Estrutura coordenativa: a unidade de estudo da coordenação e do controle no comportamento motor humano

*Ricardo Demétrio de Souza Petersen
**Maria Teresa Catuzzo

O campo de estudos do comportamento motor humano, no que diz respeito às áreas da Aprendizagem Motora, Desenvolvimento Motor e do Controle Motor tem, tradicionalmente, buscado responder suas questões com base em duas abordagens amplamente aceitas pela comunidade científica: a neural-maturacionista e a cognitivista (Thelen, Kelso & Fogel, 1987).

Na primeira, a mais tradicional, a ontogenia do comportamento motor é vista como uma propriedade intrínseca do organismo, sendo o processo de maturação do Sistema Nervoso Central (SNC) responsável pela formação de padrões de movimento não fundamentalmente afetados pelo ambiente.

Na segunda, e mais contemporânea, a ontogenia do comportamento motor é resultante da formação de progressivos planos motores, chamados de esquemas, representações ou sub-rotinas. estocados em um sistema central de memória.

Ambas as abordagens são essencialmente prescritivas, isto é, elas preconizam o desenvolvimento de planos, instruções e comandos anteriores à execução do movimento. Todavia, essas prescrições deixam de incorporar informações no tempo real do comportamento no qual, por exemplo, as condições emocionais do executante, o contexto físico e social são quase infinitamente variáveis. Em outras palavras, essas prescrições não incorporam as dinâmicas do organismo, do ambiente e da tarefa no momento de sua realização.

Com base nessa crítica e em outras, o grupo liderado por Kelso, Kugler e Turvey (Fitch & Turvey, 1977; Kugler et ai., 1980, 1982; Kelso, Holt, Rubin & Kugler, 1981) encontrou, na Perspectiva dos Sistemas Dinâmicos, uma possível alternativa para estudar os problemas de desenvolvimento da coordenação e do controle do movimento humano, dentro de uma visão ecológica. Essa nova abordagem teórica teve como agente catalisador as idéias do fisiologista e biomecânico russo Bernstein (1967) e fundamentou-se em teorias físicas, biológicas e matemáticas (Clark, Truly & Phillips, 1990).

Como resultado do trabalho desses teóricos e, mais recentemente, de Thelen (1988,1989) e Clark, Truly e Phillips (1990, 1991), hoje temos uma nova perspectiva para o estudo do movimento humano, que entende a ordem temporal e espacial do movimento como algo que emerge de um sistema de alta dimensionalidade, restrito pelo organismo, tarefa e ambiente no qual o movimento é realizado. Essa perspectiva tem como unidade funcional de estudos a estrutura coordenativa (Turvey, Schmidt, Rosemblaum e Kugler, 1988; Kelso, Southard e Goldman, 1977) ou unidades de ação (Bernstein, 1967; Whithing, 1984).

O objetivo deste trabalho é divulgar as novas tendências na área de estudo do comportamento motor humano, destacando o conceito de estrutura coordenativa e exemplificando-o com alguns trabalhos já realizados. Para tal, a Seção 1 enfoca o desenvolvimento do conceito de estrutura coordenativa; a Seção 2 trata de sua importância como unidade funcional de estudo do desenvolvimento do controle e da coordenação do movimento humano; a Seção 3 mostra como os estudiosos da perspectiva dinâmica identificam a estrutura coordenativa no sistema motor humano e, por último, a Seção 4 explica como se dá a montagem da estrutura coordenativa ao longo do desenvolvimento do ser humano.

DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE ESTRUTURA COORDENATIVA

O conceito de estrutura coordenativa, desde sua proposição inicial, vem, ao longo dos anos, se modificando de acordo com os diferentes referenciais teóricos utilizados pelos estudiosos do comportamento motor (Bernstein, 1967;Easton, 1972,1978; Turvey, 1977; Schmidt, 1982, 1988; Kugler, Kelso & Turvey, 1980).

Todavia, apesar das diferentes conceituações desse termo, o objetivo comum desses teóricos é o de entender como o sistema motor humano se organiza, coordenada e controladamente, frente à sua enorme quantidade de possibilidades de movimento, ou seja, como os muitos graus de liberdade desse sistema são coordenados e controlados.

