

## PERÍODOS CRÍTICOS OU SENSÍVEIS: REVISITAR UM TEMA POLÊMICO À LUZ DA INVESTIGAÇÃO EMPÍRICA

Vítor Pires LOPES\*  
José António Ribeiro MAIA\*\*

---

### RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar o conceito de período crítico à luz da investigação empírica disponível. Em primeiro lugar apresenta-se o conceito de período crítico e faz-se uma resenha histórica acerca da sua “evolução”. Em seguida analisa-se o problema da determinação dos períodos críticos sendo apresentados os resultados das poucas investigações realizadas nesta temática no âmbito das aptidões motoras. Os resultados destas investigações evidenciam alguma contradição nas suas conclusões. Posteriormente é analisada a questão da treinabilidade e da sua dependência genética. Conclui-se: a) que existe uma grande falta de estudos empíricos que abordem a questão dos períodos críticos ou sensíveis, não estando confirmada ou reprovada a idéia da sua existência no treino de aptidões motoras e aprendizagem de habilidades; b) o grau de treinabilidade é influenciado pelo genótipo, verificando-se uma forte interação genótipo x envolvimento, ocasionando uma grande variação inter-individual no grau de sensibilidade ao treino e instrução.

UNITERMOS: Período crítico ou sensível; Treinabilidade; Genótipo.

---

### INTRODUÇÃO

#### Conceito de período crítico

O período crítico ou sensível é entendido como um período de tempo durante o qual um indivíduo é mais susceptível a determinada influência externa. Este período não deve ser visto apenas como período de tempo em que determinado evento tem influência decisiva numa qualquer função ou órgão, mas como o período de tempo em que um indivíduo está mais susceptível à influência daquele evento. Daqui decorre a possibilidade da existência de vários períodos críticos ou sensíveis para o mesmo órgão ou função.

O conceito de período crítico baseia-se em evidências empíricas de que o processo

organizacional é mais facilmente modificado, tanto favorável como desfavoravelmente<sup>1</sup>, no período de tempo em que ele ocorre com maior rapidez (Scott, 1986). Nesta base o autor retira as seguintes conclusões:

- a) um processo organizacional não pode ter períodos críticos se se processar uniformemente. Possui o mesmo grau de modificabilidade qualquer que seja o momento considerado;
- b) o desenvolvimento não se processa e não pode processar-se uniformemente. Pode, por isso, afirmar-se que o processo de desenvolvimento exhibe períodos críticos cuja duração e

---

\* Instituto Politécnico de Bragança – Portugal.

\*\* Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto – Portugal.

importância depende do seu grau de mudança. O curso do grau de mudança pode tomar várias formas. 1) No caso clássico, o processo ocorre rapidamente num período de tempo curto e depois cessa completamente. Isto acontece num largo número de processos embriológicos. 2) Uma segunda possibilidade é a de que o processo pode ocorrer rapidamente e depois decrescer para um nível baixo mas nunca terminar completamente. Isto parece acontecer no processo de fixação (ligação) social (“social attachment”) nos mamíferos superiores, incluindo o homem. 3) Outra possibilidade é a de que o processo organizacional possa ocorrer intermitentemente a elevados níveis com a conseqüente possibilidade de ocorrência de múltiplos períodos críticos. Isto é o que caracteriza o processo de aprendizagem nos animais superiores.

O momento de maior rapidez na organização num processo particular não é apenas um período crítico para decisões, mas também um período ótimo para produzir as mudanças desejadas (ou pelo menos desejáveis) na organização de um sistema biológico ou social. A mudança não pode ser produzida antes do início do processo organizacional nem depois do seu término (Scott, 1986).

O conceito de período crítico assume, portanto, que as mudanças associadas ao crescimento, maturação e desenvolvimento ocorrem com maior rapidez e que o processo organizacional pode mais facilmente ser modificado durante esses períodos. Assim, os períodos críticos, se puderem ser estabelecidos com precisão, podem representar os momentos de maior prontidão e elevada sensibilidade aos estímulos do treino e instrução (Magill, 1988; Malina, 1993).

