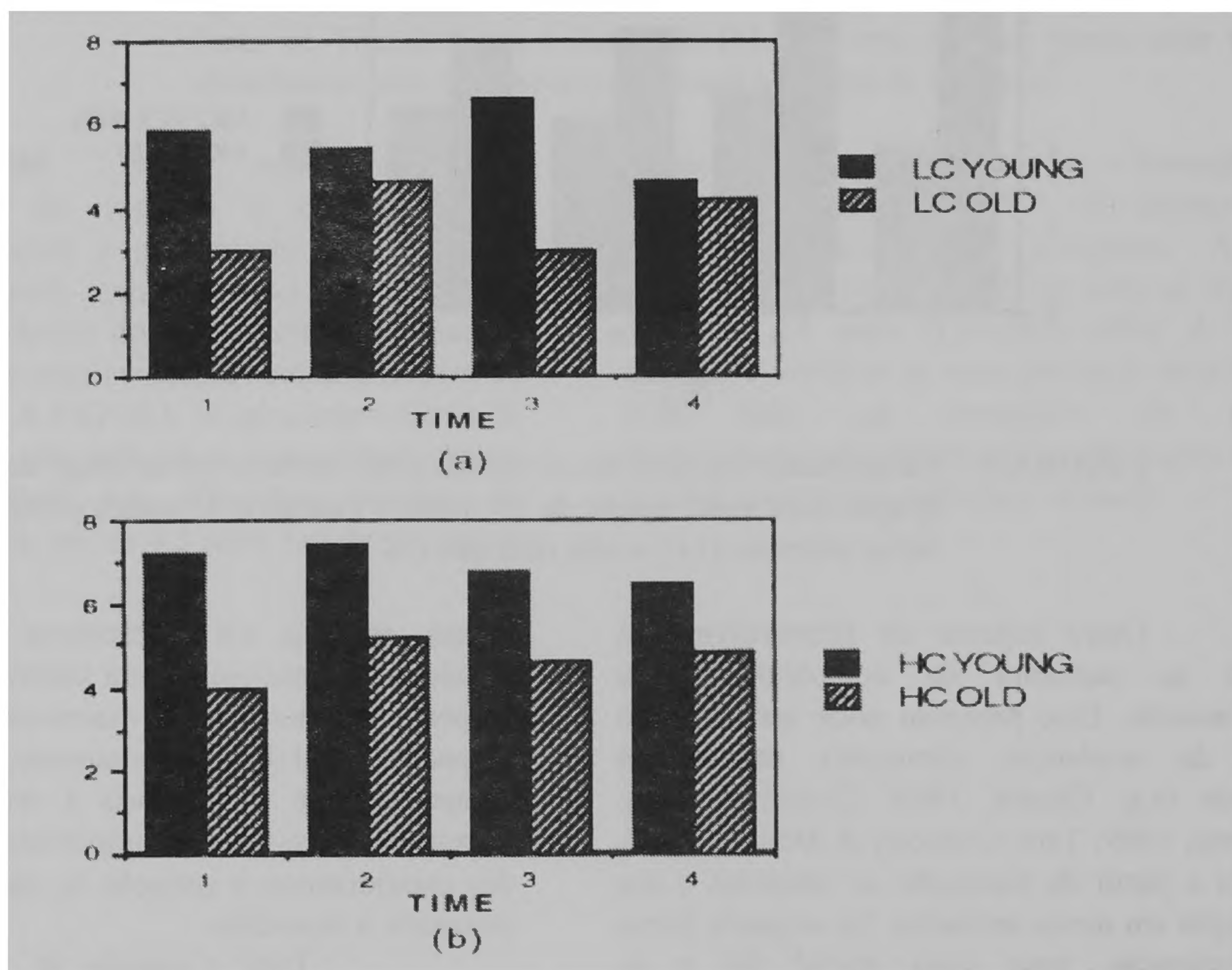
- **PADRÕES SIMULTÂNEOS**  
*SINERGIA SIMPLES*  
*SINERGIA RECÍPROCA*
- **PADRÕES SEQUENCIAIS**

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 frequência 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.