Em um primeiro momento, Easton (1972, 1978) viu a estrutura coordenativa como uma expansão do termo reflexo, onde os reflexos ou seus circuitos neurais formavam a base para movimentos voluntários. Easton (1972), considerou que grande parte da coordenação motora era baseada em um repertório de reflexos, e a estrutura coordenativa era vista como uma combinação de reflexos de alta ordem arranjados hierarquicamente, ou seja, músculos engajados em movimentos associados, funcionalmente conectados por combinações de reflexos. Esse autor entendia os reflexos como as "palavras" da linguagem do SNC, cujas combinações representariam o movimento.

Para Easton (1972), nesse modo de controle, os comandos do movimento, via SNC, facilitariam a ação dos centros de reflexos que, por sua vez, facilitariam a ação de grupos de motoneurônios ou interneurônios. Com as vias neurais preparadas, o SNC enviaria um comando geral de "vá" para todos os motoneurônios, advindos do feedback aferente ou do recrutamento reflexo, elicitando, dessa forma, o movimento desejado.

Esse conceito de estrutura coordenativa é útil na tentativa de descrever as unidades significativas sobre as quais o SNC opera. Elas representam níveis de controle intermediário que, quando ativados, aparecem para desempenhar suas funções autonomamente.

Já para Schmidt (1982, 1988), a estrutura coordenativa estava associada à idéia de programa motor. O sistema de processamento de informações deveria produzir somente uma ação, ou seja, a definição de uma particular estrutura coordenativa ou iniciação de um determinado programa motor que iria atingir o objetivo do movimento. Em outras palavras, o executante seleciona a estrutura coordenativa que, por sua vez, é responsável pelos detalhes da ação. Assim, os vários segmentos são "coordenados" como se pertencessem a uma unidade funcional. Nesse sentido, Schmidt (1988) define estrutura coordenativa como a

> *coordenação funcional de vários músculos ou grupos de músculos que capacita-os a se comporta como uma única unidade (p.224).*

Essas duas visões de estrutura coordenativa, predominantes na década de 70 e início dos anos 80, tentavam explicar a coor-

denação e o controle motor baseados em uma visão dualista de homem e ambiente, através de uma coletiva de músculos funcional e econômica, atuando em um nível intermediário e obediente a um comando central. Essa noção ignorava ou, no mínimo, subestimava as contribuições dos aspectos dinâmicos do movimento (Turvey, Fitch & Tuller, 1982), o que se deve ao fato de que a área de estudo buscou a explicação para o comportamento humano exclusivamente no homem e, mais especificamente, no seu sistema nervoso.

A premissa básica era de que o cérebro humano possuía, em última análise, o poder total para coordenar e o controlar o movimento. Essa perspectiva perceptivo-motora assume que o cérebro concentra todas as informações (prescrições) para controlar e coordenar o movimento que é executado pelo sistema motor, obediente às regras superiores.

Ainda buscando uma estrutura que fosse funcional e econômica, porém com maior autonomia e que estivesse integrada ao contexto de tempo real para a formação de padrões de movimentos, uma nova perspectiva começou a surgir e teve por base os problemas relativos aos graus de liberdade e variabilidade condicionadas ao contexto, colocados por Bernstein (1967), e a proposta de Gibson (1966, 1979) acerca da percepção direta.

Para Bernstein, o problema central era entender o controle de um sistema complexo de ligações biocinemáticas, que é o sistema motor humano. Ele viu a coordenação como um problema de dominação das inúmeras possibilidades de movimento desse sistema - os graus de liberdade - envolvidas na formação dos padrões de movimentos e reconheceu a importante contribuição da inércia, das forças reativas e das condições iniciais - a variabilidade condicionada ao contexto -, na formação desses mesmos padrões.

Dentro dessa nova perspectiva, a estrutura coordenativa é redefinida como uma estrutura na qual um grupo de músculos englobando várias articulações está restringido a agir como uma única unidade funcional enquanto desempenha uma determinada tarefa. Desse modo, os músculos não são mais controlados independentemente, mas são funcionalmente relacionados entre si, formando um sistema auto-organizável.