Na verdade deve fazer-se alguma distinção entre período crítico e período sensível. O termo período crítico, entendido como um período de tempo durante o qual determinado processo é influenciado de forma irreversível, deve aplicar-se na embriologia, sobretudo no domínio dos processos reguladores do crescimento (Scott, 1986) e no desenvolvimento animal, onde é clara a idéia de “imprinting” proposta por Konrad Lorenz. Enquanto que o termo período sensível, entendido como o período de tempo em que a aprendizagem de habilidades ou desenvolvimento de aptidões e competências se faz de forma mais facilitada, deve aplicar-se no desenvolvimento humano pós-natal.

### Breve resumo histórico

O autor que primeiro se referiu à existência de períodos críticos na aprendizagem e desenvolvimento motor foi McGraw (1935). No estudo clássico dos gêmeos Jimmy e Johnny, McGraw (1935) refere que para certas atividades motoras, tais como a marcha autônoma e andar de triciclo, a prática precoce não trouxe benefícios à aprendizagem. No entanto, para outras atividades, tais como andar de patins, a prática precoce forneceu benefícios à aprendizagem. McGraw concluiu que os períodos críticos para a aprendizagem variam de atividade para atividade e que eles são um período ótimo para uma rápida aprendizagem. Este é um estudo amplamente citado. No entanto, parece-nos que as generalizações realizadas a partir dos seus resultados carecem de fundamentação mais sólida e de maior consistência, dado que a amostra se limita apenas a um par de gêmeos.

Na concepção de McGraw os períodos críticos para a aprendizagem baseiam-se no pressuposto maturacional de que só é possível ensinar qualquer assunto desde que a função que lhe dá suporte tenha atingido o nível maturacional adequado, isto é, tenha atingido um estado de prontidão neuro-motor adequado. Segundo a autora, a prática precoce de Johnny foi ineficaz, porque a atividade se iniciou antes dos mecanismos neuro-musculares estarem “prontos” para aquele desempenho, concluindo que o início do treino ou instrução antes da prontidão neural adequada à atividade é um esforço desperdiçado (McGraw, 1945). Daqui que se refira que as propostas dos diferentes estímulos de treino-instrução para melhorar os níveis das aptidões motoras tenha por base um conhecimento adequado do grau de “desenvolvimento biológico e psicológico” dos sujeitos.

McGraw entendia o período crítico como um ponto no desenvolvimento de um comportamento o mais apropriado para a interação hereditariedade x meio por forma a que as aprendizagens ocorressem com maior eficácia, desde que as atividades propostas fossem de natureza ontogênica.

Este ponto de vista maturacional é uma extensão da teoria do desenvolvimento comumente aceita naquela altura, a teoria maturacionista, da qual Gesell é o autor mais destacado. Este autor promoveu um modelo de

desenvolvimento designado por “growth-readiness model”, que propunha que certos padrões organizados de crescimento devem ocorrer antes da aprendizagem poder efetivamente contribuir para o desenvolvimento (Magill, 1988).