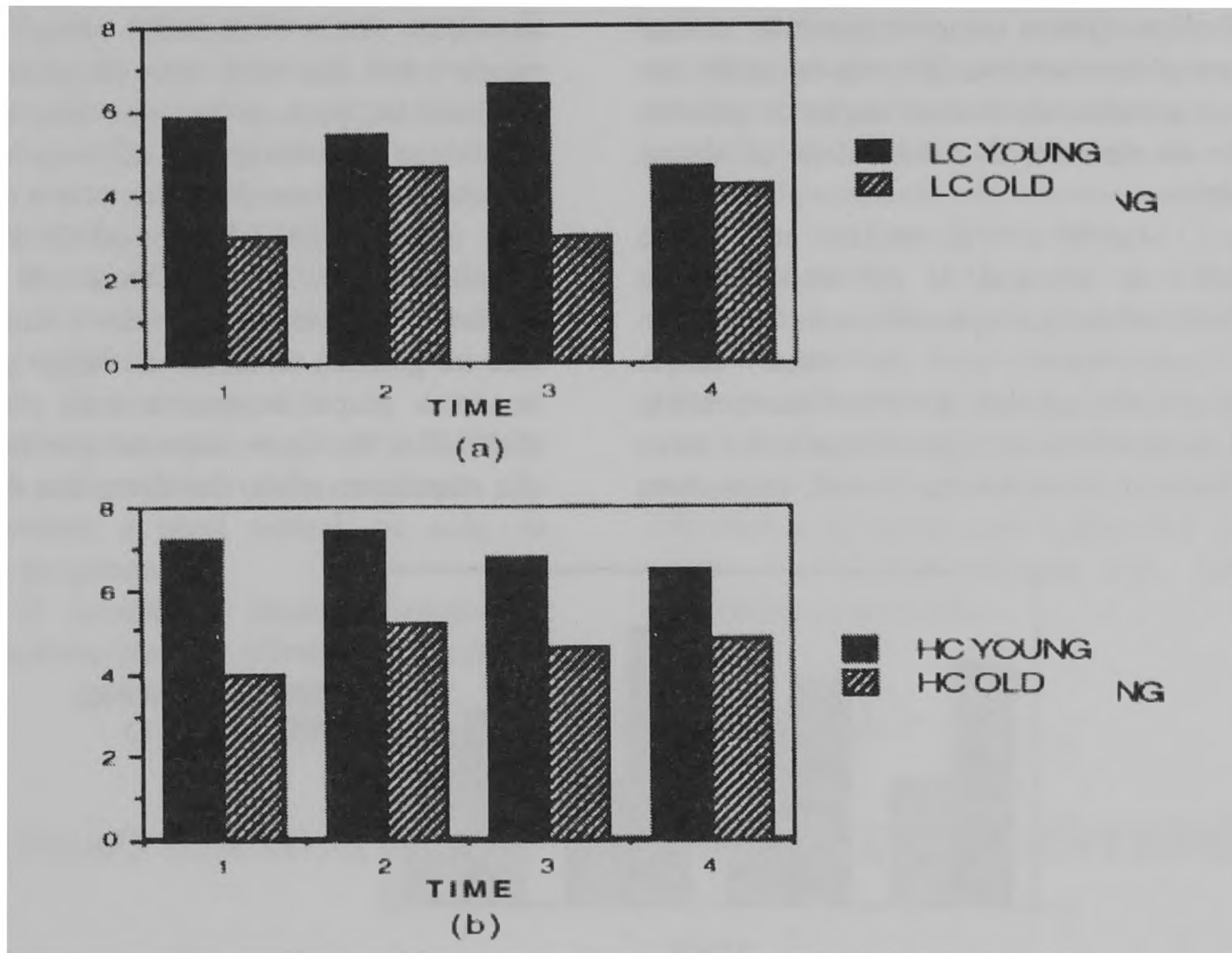
**FIGURA 7** – Variabilidade nos padrões de preensão manual ao longo de dois meses nos grupos com idade média de 29 meses (Young) e 45 meses (Old), nas condições baixa restrição (LC) e alta restrição (HC).

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 intrínsecos 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).