Paralelamente, Gibson (1966, 1979) propôs sua teoria da percepção direta baseado em suas idéias sobre padrões de fluxo óptico e sua insatisfação com a proposição que a imagem retinal é somente o "ponto de começo" para o processamento da informação visual. Seu clame é de que existe muito mais informação potencialmente disponível na estimulação sensorial do que normalmente é proposto pelas abordagens tradicionais (Williams, Davids, Burkwitz e Wilhems, 1992.)

Para Gibson, a percepção é a detecção da informação, ou seja, o estímulo é a informação que especifica o ambiente para o "percebedor". O conhecimento do mundo não é auxiliado por inferências, memórias ou representações, como é proposto na abordagem cognitivista, mas, para Gibson, os estímulos contêm todas as informações necessárias para o devido conhecimento do mundo. Nessa teoria, a luz ambiental que chega até o olho tem estrutura, é altamente complexa e potencialmente rica em informações. A descrição desse mundo deve ser em termos de espaço e tempo; mais precisamente, um evento não é percebido por adição das partes, mas pela detecção da continuidade dessas partes no espaço e tempo real do acontecimento. Assim, perceber é o processo no sistema animal-ambiente e não só no animal, como é ressaltado na abordagem cognitivista do processamento de informação.

Colocando lado a lado o trabalho de Gibson e Bernstein, vemos que a capacidade criativa e eficaz do sistema de ação humano requer percepção, que, por sua vez, demanda informações na forma de propriedades qualitativas que descrevem sua mor-fologia. A preocupação com a morfologia ou o comportamento exibido, é parte da preocupação com a informação perceptual (Beek & Bingham, 1991).

A proposta teórica de Gibson e os problemas levantados por Bernstein se articulam dentro da teoria dos Sistemas Dinâmicos à medida que entendemos que percepção implica ação e ação implica percepção. De acordo com Beek e Bingham (1991),

> *o animal que é sensível às suas próprias dinâmicas e às de suas interações com o ambiente pode explorar as estabilidades e instabilidades do sistema para controlar seu comportamento (p.44).*

A idéia de interações dinâmicas repousa sobre a idéia de restrições. Literalmente, o termo restrição pode ser entendido como o ato de tornar estreito, diminuir, delimitar. Aqui, restrições são entendidas como as fronteiras ou características que limitam o movimento da entidade em questão.

Para um organismo com enormes possibilidades de ação, as restrições proporcionam a organização do seu sistema de ação objetivando um desempenho habilidoso para uma dada situação em um determinado ambiente: é a busca pela simplicidade em sistemas de alta complexidade.

Para Newell (1984), a coordenação e o controle do corpo e membros na ação proficiente refletem uma ótima interação de forças musculares e não-musculares, que incluem o ambiente, a atividade do organismo e forças reativas que emergem da interação entre o organismo e o ambiente. Assim, Van Ingen Schenau (1989) identificou três fontes gerais de restrição para a ação: o ambiente, o organismo e a tarefa.

A premissa básica é que, uma vez que ocorra o entendimento da dinâmica global para um nível da análise comportamental, pode-se começar a desembaraçar as dinâmicas locais dos subsistemas e suas interações.

Segundo Newell, Van Emmerik e McDonald (1989), quando essas três fontes combinam-se, a coordenação e o controle emergem no sistema. A combinação dessas fontes de restrição especificam o padrão ótimo de coordenação e controle, ou seja, a estrutura coordenativa.

Uma vez que a atividade humana é continuamente produtiva, constantemente criando novas formas, existem inúmeras possibilidades de posturas e movimentos (espaço de alta dimensionalidade), onde somente pequenas regiões são estáveis e funcionalmente úteis (espaço de baixa dimensionalidade). A sensibilidade a essas regiões, seus limites e as transições entre elas é que determinam um eficiente e confiável controle da ação. Nesse sentido, a estrutura coordenativa pode ser entendida como uma descrição de baixa dimensionalidade de um sistema de alta dimensionalidade e é considerada um sistema dinâmico emergente que resulta da convergência de restrições internas e externas ao organismo à medida que este persegue uma tarefa ou função (Clark, Truly & Phillips, 1990).