## DETERMINAÇÃO DOS PERÍODOS CRÍTICOS OU SENSÍVEIS

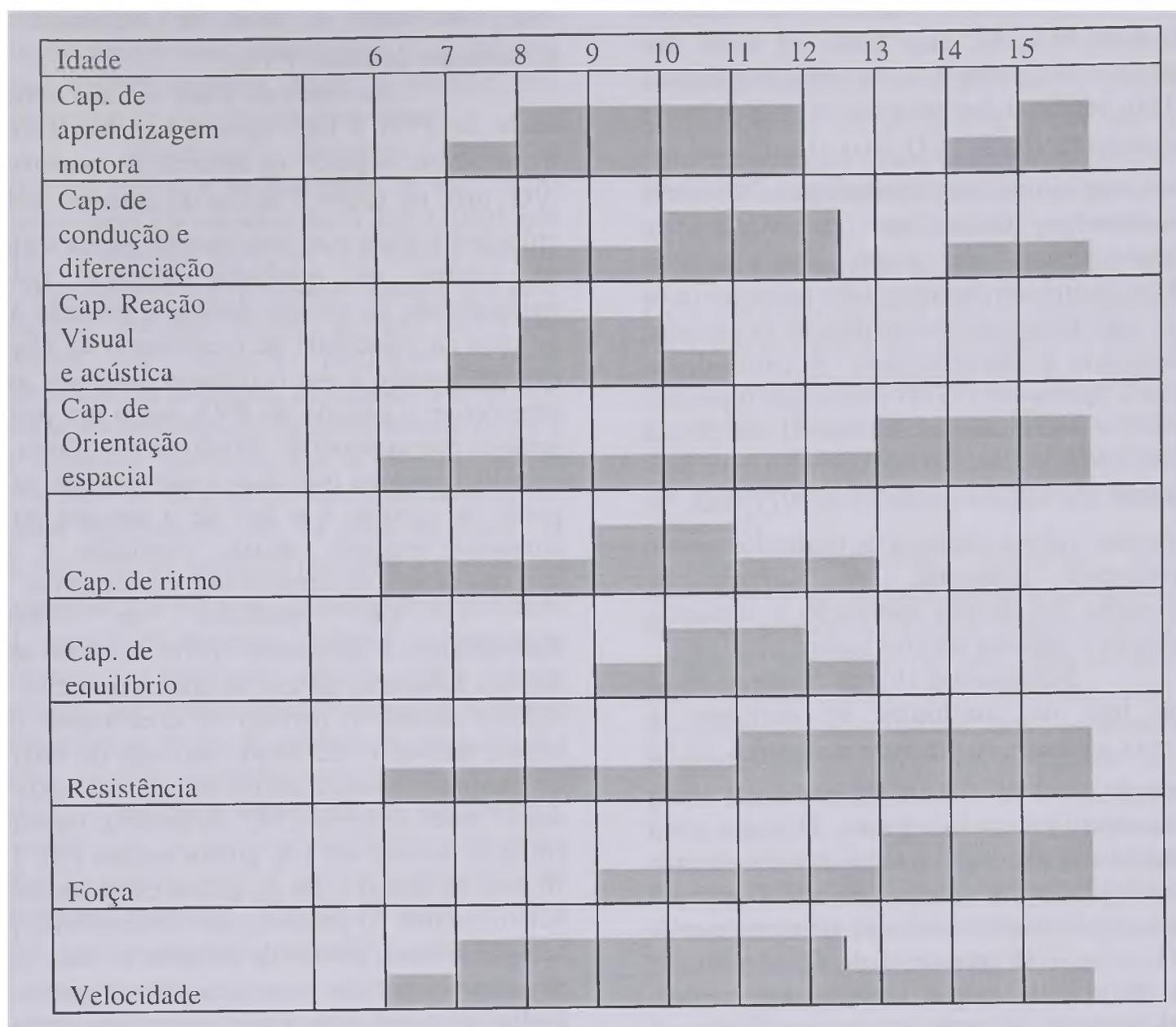
A determinação de um período crítico ou sensível não se deve apenas ao processo de maturação. Segundo Scott (1986), o período sensível para qualquer tipo de aprendizagem é o momento em que o máximo de expressão de capacidades - sensoriais, motoras, motivacionais e psicológicas - se apresentam pela primeira vez. Assim, nenhum fator pode ser considerado como o primeiro determinante dos períodos sensíveis. É a interação entre a maturação, o envolvimento e a aprendizagem que determina o despontar de um período sensível (Magill, 1988). O processo de aprendizagem é influenciado por vários fatores que determinam que uma idade é adequada para aprender uma habilidade e outra para aprender outra habilidade. Por exemplo, aprender a andar de triciclo numa idade precoce não interfere, em princípio, com o aprender a andar de bicicleta numa idade posterior, já que as duas atividades são diferentes. No entanto, um domínio da primeira pode contribuir para o aumento da confiança para aprender a segunda. Um outro fator que interfere em qualquer processo de aprendizagem é a motivação, e este pode ser um fator de primordial importância na determinação dos períodos sensíveis (Scott, 1986). A criança deve ter pelo menos algum interesse em aprender, e a sua motivação pode ser aumentada ou diminuída pelo sucesso ou insucesso. Por isso é importante não ensinar qualquer atividade antes da idade onde o sucesso seja possível.