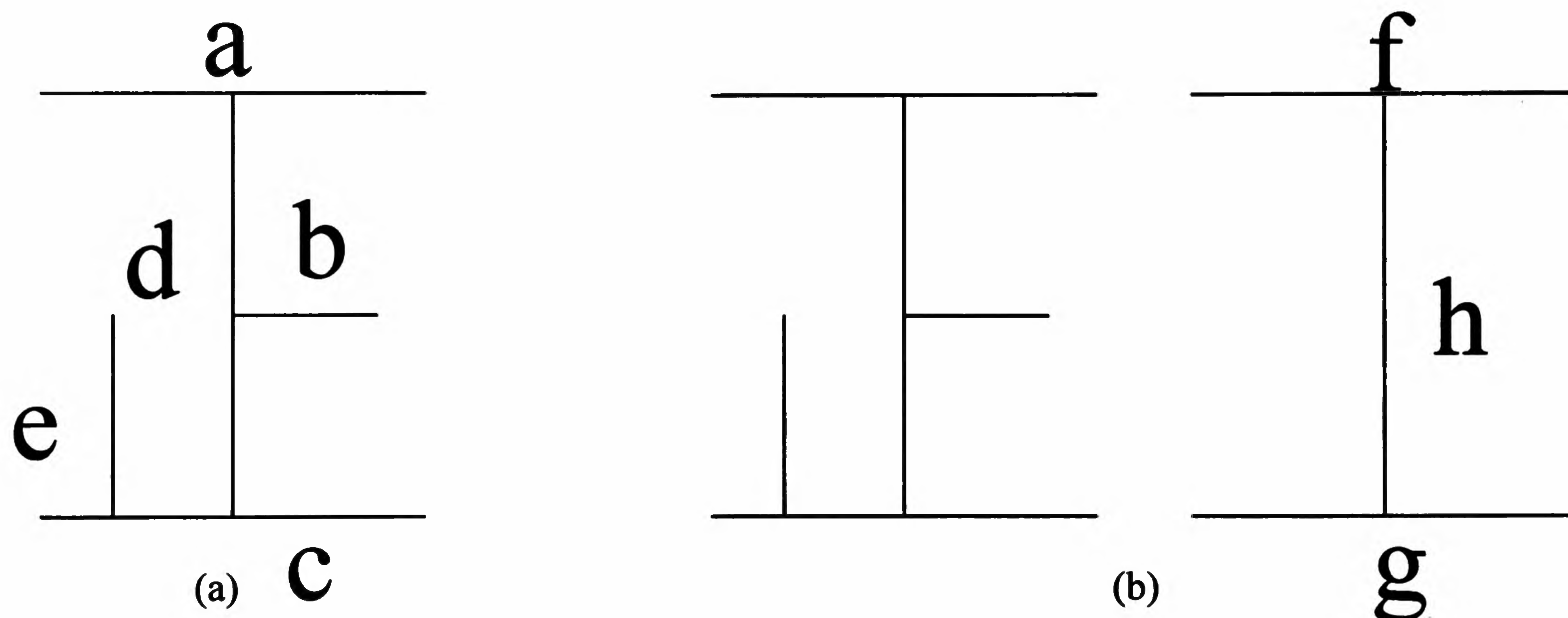
Outro aspecto do desenvolvimento refere-se ao aumento da complexidade do comportamento. Esse processo pode ser estudado através de mudanças estruturais na mesma habilidade (e.g. Choshi, 1988; Choshi & Tani, 1983; Tani, 1989; Tani, Connolly & Manoel, 1996, 1997) ou a partir da formação de unidades e sua 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