A IMPORTÂNCIA DA DESCRIÇÃO DINÂMICA NO COMPORTAMENTO MOTOR HUMANO

De acordo com Clark, Truly e Phillips (1990), a perspectiva dos Sistemas Dinâmicos é potencialmente mais rica para enquadrar questões desenvolvimentais relacionadas à coordenação e ao controle do movimento humano.

Para Beek e Bingham (1991), uma vantagem dessa abordagem se refere às escalas de análise. Seu potencial descritivo é aplicável a fenômenos em múltiplas escalas de análise, desde o nível macro até o micro. Por exemplo, pode-se estudar desde as características culturais do movimento até seus ciclos químicos, passando pelos ciclos de percepção e ação, cérebro, subsistemas no cérebro, ligações neuronais e neurônios independentes.

A natureza abstrata das dinâmicas oferece a possibilidade de análise independente das escalas e, portanto, uma imensa generalidade de aplicações, devido à congruência das descrições resultantes que permitem relacionamento dos níveis de análise macroscópicos de comportamento com os níveis microscópicos.

A premissa básica é de que, uma vez que ocorra o entendimento da dinâmica global para um nível da análise comportamental, pode-se começar a desembaraçar as dinâmicas locais dos subsistemas e suas interações. A estratégia oposta, que tenta reconstruir o comportamento a partir de um nível local de análise (eventos de pequena escala), estará fadada a falhar, como a tentativa de reconstruir um turbilhão de água a partir da análise das interações locais de suas moléculas. Para Beek e Bingham (op.cit),

> *[...] comportamentos que emergem a partir da interação de componentes não-lineares não pode ser preditos a partir do conhecimento de propriedades dos componentes individuais, especialmente quando estes componentes são numerosos e heterogêneos e as interações, complexas (p.47).*

Em resumo, a partir de uma perspectiva dinâmica, o movimento é visto como o resultado das propriedades dinâmicas das coletivas de músculos - a estrutura coordenativa. Variáveis internas - tais como massa e rigidez muscular do segmento -, energia e também

variáveis externas tais como a gravidade e forças reativas do ambiente e da tarefa contribuem para a montagem da estrutura coordenativa. A seção a seguir mostra como identificar a estrutura coordenativa.

A IDENTIDADE DA ESTRUTURA COORDENATIVA EM HABILIDADES MOTORAS

Para Jensen e Phillips (1991), os elementos participantes na organização funcional de uma determinada tarefa motora compartilham um relacionamento fixo, invariante, e essas invariâncias levam ao comportamento coordenado. A preocupação dessas autoras é tentar identificar aquelas características que compartilham esse relacionamento fixo diante das modificações contextuais e da tarefa.

Muitas pesquisas foram feitas para identificar invariantes em padrões motores complexos que levaram à identificação de alguns parâmetros. Esses parâmetros são freqüentemente expressos como valores normalizados ou relativos que revelam suas propriedades invariantes quando efeitos de escala são removidos. Alguns exemplos são o *timing* (organização temporal) *relativo invariante* que foi observado no estudo sobre o salto à vertical em saltadores habilidosos e não-habilidosos (Petersen, 1984) e no estudo longitudinal do *hopping* (Roberton & Halverson, 1988) e *a fase relativa invariante,* nos estudos sobre a coordenação intra e intersegmentos da caminhada (Clark, Trully & Phillips, 1990; Clark & Phillips, 1991a, 1991b), no estudo sobre a transição da caminhada para a corrida (Forrester, Phillips & Clark, in press) e no estudo sobre o saltar (Clark, Phillips & Petersen, 1989; Barela, 1992).

Dessa forma, a identificação das estruturas coordenativas está condicionada à identificação de invariantes no sistema motor durante a ação. No entanto, Jensen e Phillips (1991) chamam a atenção para o fato de que nem todas as variáveis são medidas relevantes da estrutura coordenativa e de que se deveria proceder com cautela ao se interpretar o *timing* relativo invariante. Seu estudo sobre a fase propulsiva do saltar à vertical variando o ângulo de decolagem revelou que os sujeitos variaram o *timing* e a seqüência de reversões articulares dos membros inferiores, enquanto que a covariação dos comportamentos articulares e o *timing* de velocidade de extensão intersegmental máxima eram extremamente estáveis. Essas autoras argumentam que a flexibilidade para alterar o *timing* e a seqüência de reversões articulares é parte de uma estratégia que permite adaptação ao contexto e facilita a contínua coordenação entre variáveis associadas com a propulsão.