De acordo com este ponto de vista, em que o nível maturacional da criança, o envolvimento e as experiências de aprendizagem devem ser tomadas em consideração, não existe um

período sensível para a aprendizagem de habilidades, é indubitável que existem muitos períodos sensíveis para a aprendizagem de habilidades. Magill (1988) interpreta os períodos sensíveis como períodos de prontidão ótima e propõe um modelo para a sua determinação que tem como fatores a maturação, as experiências anteriores relacionadas com a(s) habilidade(s) a aprender e a motivação. O peso de cada fator na determinação de um período de prontidão ótima varia de habilidade para habilidade no mesmo indivíduo e de indivíduo para indivíduo. Segundo Magill (1988), a prontidão ótima para a aprendizagem ocorre quando o nível maturacional do indivíduo, as experiências anteriores e a motivação são apropriadas para a aprendizagem. Este modelo, embora, do ponto de vista teórico, possa ser considerado um “bom modelo” tem como suporte empírico apenas os estudos bastante antigos de McGraw e de Gesell realizados exclusivamente com um par de gêmeos. O autor também não apresenta qualquer exemplo prático de determinação do estado de prontidão.

No âmbito do treino desportivo ou mais concretamente no contexto do treino das capacidades motoras, a questão dos períodos sensíveis também tem sido colocada. Os primeiros trabalhos a abordar esta temática são provenientes da Alemanha e de países do leste europeu (e.g. Grosser, Bruggemann & Zintl, 1989; Wolanski, 1979)

A primeira referência portuguesa deve-se ao trabalho de tradução de Carvalho (1989). Este autor trouxe para Portugal não só esta problemática como também a “carta de navegação” para os períodos sensíveis. Esta carta (FIGURA 1) procura representar os períodos sensíveis do desenvolvimento de várias capacidades motoras. Deve-se realçar o fato de estas cartas serem apresentadas sem um suporte empírico nítido comprovativo, pelo menos no que se refere a estudos longitudinais puros ou paralelos, com delineamentos experimentais adequados e com procedimentos de análise eficientes e robustos.



**FIGURA 1** - Modelo de fases sensíveis (adaptado de Martin, 1982). As zonas sombreadas representam o período sensível no desenvolvimento de cada capacidade, as zonas mais elevadas representam o período de maior susceptibilidade às influências do treino.

Também Marques (1988) se refere à problemática dos períodos críticos no contexto da treinabilidade da capacidade de resistência em crianças e jovens, onde destaca a insuficiência de investigações que suportem com clareza a existência de períodos críticos, ou o intervalo etário da sua ocorrência.

### INSUFICIÊNCIAS EMPÍRICAS DA NOÇÃO DE PERÍODOS CRÍTICOS

Verifica-se na literatura a ausência de estudos de caráter empírico que confirmem, ou não, de forma inequívoca, a existência de períodos críticos ou sensíveis tanto no quadro do

desenvolvimento de aptidões como no das habilidades motoras. A título de exemplo apresentamos algumas pesquisas que abordaram esta questão relativamente ao desenvolvimento da aptidão de resistência a partir do comportamento do  $VO_2máx$ , dado ser a mais estudada.

