

3.1

O Contexto da Aprendizagem Motora: Perspectivas Teóricas e Desafios Metodológicos na Abordagem dos Sistemas Dinâmicos

José Angelo Barela

Laboratório para Estudos do Movimento (LEM)
Departamento de Educação Física
Instituto de Biociências – UNESP/RC

Ana Maria Forti Barela

União das Faculdades Claretianas
Batarais/SP

Introdução

A capacidade de aprender é crucial para a sobrevivência de qualquer ser vivo. Apesar de apresentar enormes variações na capacidade de aprender ao longo da vida, o ser humano é um ser em aprendizagem por essência. Quando a aprendizagem envolve a aquisição de habilidades motoras, o termo Aprendizagem Motora é utilizado e os especialistas da área têm buscado entender os processos envolvidos na aquisição de novas habilidades motoras. As abordagens para tal fim vêm sofrendo alterações ao longo de mais de um século, quando os estudos nesta área tornaram-se mais sistematizados.

Recentemente, a abordagem dos sistemas dinâmicos tem sugerido uma visão diferenciada para o entendimento do processo envolvido na aprendizagem de habilidades motoras. Desta forma, este capítulo tem como objetivo apresentar alguns dos principais pressupostos da abordagem dos sistemas dinâmicos e discutir as principais influências teóricas e metodológicas que estes pressupostos podem trazer para o entendimento do processo que ocorre na aprendizagem de uma determinada habilidade motora.

Tradicionalmente, os estudos na área de Aprendizagem Motora têm se voltado para entender três questões básicas: a) como a aprendizagem ocorre; b) quais são as variáveis envolvidas na aprendizagem e, finalmente, c) sugerir propostas para implementar programas de aprendizagem. Com base nestas questões, Schmidt (1988) ressaltou quatro características da Aprendizagem Motora: a) aprendizagem é um conjunto de eventos, ocorrências ou mudanças que ocorrem quando uma prática possibilita às pessoas em tornar-se habilidosas em alguma tarefa; b) aprendizagem ocorre como resultado direto de prática ou experiência; c) aprendizagem não pode ser observada diretamente, ou seja, aprendizagem ocorre por decorrência de mudanças internas e que, conseqüentemente, não pode ser medida diretamente, mas sim inferida a partir da verificação de um comportamento; d) aprendizagem leva a mudanças relativamente permanentes. Estas características estão refletidas na definição clássica de Aprendizagem Motora que é considerada como sendo um conjunto de processos associados com prática e experiência que levam à mudanças relativamente permanentes na capacidade de um ser em responder em uma determinada situação (por exemplo, Magill, 1984; Schmidt, 1988; 1991; Schmidt & Lee, 1999).

As primeiras tentativas em entender aprendizagem a partir da abordagem dos sistemas dinâmicos têm centrado principalmente na dinâmica envolvida durante a aquisição de uma habilidade motora nova. Mais especificamente, entender o que muda com aprendizagem, para maiores detalhes, ver Kelso, finalmente, como a aprendizagem ocorre (Zanone & Kelso, 1992a; 1995; Schönner, 1989; Schönner, Zanone & Kelso, 1992; Zanone & Kelso, 1992a; 1992b). A seguir uma breve discussão sobre alguns pontos centrais da abordagem dos sistemas dinâmicos e como estes pontos podem ser utilizados para a visão da Aprendizagem Motora a partir da abordagem dos sistemas dinâmicos será apresentada.

Abordagem dos Sistemas Dinâmicos "em resumo"

Uma preocupação central na abordagem dos sistemas dinâmicos é entender como padrões de comportamento emergem e quais são os princípios que governam a formação destes padrões. Padrões de comportamento, nesta visão, são os relacionamentos estáveis e reproduzíveis verificados entre os componentes de um sistema biológico (por exemplo, Kelso, Holt, Rubin & Kugler, 1981) ou até mesmo entre sistemas biológicos (por exemplo, Schmidt, Carello & Turvey, 1990). Estes padrões de comportamento, também denominados de padrões coordenativos, ocorrem em vários níveis dentro de um sistema biológico, por exemplo, entre neurônios, músculos, segmentos corporais, etc. (Kelso, 1995).