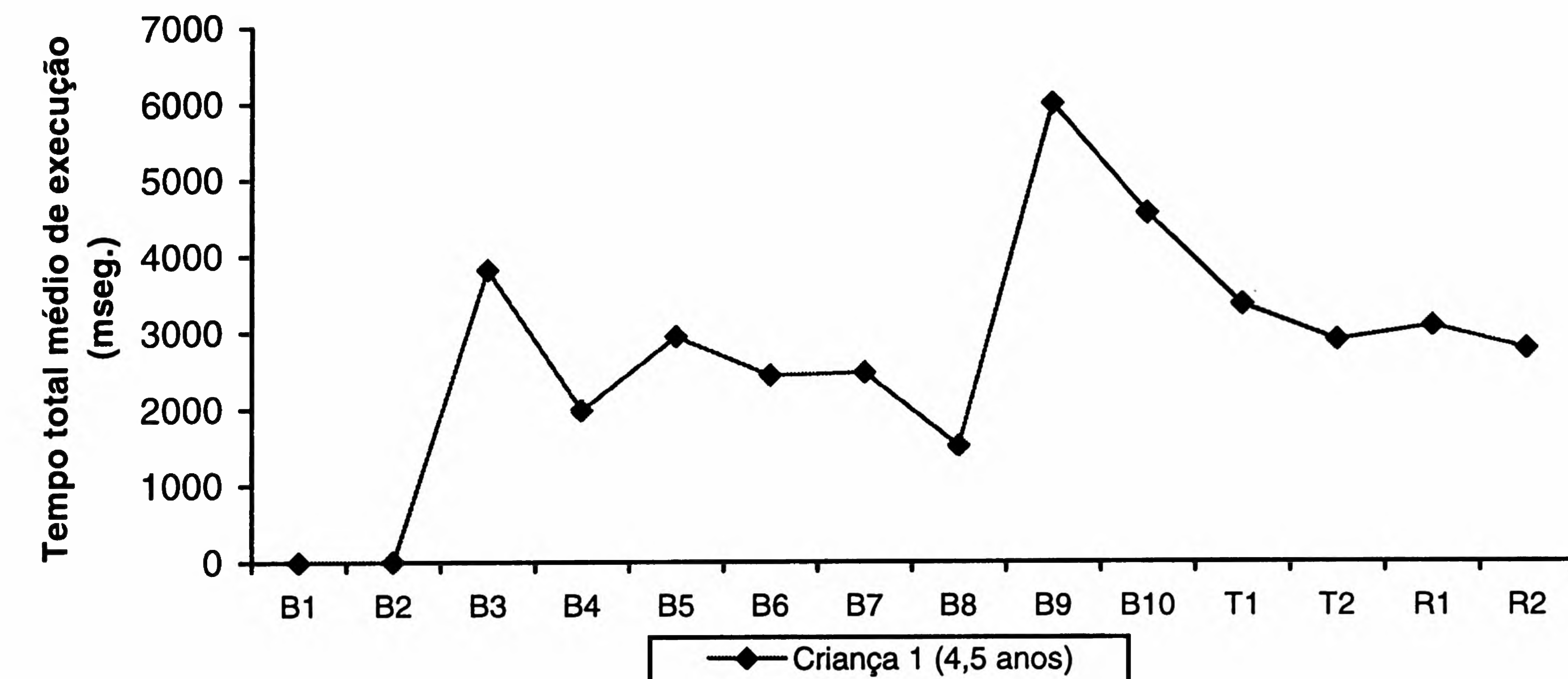
solicitada a prática de uma figura mais complexa que continha a figura critério (FIGURA 9b).



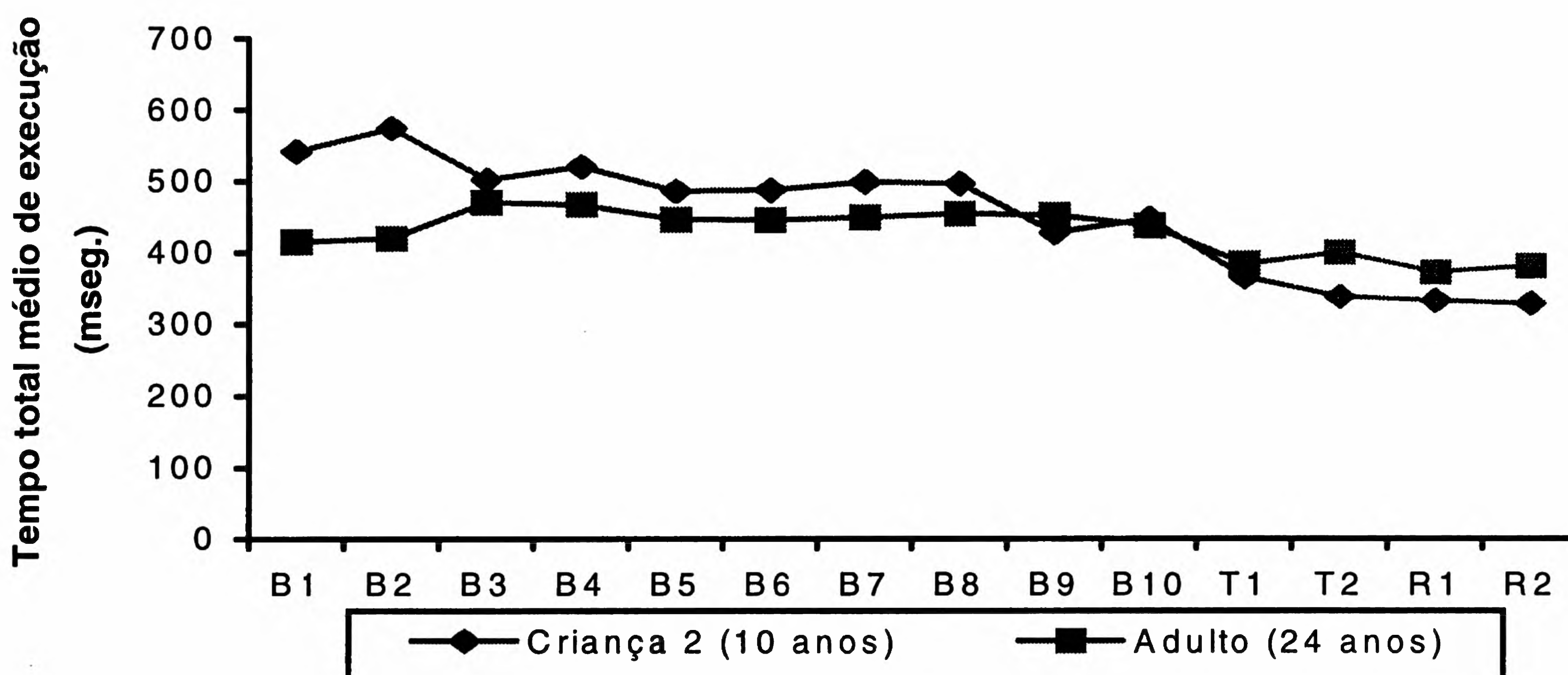
**FIGURA 9** Figura critério (a) praticada na Fase de Aquisição e figura complexa praticada nas Fases de Transferência e Retenção (b), as letras indicam como cada traço foi identificado pelo programa que efetuou a análise da execução.