Sprynarová (1974) e Kobayashi, Kitamura, Miura, Sodeyama, Murase, Miyashita & Matsui (1978), através dos resultados obtidos nos seus estudos, levantaram a hipótese de o período pubertário poder ser considerado um período sensível para o treino da resistência aeróbia.

Sprynarová (1974) ao investigar as mudanças ocorridas no  $VO_2máx$  entre os 11 e os 18 anos, num grupo de 38 sujeitos do sexo masculino, repartidos em três grupos de acordo com o número

de treinos semanais (quatro a seis horas de treino por semana ( $n = 8$ ); duas horas de treino por semana ( $n = 19$ ) e uma hora de treino por semana ( $n = 12$ )), verificou que em todos os grupos houve um aumento rápido do  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  ( $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ ) até aos 15 anos, seguido de um abrandamento. Os valores mais elevados obtidos por cada indivíduo, independentemente do grupo onde estavam incluídos, ocorreram durante o salto pubertário e os valores mais baixos ocorreram durante os períodos pré-pubertário e pós-pubertário. A partir destes resultados Sprinarová (1974) inferiu que o período pubertário é especialmente susceptível aos efeitos do treino aeróbio. Contudo tal conclusão deve ater-se somente aos valores absolutos do  $\dot{V}O_2 \text{ max}$ . Se considerasse valores relativos os resultados seriam provavelmente diferentes. A ausência de consideração dos fatores maturação e dimensão morfológica é decisiva nas conclusões.

Kobayashi et alii (1978) chegaram ao mesmo tipo de conclusões ao avaliarem o  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  ao longo de 5/6 anos sucessivos em 50 sujeitos do sexo masculino japoneses em idade escolar, repartidos em três grupos. O grupo 1 era constituído em sete sujeitos avaliados anualmente entre os 9/10 e os 15/16 anos de idade. O grupo 2 consistia em 43 sujeitos avaliados anualmente entre os 12/13 e os 17/18 anos de idade. O programa de treino destes dois grupos consistia em corrida, futebol e natação 4/5 vezes por semana. O grupo 3 era formado por seis sujeitos altamente treinados, campeões do campeonato júnior japonês de corridas de média distância, avaliados anualmente entre os 14/15 e os 16/17 anos de idade. O grupo 1 apenas aumentou ligeiramente o  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  entre os 9,7 e os 12,7 anos de idade, tendo-se verificado um aumento acentuado no  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  entre os 12,7 e os 14,7 anos, intervalo etário onde ocorreu o salto pubertário (média de idade do PVA = 13,3 anos). A média do  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  nos sujeitos do grupo 2 aumentou de 45 para 52,2  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (16%) entre os 13 e os 17 anos, sendo a taxa de crescimento do  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  mais elevada durante o PVA (entre os 13,2 e os 14,2 anos; média do PVA = 13,31 anos). O  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  do grupo 3 aumentou gradualmente de 63,4 para 73,4  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (15,7%) entre os 14 e os 17 anos. Não foi verificado nenhum aumento acentuado do

$\dot{V}O_2 \text{ max}$  após o pico de velocidade de crescimento da altura (PVA).

No intervalo entre um ano antes da idade do PVA e logo após a sua ocorrência, o treino levou, segundo os autores, ao aumento do  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  no grupo 2 acima do aumento normal atribuível à idade e ao crescimento. Ainda segundo os autores, os resultados sugerem que a treinabilidade da aptidão aeróbia é pequena antes do pico da velocidade de crescimento da altura e elevada durante a sua ocorrência, podendo assim entender-se o período do PVA como um período sensível para o treino da aptidão de resistência. No entanto, pensamos que, dada a não inclusão de um grupo de controle e o fato de a amostra ser de dimensão reduzida, aquela conclusão e esta sugestão devem ser consideradas com reservas.