A formação destes padrões coordenativos é influenciada por um conjunto de restrições (organismo, ambiente e tarefa) que delimitariam a emergência do comportamento observado restringindo os graus de liberdade do sistema (para maiores detalhes ver Newell, 1986; Barela, 1997). Desta forma, a ocorrência de uma determinado padrão coordenativo, na linguagem dos sistemas dinâmicos, é entendida como um estado atrativo do sistema para o qual, influenciado pelo conjunto de restrições, o sistema foi atraído (ver Barela, 1997). Como exemplo poderíamos analisar o padrão do andar, que é uma ação motora realizada pela maioria dos seres humanos. O andar é caracterizado por um padrão coordenativo definido e repetitivo entre os segmentos corporais. Na verdade, Johanson (1973) demonstrou que apenas alguns pontos luminosos colocados nos principais articulações corporais são suficientes para identificar o padrão do andar (e outros padrões). Embora seja fácil perceber este padrão, pois ele é caracterizado por um relacionamento definido entre os segmentos, cada passada do andar tem sua característica própria, sendo que uma passada sempre tem uma variação ao redor de seu padrão. Estas flutuações seriam decorrentes das restrições presentes e que variam de uma passada para outra, provocando pequenas alterações no padrão coordenativo, porém, permitindo que o mesmo mantenha sua estrutura. Caso ocorra uma grande variação no conjunto de restrições, o padrão pode perder sua estrutura, ou seja, a pessoa que está andando pode, por exemplo, cair.

Um aspecto fundamental para o entendimento dos padrões coordenativos é a obtenção de variáveis que descrevem completamente o relacionamento entre as várias partes ou segmentos envolvidos no padrão coordenativo. A identificação destas variáveis não é uma tarefa trivial e, quando identificadas, elas são denominadas de variáveis coletivas ou parâmetros de ordem. No exemplo do padrão andar, uma variável coletiva para o padrão coordenativo entre os membros inferiores é a fase relativa entre os toques dos pés no chão (Clark & Whittle, 1989).

A importância na identificação de uma variável coletiva é que ela fornece informações sobre o estado atrativo do sistema. Mais especificamente, a variável coletiva fornece informação sobre a estabilidade do sistema na realização do padrão coordenativo. Esta informação é essencial na visão dinâmica. A observação de um nível de estabilidade baixo (alta variabilidade ou flutuabilidade) indica que o estado atrativo em que o sistema se encontra é fraco e, dependendo da situação, está próximo de sair deste estado para outro estado atrativo (mudança de fase). Por outro lado, a observação de um nível alto de estabilidade indica que o estado atrativo do sistema é forte e que o mesmo tenderá a manter-se neste estado, mesmo que pequenas alterações nas restrições ocorram.

A pergunta que o leitor pode estar fazendo, neste momento, é: "o que tudo isso tem a ver com a Aprendizagem Motora?"

A partir deste momento, gostaríamos de discutir a proposta de que a aprendizagem de uma determinada habilidade motora envolve alterar o estado atrativo

vigente do sistema, no sentido de adquirir um outro estado atrativo relacionado ao padrão a ser aprendido. Para tanto, passaremos a discutir os conceitos de *dinâmica intrínseca* do sistema e *informação comportamental*, que são considerados as duas bases centrais da abordagem dos sistemas dinâmicos relacionados à formação de padrões coordenativos.