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)

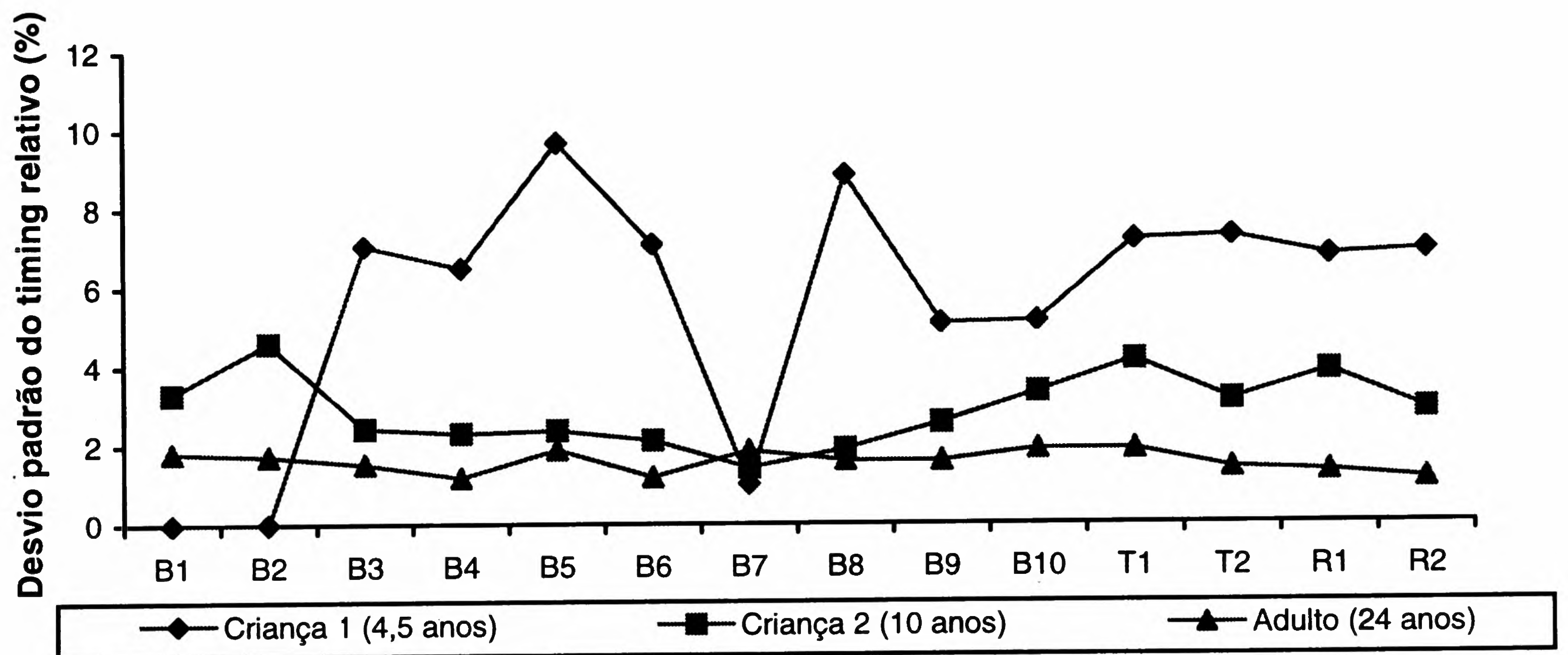


(b)

**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

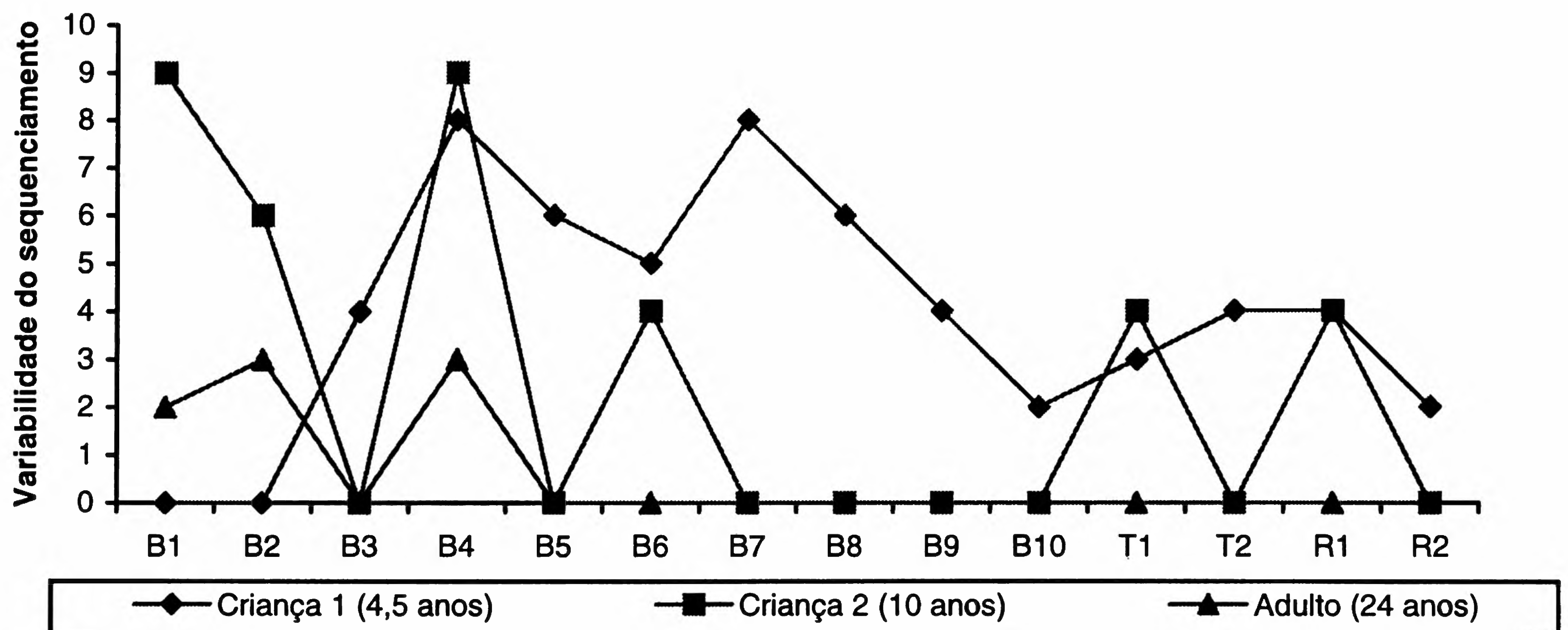
os outros indivíduos. Com a introdução da tarefa mais complexa, o indivíduo adulto demonstra maior grau de manutenção da estrutura temporal do que as crianças. A ordem com que os traços da figura são efetuados, ou seja, o seqüenciamento, é outra medida de macro-estrutura.