Essa flexibilidade reflete uma sensibilidade ao contexto e poderia ser parte de uma estratégia que sustenta a coordenação e facilita a tarefa ou para proporcionar acomodação imediata ao contexto, ou como um fenômeno desenvolvimental. A próxima seção explora como se dá a montagem dinâmica da estrutura coordenativa de acordo com diferentes escalas de tempo e pode fornecer idéias para essa questão da variabilidade dos parâmetros que evidenciam a estrutura coordenativa.

O DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES MOTORAS E AS DINÂMICAS DA ESTRUTURA COORDENATIVA

O desenvolvimento de habilidades motoras pode ser visto como um processo dinâmico de estruturas coordenativas que envolve três tipos de dinâmicas: dinâmica de estado, dinâmica de parâmetro e dinâmica de diagrama, e cada uma delas está associada a uma escala de tempo (Saltzman & Munhall, 1992).

A dinâmica de estado se refere ao processo "on-line" de formação de padrões espaço-temporais de movimentos durante performances motoras habilidosas como, por exemplo, na tarefa de levar uma xícara até os lábios, onde as posições e velocidades angulares do cotovelo e ombro variam durante todo o movimento, porém de uma maneira específica a tal tarefa. A dinâmica de estado contribui para a montagem das estruturas coordenativas em uma escala de tempo bastante curta.

A dinâmica de parâmetro refere-se ao processo dinâmico com escalas de tempo mais longas, envolvido tanto na performance como na aprendizagem motora. Para desempenhar uma habilidade, o sistema de ação necessita que seus parâmetros sejam escalonados apropriadamente, como parte do processo de montagem da estrutura coordenativa. Uma deter-

minada ação é governada por um conjunto de parâmetros tarefa-específicos que permanecem relativamente constantes quando comparados com a variável de estado. Por exemplo, a ação de atingir um alvo é restrita durante toda a evolução das variáveis de estado do sistema (posição e velocidade angulares das articulações envolvidas) por um parâmetro constante que é a posição espacial do alvo.

Uma vez que as habilidades são adquiridas, as parametrizações correspondentes não permanecem fixas, mudando adaptativamente em face às mudanças desenvolvimentais e induzidas pelo exercício na geometria e biomecânica do corpo. Portanto, a escala de tempo, nessa dinâmica, é mais longa do que a da dinâmica de estado.

A dinâmica de diagrama, por sua vez, é responsável por mudanças na "arquitetura" de um sistema dinâmico, isto é, no tamanho, composição e conectividade de um conjunto de equações que representam o sistema de movimento e, portanto, requer uma escala de tempo mais longa, estando associada aos processos de aprendizagem e desenvolvimento de habilidades motoras. Na aprendizagem, o uso de uma nova ferramenta ou equipamento pode exigir a expansão do diagrama do sistema para incorporar as variáveis de estado e parâmetros adicionais associadas ao próprio implemento. Em uma escala de tempo desenvolvimental, Goldfield (1989, apud Saltzman & Munhall, 1992) forneceu evidências de que o princípio do engatinhar durante a infância resulta do modo como três sistemas de ação em desenvolvimento atuam: a orientação com respeito à superfície de suporte, o uso das pernas para propulsão e o uso das mãos para guiar/apoiar. Em outras palavras, a dinâmica de diagrama é o processo que diretamente influencia a evolução de uma estrutura coordenativa.

Quadro 1. Os diferentes tipos de dinâmica da estrutura coordenativa

TIPO DE DINÂMICA	ESCALA DE TEMPO	PROCESSO DE MOVIMENTO	EXEMPLO
estado	muito pequena	performance	levar uma xícara à boca
parâmetro	média	performance/ aprendizagem	atingir um alvo
diagrama	longa	aprendizagem/ desenvolvimento	engatinhar

Durante a performance, em uma escala de tempo bastante curta, a estrutura coordenativa seleciona e combina subcomponentes: na aprendizagem, que compreende uma escala de tempo maior, a estrutura coordenativa diretamente governa padrões de movimento em parâmetros de sistemas dinâmicos; no processo de desenvolvimento, que tem uma escala de tempo bastante longa, a dinâmica de diagrama aparece na forma de combinação e interação dos sistemas de ação, na concretização de uma habilidade.