O conceito de *dinâmica intrínseca* refere-se a estados atrativos ou padrões coordenativos relativamente autônomos inerentes a um determinado sistema em um dado momento (Kelso, 1995). Em outras palavras, são comportamentos que o sistema tem preferência em exibir em detrimento de outros comportamentos. Esta preferência pode ser tanto influenciada por mecanismos de funcionamento do próprio sistema como também por outros fatores que levam o sistema a atuar neste padrão. Um dos exemplos de *dinâmica intrínseca* mais conhecido na abordagem dos sistemas dinâmicos é o da preferência de seres humanos em apresentar coordenação entre membros na execução de movimentos oscilatórios nos modos "em fase" e "fora de fase".

Estes modos atrativos de coordenação entre membros foram elegantemente examinados experimentalmente por Kelso e colegas (por exemplo, Kelso & Scholz, 1985; Kelso, Scholz & Schöner, 1986). A tarefa utilizada neste paradigma experimental consistia em movimentar os dedos indicadores ritmicamente no plano transverso seguindo a frequência de um estímulo sonoro. Dentre inúmeros padrões de coordenação possíveis, apenas dois foram caracterizados como sendo estáveis e reproduzíveis em situações onde a frequência do movimento dos dedos era confortável: o modo "em fase" (movimento simultâneo de flexão e extensão dos dedos indicadores, sendo que os músculos homônimos se contraem simultaneamente) e o modo "fora de fase" (movimento simultâneo e alternado de flexão e extensão dos dedos indicadores, ou seja, enquanto um dedo flexiona o outro estende e vice-versa, sendo que os músculos homônimos se contraem alternadamente). Neste momento, como curiosidade, podemos acrescentar que quando a frequência do movimento era aumentada acima de um valor crítico determinado (por volta de 2,2 Hz), ocorria uma mudança espontânea no padrão coordenativo do modo "fora de fase" para o modo "em fase". Mais interessante ainda é que o contrário não ocorria, ou seja, mudança do modo "em fase" para o modo "fora de fase". Então, frente aos resultados observados concluiu-se que o aparato motor humano apresenta dois estados atrativos na realização de movimentos entre membros: "em fase" e "fora de fase" e que o modo "em fase", em situações que o sistema é obrigado a realizar a tarefa rapidamente, é o preferido. Seguindo a proposta de que aprendizagem envolve a alteração do estado atrativo do sistema, aprendizagem, então, envolveria alterar a *dinâmica intrínseca* do sistema de forma que o padrão coordenativo desejado ou requerido em alguma situação viesse a ser alcançado. A alteração da *dinâmica intrínseca* é influenciada por uma restrição ou várias restrições (também denominadas de

parâmetros) que serviriam como *informação comportamental* (Schöner & Kelso, 1988) e teriam como função atrair o comportamento para um padrão coordenativo desejado. Desta forma, a aprendizagem de um determinado padrão coordenativo requer que a *informação comportamental*, necessária para a realização de uma determinada tarefa seja incorporada pelo sistema e consequentemente altere a *dinâmica intrínseca* do sistema, passando então a ser memorizada (Zanone & Kelso, 1992a) para ser utilizada futuramente. Mais ainda, uma vez que a aprendizagem tenha ocorrido, o padrão coordenativo agora memorizado constitui um estado atrativo da *dinâmica de funcionamento* do sistema (Kelso, 1995). Exemplos de *informação comportamental* poderiam ser imposições ambientais, necessidades intencionais, necessidades da tarefa a ser aprendida, entre outros. No caso dos modos atrativos dos movimentos dos dedos indicadores, a *informação comportamental* poderia ser a necessidade de um novo padrão coordenativo diferente daqueles dois estados que o sistema tem preferência, por exemplo, um relacionamento com diferença temporal de 90 graus¹ entre os dedos. Este exemplo será retomado mais adiante.