**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

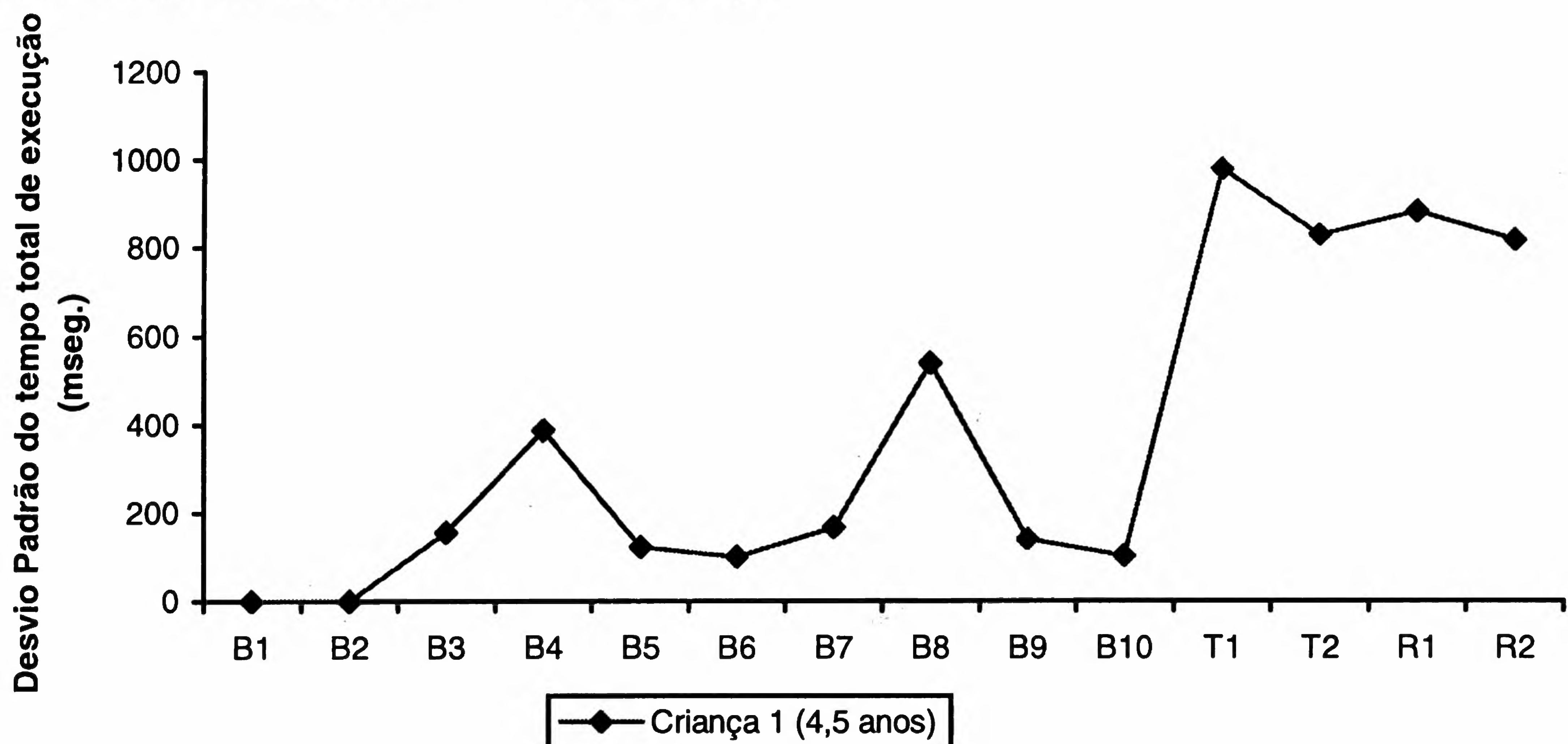
os indivíduos de 10 e 24 anos apresentam maior variabilidade apenas no início da prática. Com a tarefa mais complexa há pouca perturbação do seqüenciamento para as crianças de 4,5 anos e de 10 anos ou nenhuma para o indivíduo adulto.