O Quadro 1 exemplifica os tipos de dinâmica e suas escalas de tempo correspondentes, que concorrem para a montagem da estrutura coordenativa no sistema de ação humano.

Em suma, obedecendo a diferentes escalas de tempo, todos os três tipos de dinâmicas contribuem para a montagem da estrutura coordenativa, no tempo real de movimento e, então, a estrutura coordenativa é vista como uma

> *organização funcional, temporal e flexivelmente montada, que está definida sobre um grupo de músculos e articulações e que converte estes componentes dentro de uma tarefa específica, coerente com um agrupamento de múltiplos graus de liberdade (Saltzman e Munhall, 1992, p.50).*

De acordo com os objetivos propostos, este trabalho procurou divulgar as novas tendências teóricas nas áreas de estudos do Desenvolvimento, Aprendizagem e Controle Motor. Ao explorar o conceito de estrutura coordenativa, principalmente na visão da Teoria dos Sistemas Dinâmicos, pode-se observar considerável evolução em sua conceitualização, demonstrando, desta forma, a sua potencial aplicação nas áreas do comportamento motor humano, enfatizando as restrições advindas não só do organismo, mas também do contexto.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BARELA, J.A. (1992) *Desenvolvimento do saltar.* Dissertação de Mestrado, UFRGS-ESEF, Curso de Mestrado em Ciências do Movimento Humano, Porto Alegre, RS.

BEEK, RJ. & BINGHAM, G.P. (1991) Task-specific dynamics and the study or perception and action: a reaction to Von Hofsten. *Ecological psychology,* v.3, n.l, p. 3554.

BERNSTEIN, N.A. (1967) *The co-ordination and regulation of movements.* London : Pergamon Press.

CLARK, J.E. & PHILLIPS, S.J. (1991a) The development of intralimb coordination in the first six months of walking. In: FAGARDJ. & WOLFF (Eds.). *The development of timing control and temporal organization in coordinated action.* Amsterdam : Elsevier Publ.

__. (1991b) Revision - a longitudinal study of intralimb coordination in the first year of independem walking: a dynamical systems analysis. *Annual Conference of the North American Society for the Psychology of Sport and Physycal Activity.* Asilomar, CA, June.

CLARK, J.E; TRULY, T.L; PHILLIPS, S.J. (1990) On the development of walking as a limit cycle system. In: THELEN, E. & SMITH, L. (Eds) *Dynamical systems in development: application* Cambridge, MA : MIT Press.

__. (1991). On the development of walking as a limit cycle system. E. THELEN & L. SMITH (Eds) *Dynamical systems in developement: Applications.* Cambridge, MA : MIT Press.

CLARK, J.E; PHILLIPS, S.J. & PETERSEN, R.D.S. (1989) Developmental stability in jumping. *Developmental Psychology,* v.25, n.6, p. 929-935.

EASTON, T.A. (1978) Coordinative Structures - the bais for the motor program. In: JANDERS, Christina (Eds). *The psychocogy, motor behovior and sport* (p.63-81). Champaign : Human Kineties.

FITCH, H. TURVEY, M. (1977). On the control of activity: some remarks from an ecological point of view. In: D.M. LANDERS & R.W. CRISTINA (Eds.). *Psychology of motor behavior and sport.* Champaign, II: Human Kineties.

FORRESTER, L.W.; PHILLIPS, S.J. & CLARK, J.E. (in press) Locomotor coordination in infancy: the transition from walking to running. In: SAVELSBERG, G. (Ed.) *The development of coordination in infancy.* Amsterdam: Elsevier.

GIBSON, JJ. (1979). *The ecologicol approach to visual perception.* Boston: Houhhton. Mifflin.