De forma geral, a combinação dos conceitos de *dinâmica intrínseca* e *informação comportamental* oferece uma visão diferenciada para entender o fenômeno relacionado à aprendizagem e, em específico, à Aprendizagem Motora. Primeiro, qualquer aquisição de novas formas de comportamentos habilidosos acontece tendo como base algumas potencialidades do sistema já existentes. Na linguagem da abordagem dos sistemas dinâmicos, aprendizagem ocorre tendo como base a *dinâmica intrínseca* do sistema. Faz-se necessário ressaltar que a *dinâmica intrínseca* do sistema não pode ser considerada apenas como as restrições do organismo ou do ambiente. Pelo contrário, a *dinâmica intrínseca* do sistema reflete todas as capacidades existentes no sistema no momento que uma nova tarefa está sendo aprendida (Zanone & Kelso, 1992a).

Este aspecto deve ter levado o leitor a salientar, corretamente, que isto não é novidade na área de aprendizagem. Vários autores têm discutido a importância da transferência (por exemplo, Magill, 1980; Kerr, 1982; Schmidt, 1982) na Aprendizagem Motora, ou seja, a influência de habilidades previamente praticadas na aprendizagem de novas tarefas motoras.

A abordagem dos sistemas dinâmicos apenas reforça mais ainda a importância de saber as condições do aprendiz que estarão influenciando a aprendizagem. Então, assumindo que aprendizagem ocorre com base nas capacidades do sistema no momento em que ela ocorre, faz-se então necessário verificar a *dinâmica*

¹ O padrão coordenativo com uma diferença temporal de 90 graus nos movimentos dos dedos constitui um padrão no ponto médio entre modos coordenativos "em fase" e "fora de fase" que também são conhecidos como zero e 180 graus, respectivamente.

intrínseca vigente no sistema antes de qualquer prática, para conhecer e, preferencialmente, utilizar as condições iniciais do sistema para facilitar a aquisição da tarefa desejada. Sendo assim, o conhecimento das condições dos estados atrativos antes da aprendizagem é muito importante para o delineamento de restrições que estarão afetando a aprendizagem. Mais ainda, o processo de aprendizagem de uma nova tarefa é específico a cada um que esteja aprendendo, pois cada um apresentará uma dinâmica intrínseca diferente, baseada nas experiências anteriores.

Um segundo aspecto que necessita ser enfatizado na visão dinâmica sobre Aprendizagem Motora é entender como o processo de aprendizagem ocorre, tendo em vista a dinâmica intrínseca do sistema. Assumindo a noção de que padrões coordenativos são resultados de estados atrativos do sistema, qualquer aprendizagem pode ser facilitada ou dificultada dependendo do relacionamento entre o novo estado atrativo referente ao padrão coordenativo a ser aprendido e os estados atrativos existentes no sistema. Desta forma, dois fenômenos podem ocorrer dependendo da relação entre o padrão a ser aprendido e os padrões existentes no sistema: cooperação ou competição (Kelso, 1995; Zanone & Kelso, 1992a).

Quando um padrão a ser aprendido corresponde a um dos estados atrativos já existentes no sistema, ocorre uma cooperação entre a dinâmica intrínseca e a informação comportamental que atrai o padrão para o relacionamento temporal existente. Desta forma, o resultado é um padrão comportamental preciso e estável, sendo a aprendizagem facilitada. Por outro lado, quando um padrão a ser aprendido não coincide com algum estado atrativo do sistema, ocorre uma competição entre a dinâmica intrínseca e a informação comportamental que especifica o padrão a ser aprendido. Neste caso, o padrão resultante pode ser um pouco diferente do padrão desejado, além de ser caracterizado por flutuações e menor estabilidade. Então, a aprendizagem de um novo padrão coordenativo emerge a partir de um relacionamento entre processos competitivos ou cooperativos entre a dinâmica intrínseca e a informação comportamental que determinam o padrão comportamental observado.