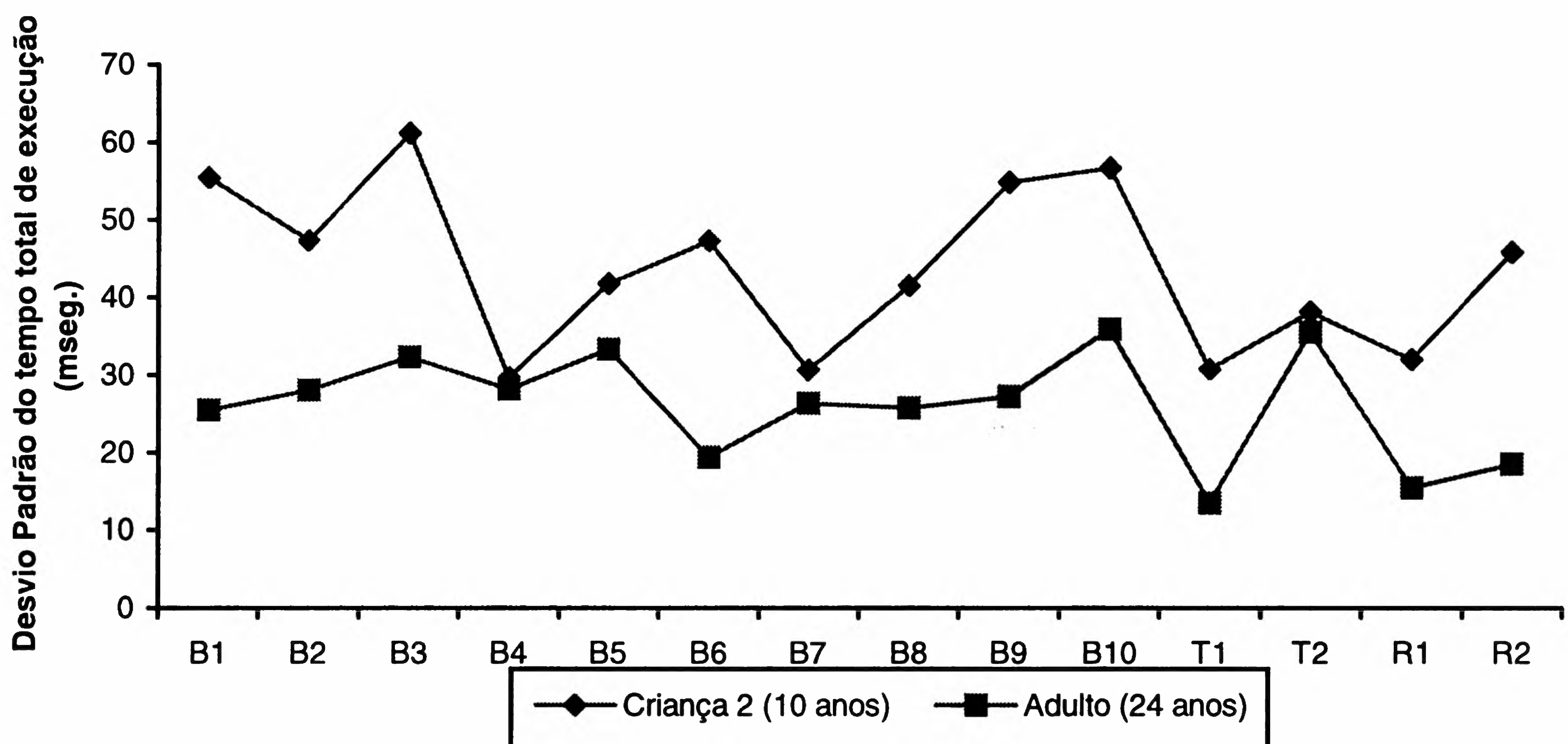
**FIGURA 12** - Variabilidade do seqüenciamento nas Fases de Aquisição (B1 a B10), Transferência (T1 e T2) e Retenção (R1 e R2). Os dados do primeiro e segundo blocos da Fase de Aquisição da criança 1 foram perdidos.

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 TRANSFERÊNCIA	FASE DE RETENÇÃO
CRIANÇA 1 (4,5 anos)	ADCBE	ADCEB <sub>1</sub>	ADCBE
CRIANÇA 2 (10 anos)	ADCBE	ADC*B*E *	ADC*B*E *
ADULTO (24 anos)	ADCBE	ADCBE	ADCBE

\* Componentes mais perturbados no seqüenciamento.

<sub>1</sub> 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 referred 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.** Dordrecht, 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, Rockefeller University 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 Physiology*, 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