KELSO, J.A.S., HOLT, K.G., RUBIN, RN., KUGLER, RN. (1981). Patterns of human interlimb coordination emerge from the properties of non-linear, limit cycle oscillatory processes: theory and data. *Journal of Motor Behavior,* 13, 226-261.

KELSO, J.A.S.; SOUTHARD, D.L.; GOLDMAN. D. (1979) On the nature of human interlimb coordination. *Science,* 203, 1029-1031.

KUGLER, RN; KELSO, J. A. S. & TURVEY, M. T. (1980) On the concept of coordinative structures as dissipative structures: I. Theoretical lines of convergence. In: STELMACH, G.E. & REQUIN, J. (Eds.). *Tutorials in motor behavior* (p.I-47). Amsterdam: North-Holland.

KUGLER, P.N.; KELSO, J. A. S. & TURVEY, M. T. (1982). On the control and coordination of naturally developing systems. In KELSO, J.A.S.; CLARCK, J.E. (Eds). *The development of movement control and coordination* (p.5-78). New York: Willey.

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

NEWELL, K.M., VAN EMMERICK, R.E.A. MCDONALD, RN. (1989) Biomechanical constraints, and action theory. *Human Movement Science,* V.8, p. 403-409.

PETERSEN, R.D.S.(1984) *The development of movement control parameters in jumping.* Unpublished doctoral dissertation, University of Maryland, College Park .

ROBERTON, M.A. & HALVERSON, L.E. (1988) The development of locomotor coordination: longitudinal change and invariance. *Journal of Motor Behavior,* v.20, n.3, p. 197-241.

SCHENAN, VAN INGEN G.I. (1989) Dynamicol of froo-ch and biornechanies. *Human Movement Science,* v.8, p. 543-546.

SCHMIDT, R.A. (1982). Motor control and learning:_A behavioral emphasis. *Champaign Review,* 822, 225 - 260.

SCHMIDT, R.A. (1982). *Motorcontrol and learning:*

A *behavioral emphasis.* Champaign : Human Kinetics Publishers, Inc.

THELEN, E. (1988). Dynamical approaches to the development of behavior. In KELSO, J.A.S.; MANDELL, A.J.;SHLESINGER, M.F. Shlesinger (Eds.) *Dynamic patterns in complex systems* (p.348-369). Sindapore: World Scientific Publishers.

__ . (1989). Self-organization in developmental process: can systems approaches work? In GUNNAR, M.R.; THELEN, E. (Eds.) *Minnesota symposia on chüdpsychology: systems and development* (Vol. 22, p.77-117) Hillsdale, N.J: Erlbaum.

THELEN, E.; KELSO, J. A. S. & FOGEL (1987) A. Self-organizing systems in infant motor development. *Developmental Review,* n.7, p. 39-65.

TURVEY, M.T. (1977). Preliminaries to a theory of action with reference to vision. In: SHAW, R., Bransford, J. (Eds.)*Perceiving, actingand knowing* (p.211-263), Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

TURVEY, M.T, FITCH, H.L. TULLER, B. (1982) The Bernstein perspective: I. The problems of degrees of freedom and context - conditioned variability. In: KELSO, J.A.S. (Ed.) *Human Motor Behavior.* an introduction. Hillsdale LEA.

TURVEY, M.T; SCHMIDT, ROSEMBLAUM, L. KUGLER, P. (1988) On the time allometry of coordinated rythmic movements. *Journal of Theoretical Biology,* 130, 285-325.

WILLIAMS, A.M.; DAVIDS, K.; BURKWITZ L. WILLIAMS, J.G (1992). Perception and Action in sport. *Journal of human Movement Studies,* 22, 147-204.

WHITALL, J. (1991) Dynamical Systems theory apllied to the teaching/learning process. Conference presented at the *World Congress AIESEP/NAPEHE,* Atlanta, Geórgia.

WHITTNG, H.T.A. (1984). *Human Motor Actions: Bernstein reassessed.* Amsterdam: North-Holland.

UNITERMOS

Desenvolvimento Motor - Estrutura Construtiva - Sistema Dinâmico

**Ricardo Demétrio de Souza Petersen é professor doutor da Escola de Educação Física - UFRGS.*

***Maria Tereza Catuzzo é professora MS da Escola Superior de Educação Física - UFRGS.*