Novamente, o leitor deve estar pensando que isto não é novidade alguma e, mais uma vez, o leitor está correto. Por exemplo, os efeitos das experiências passadas no processo de aprendizagem de alguma habilidade motora e os benefícios e dificuldades que estas experiências passadas propiciam ao aprendiz compõem um amplo campo de estudo da área de Aprendizagem Motora que tem procurado entender os efeitos da transferência positiva e negativa (por exemplo, Magill, 1980) e como utilizá-los em situações de aprendizagem (por exemplo, Kerr, 1982). Entretanto, apesar destes efeitos serem observados comportamentalmente, uma explicação convincente sobre o processo responsável por este fenômeno ainda era aguardada. De acordo com Kelso (1995), os estudos sobre Aprendizagem

gem Motora não têm conseguido enfatizar e, consequentemente, sugerir explicações satisfatórias sobre o processo contínuo que envolve a aprendizagem de uma nova tarefa. Quando a aprendizagem é relacionada a mudanças internas, tais como o fortalecimento do esquema motor (Schmidt, 1975) ou do traço perceptivo (Adams, 1971), estes processos tornam-se inacessíveis e são apenas inferidos a partir da observação comportamental. Desta forma, o processo envolvido na aprendizagem de uma determinada tarefa não é revelado. Diferentemente, sugere Kelso (1985), a visão baseada na abordagem dos sistemas dinâmicos oferece meios para revelar os vários aspectos do processo de aprendizagem, propiciando um paradigma no qual as mudanças ocorridas durante a aprendizagem de uma determinada tarefa podem ser reveladas, proporcionando um melhor entendimento do processo que norteia a aprendizagem de novas tarefas motoras.

Evidências experimentais e formulações teóricas

As propostas teóricas baseadas na abordagem dos sistemas dinâmicos sobre aprendizagem foram verificadas experimentalmente (Zanone & Kelso, 1992a; 1992b), discutidas e revisadas (Kelso, 1995; Schönner, 1989; Schönner, Zanone & Kelso, 1992). Novamente, o desenho experimental envolveu a aprendizagem de um relacionamento temporal entre os dedos indicadores diferente dos dois modos atrativos definidos pela dinâmica intrínseca do sistema ("em fase" e "fora de fase"). Desta forma, os participantes tiveram que aprender a oscilar os dedos indicadores utilizando um relacionamento temporal de 90 graus entre os dedos, ou seja, utilizando um padrão coordenativo intermediário aos dois modos atrativos, seguindo a indicação de dois metrônomos². Os procedimentos experimentais para a aprendizagem deste padrão coordenativo envolveram prática em blocos durante cinco dias e a realização, após cinco dias, de um teste de retenção.

Além dos procedimentos usuais em estudos sobre Aprendizagem Motora, Zanone e Kelso (1992a; 1992b) também verificaram possíveis alterações na posição dos estados atrativos do sistema que ocorriam durante o processo de aprendizagem. No início de cada dia de aprendizagem, bem como entre os blocos de prática, uma "varredura" dos estados atrativos do sistema era realizada, onde os participantes eram solicitados a movimentar os dedos indicadores com relacionamentos temporais com intervalo de 15 graus indo de zero até 180 graus (0, 30, 45 ... 180) ou até 360 graus. O objetivo de utilizar este procedimento de varredura foi de verificar os estados atrativos do sistema e se a disposição destes

² Cada metrônomo indicava a movimentação de cada dedo e a diferença entre os dois metrônomos configurava a fase relativa desejada entre os dedos.

seria alterada com a aprendizagem da tarefa de movimentar os dedos utilizando um padrão coordenativo de 90 graus.

Os resultados do estudo permitiram responder a duas questões clássicas dos estudos de Aprendizagem Motora. Primeiro, os participantes foram capazes de aprender o novo padrão coordenativo, caracterizado por uma fase relativa de 90 graus. Inicialmente, o nível de erro sistemático (diferença da fase relativa do padrão realizado e da fase relativa do padrão requerido) foi alto e diminuiu aproximadamente pela metade após o segundo dia de prática da tarefa. Segundo, os participantes também foram capazes de recordar o padrão coordenativo aprendido, executando-o sete dias após o período de aprendizagem no teste de retenção (para mais detalhes ver Zanone & Kelso, 1992a; 1992b; Kelso, 1995).

Além destes resultados, o experimento discutido aqui permitiu verificar vários aspectos sobre o processo que envolve a aquisição de uma nova tarefa motora. Primeiro, a aprendizagem de um novo padrão coordenativo, neste caso o padrão coordenativo com fase relativa entre os dedos de 90 graus, alterou a disposição de outros possíveis padrões coordenativos apresentados pelo sistema. Especificamente, o padrão coordenativo com fase relativa entre os dedos de 90 graus não foi apenas aprendido como também passou a atrair os demais padrões que estavam próximos (Zanone & Kelso, 1992a). Desta forma, Kelso (1995) sugeriu que a aprendizagem de um novo padrão coordenativo além de induzir mudanças relacionadas ao padrão a ser aprendido, produz alterações no sistema inteiro. Michaels e Carello (1981), discutindo o papel de experiência no processo de aprendizagem, sugeriram uma visão similar, embora de forma mais abrangente. Especificamente, foi sugerido que experiências pessoais não levariam a novos conhecimentos em um mesmo ser, mas que estas experiências provocariam o surgimento de um novo ser que teria melhor conhecimento de algo.

O segundo aspecto revelado pelo procedimento de varredura foi que a aprendizagem do padrão coordenativo com fase relativa de 90 graus entre os dedos resultou também na formação de um padrão coordenativo simétrico ao aprendido, com fase relativa de 270 graus entre os dedos. É importante ressaltar que neste caso o procedimento de varredura ocorreu no intervalo entre zero e 360 graus. Entre zero e 180 graus, o dedo indicador direito esteve à frente do dedo indicador esquerdo. Entre 180 e 360 graus, o inverso ocorreu, ou seja, o dedo indicador esquerdo ficou à frente do dedo indicador direito. Utilizando este procedimento foi possível verificar o surgimento de um estado atrativo com fase relativa de 270 graus e que não havia sido praticado antes³. Este estado apre-

³ Recorde que o padrão praticado durante a aprendizagem com fase relativa de 90 graus requeria que o dedo indicador direito estivesse à frente do dedo indicador direito. No caso do padrão coordenativo com fase relativa de 270 graus, o dedo esquerdo está à frente do dedo indicador direito, embora com a mesma diferença.

sentou estabilidade e também atraiu os padrões coordenativos adjacentes (Zanone & Kelso, 1992a; 1992b). O leitor deve estar relacionado o surgimento do padrão com fase relativa de 270 graus com transferência de aprendizagem, e mais uma vez o leitor está correto. A aprendizagem do padrão com fase relativa de 90 graus foi transferida, promovendo a aquisição do padrão com fase relativa de 270 graus.

O surgimento de um novo padrão coordenativo que não foi praticado sugere que, pelo menos para tarefas rítmicas, transferência de aprendizagem ocorre automaticamente (Kelso, 1995). Na verdade, a ocorrência de transferência de aprendizagem automática não é novidade na área de Aprendizagem Motora. Por exemplo, a aprendizagem de uma tarefa com um membro facilita a aprendizagem desta mesma tarefa com o membro contralateral (Cook, 1933a; 1933b). Mesmo ganho de força de um membro que não foi exercitado foi verificado e explicado a partir do princípio da transferência motora (Logan & Lockhart, 1962).

Entretanto, na transferência de aprendizagem verificada nos estudos de Zanone e Kelso (1992a; 1992b), pode-se avançar um pouco além para entender o que está sendo aprendido pelo sistema nervoso central pelo menos com relação aos padrões coordenativos. Tendo em vista que a transferência ocorreu espontaneamente para a formação de um padrão com o mesmo relacionamento temporal mas com uma ordem diferente entre as partes envolvidas na tarefa (dedo indicador esquerdo à frente do dedo indicador direito) daquela utilizada na aprendizagem (dedo indicador direito à frente do dedo indicador esquerdo), pode ser sugerido que a aprendizagem envolve a aquisição de uma relação temporal entre as partes envolvidas (Kelso, 1995). Mais ainda, esta aquisição ocorre de forma abstrata pelo sistema nervoso central, pois pode ser transferida para outras situações que não foram praticadas. Sendo assim, o que é aprendido com a prática e experiência é a relação abstrata entre vários componentes coordenativos do mesmo sistema ou de diferentes sistemas (por exemplo, motor, nervoso, sensorial, etc.).

Implicações e necessidades futuras

Embora as primeiras formulações teóricas sobre o processo de aprendizagem, baseado-se na abordagem dos sistemas dinâmicos, tenham surgido a mais de uma década (por exemplo, Schönner, 1989), muito pouco tem sido realizado no âmbito experimental para testar estas formulações teóricas. Vários conceitos e pressupostos ainda necessitam ser examinados mais profundamente com relação ao processo de aprendizagem dentro da abordagem dos sistemas dinâmicos.

Um outro aspecto que deve ser salientado sobre este capítulo e, de forma geral, tem sido questionado sobre a abordagem dos sistemas dinâmicos, é que apenas movimentos rítmicos têm sido discutidos. Inicialmente, o capítulo foi baseado em movimentos rítmicos pelo fato de existir um corpo de conhecimento estruturado e testado experimentalmente relacionado à aprendizagem de tais movimentos (Schöner, 1989; Schöner, Zanone & Kelso, 1992; Zanone & Kelso, 1992a; 1992b). Com relação a abordagem dos sistemas dinâmicos, pelo menos teoricamente, são vários os trabalhos direcionados a situações diferentes dos movimentos rítmicos ou do processo de aprendizagem. Por exemplo, movimentos discretos (Schöner, 1990), variáveis envolvidas no controle motor (Scholz & Schöner, 1999), ciclo percepção-ação (Schöner, 1991; 1994), desenvolvimento motor (Barela, 1999; Thelen, 1995; Thelen & Smith, 1994) e o planejamento de ações motoras (Bastian, Riehle, Erlhagen & Schöner, 1998; Schöner, Kopeck & Erlhagen, in press) são alguns dos trabalhos que vem sendo realizados nos vários campos de estudo utilizando a abordagem dos sistemas dinâmicos. Entretanto, várias questões, como já enfatizadas na área de Aprendizagem Motora, estão à espera de verificações empíricas. Para tanto, há a necessidade do envolvimento de mais pesquisadores interessados em verificar as sugestões teóricas ou aprofundar o conhecimento já formalizado nestes vários campos de estudo. Esperamos que este capítulo venha a auxiliar neste processo dentro da área de Aprendizagem Motora.

Referências Bibliográficas

- Adams, J.A. (1971). A close loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3, 111-149.
- Barela, J.A. (1997). Perspectiva dos sistemas dinâmicos: Teoria e aplicação no estudo de desenvolvimento motor. In A.M. Pellegrini (Ed.), *Colômbia de estudos: Comportamento motor I* (p.11-28). São Paulo: Movimento.
- Barela, J.A. (1999). Aquisição de habilidades motoras: do inexperienced ao habilidoso. *Motriz*, 5(1), 53-57.
- Bastian, A.; Riehle, A.; Erlhagen, W. & Schöner, G. (1998). Prior information preshapes the population representation of movement direction in motor cortex. *NeuroReport*, 9, 315-319.
- Clark, J.E. & Whittle, I. (1989). Changing patterns of locomotion: From walking to skipping. In M.H. Woollacott & A. Shumway-Cook (Eds.), *Development of posture and gait across the life span* (pp.129-151). Columbia, SC: University of South Carolina Press.
- Cook, T.W. (1993a). Studies in cross-education I. Mirror tracing the star-shaped maze. *Journal of Experimental Psychology*, 16, 144-160.
- Cook, T.W. Studies in cross-education II. Further experiments in mirror tracing the star-shaped maze. *Journal of Experimental Psychology*, 16, 679-700.
- Johanson, G. (1973). Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception and Psychophysics*, 14, 201-211.
- Kelso, J.A.S. (1995). *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kelso, J.A.S., Holt, K.G., Rubin, P. & Kugler, P.N. (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, 226-284.
- Kelso, J.A.S., Scholz, J.P. & Schöner, G. (1986). Non-equilibrium phase transition in coordinated biological motion: Critical fluctuations. *Physics Letters A*, 118, 279-284.
- Kerr, R. (1982). *Psychomotor learning*. New York: CBS College.
- Logan, G.A. & Lockhart, A. (1967). Contralateral transfer of specificity of strength training. *Journal of American Physical Therapy Association*, 42, 658-660.
- Magill, R.A. (1984). *Aprendizagem motora: Conceitos e aplicações*. Tradução Erik Gerhard Hamitzsch. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda.
- Michaels, C.F. & Carello, C. (1981). *Direct Perception*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Newell, K.M. (1986). Constraints on the development of coordination. In M.G. Wade & W.T.A. Whiting (Eds.), *Motor development in children: Aspects of coordination and control* (pp.341-360). Dordrecht: Martinus Nijhoff.
- Schmidt, R.A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225-260.
- Schmidt, R.A. (1988). *Motor control and learning: A behavioral emphasis*. 2a. ed., Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schmidt, R.A. (1991). *Motor learning and performance: From principles to practice*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schmidt, R.A. & Lee, (1999). *Motor control and learning: A behavioral emphasis*. 3a. ed., Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schmidt, R.C.; Carello, C. & Turvey, M.T. (1990). Phase transitions and critical fluctuations in the visual coordination of rhythmic movements between people. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 227-247.
- Scholz, J.P. & Schöner, G. (1999). The uncontrolled manifold concept: Identifying control variables for a functional task. *Experimental Brain Research*, 126, 289-306.
- Schöner, G. (1989). Learning and recall in a dynamic theory of coordination patterns. *Biological Cybernetics*, 62, 39-54.
- Schöner, G. (1990). A dynamic theory of coordination of discrete movement. *Biological Cybernetics*, 63, 257-270.
- Schöner, G. (1991). Dynamic theory of action-perception patterns: The "moving room" paradigm. *Biological Cybernetics*, 63, 257-270.
- Schöner, G. (1994). Dynamic theory of action-perception patterns: The time-before-contact paradigm. *Human Movement Science*, 13, 257-270.
- Schöner, G. & Kelso, J.A.S. (1988). A synergetic theory of environmentally specified and learned patterns of movement coordination. I. Relative phase dynamics. *Biological Cybernetics*, 58, 71-80.
- Schöner, G.; Kopeck, K.; Erlhagen, W. (in press). The dynamic neural field theory of motor programming: Arm and eye movements. In P.G. Morasso & V. Sanginetti (Eds.), *Self-organization, computational maps and motor control*. Amsterdam: Elsevier-North Holland.
- Schöner, G.; Zanone, P.G. & Kelso, J.A.S. (1992). Learning as change of coordination dynamics: Theory and experiment. *Journal of Motor Behavior*, 24, 29-48.
- Thelen, E. (1995). Motor development: A new synthesis. *American Psychologist*, 50(2), 79-95.
- Thelen, E. & Smith, L.B. (1994). *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*. Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books.
- Zanone, P.G. & Kelso, J.A.S. (1992a). Learning and transfer as dynamical paradigms for behavioral change. In G.E. Stelmach & J. Requin (Eds.), *Tutorials in Motor Behavior II* (pp. 563-582). New York: Elsevier Science Publishers B.V.
- Zanone, P.G. & Kelso, J.A.S. (1992b). The evolution of behavioral attractors with learning: Nonequilibrium phase transitions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18(2), 403-471.