Os resultados de Weber, Kartodihardjo & Klissouras (1976) levantam sérias dúvidas à hipótese de que os efeitos do treino são maiores durante o período de crescimento mais rápido, embora o seu estudo não seja de natureza longitudinal. Submeteram um elemento de cada um dos 12 pares de gêmeos MZ da amostra, repartidos em igual número em três grupos etários (10, 13 e 16 anos de idade) a um programa experimental de treino, durante 10 semanas, que contemplava, uma vez por semana, prática de ciclismo e, duas vezes por semana, corrida e exercícios em degraus. Na avaliação no pré-teste a diferença média intra-par para o  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  foi praticamente igual a zero em todos os grupos. Na avaliação no pós-teste o valor da diferença manteve-se no grupo de gêmeos de 13 anos e alterou-se significativamente no grupo de 10 anos e no grupo de 16 anos, indicando apenas efeitos significativos do treino no grupo de 10 anos e no grupo de 16 anos. Em virtude de o grupo de 13 anos se encontrar no período do salto pubertário, os autores especulam que a atividade hormonal pode ser elevada durante esta idade não podendo os efeitos adicionais do treino sobrepor-se à sua influência. Posteriormente treinaram um dos elementos de três pares de gêmeos do grupo de 13 anos de idade durante um ano. Apenas passado oito meses é que verificaram haver diferenças no  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  entre os elementos treinados e não treinados de cada par de gêmeos. No entanto, passado um ano deixou novamente de haver diferenças significativas. Weber et alii (1976) concluíram que o treino durante o período pubertário não induz a um aumento do  $\dot{V}O_2 \text{ max}$

superior ao que é atribuído ao crescimento. Estes resultados seriam mais convincentes se os mesmos gêmeos fossem seguidos desde o período pré-pubertário até ao período pós-pubertário.

Resultados diferentes dos de Sprynarová (1974) e de Kobayashi et alii (1978) foram também encontrados por Koch (1980) que avaliou anualmente, desde os 11,9 anos e durante três anos, uma amostra de sete sujeitos do sexo masculino. Durante aquele período todos os elementos da amostra participavam com regularidade em diferentes atividades desportivas, podendo ser considerados desportivamente ativos e bem treinados. Verificou que a  $PWC_{170}$  não se alterou entre os 12 e os 13 anos, mas mostrou um aumento significativo aos 14 anos de idade. O  $\dot{V}O_2$  max não se modificou durante o período de observações. Os volumes pulmonares (capacidade vital, capacidade residual funcional e capacidade pulmonar), a ventilação máxima e o volume expiratório por segundo evidenciaram um aumento significativo ao longo do período da pesquisa. No entanto, quando corrigidos pelo volume corporal (altura<sup>3</sup>), a mudança deixou de ser significativa, indicando que o aumento daqueles parâmetros biológicos parece dever-se apenas às mudanças do crescimento somático. Segundo o autor, o nível inicial elevado de  $\dot{V}O_2$  max (59,5 ml·kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) pode ser a justificação para não haver mudanças significativas neste parâmetro, podendo aquele valor ser considerado como o limite médio de treinabilidade no intervalo etário 12 a 15 anos.

Também os resultados encontrados por Froberg, Andersen & Lammert (1991) contradizem os de Sprynarová (1974) e de Kobayashi et alii (1978). Froberg et alii (1991) investigaram o desenvolvimento do  $\dot{V}O_2$  max durante o período pubertário, em 24 sujeitos do sexo masculino, repartidos em três grupos segundo o nível de atividade física (G1 - 8 horas/semana; G2 - 6,3 horas/semana; G3 - 2,7 horas/semana), desde os 11 até aos 17 anos de idade. As avaliações foram executadas em intervalos de seis meses. O PVA foi para o G1 aos 14,1 anos, para o G2 aos 14,3 anos e para o G3 aos 14,7 anos. No período de dois a um ano antes do PVA o G1 apresentou um aumento significativamente mais elevado do  $\dot{V}O_2$  max relativo (peso) do que o G2 e o G3. Ajustando o  $\dot{V}O_2$  max (ml·kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) ao PVA o maior aumento no G1 teve lugar no período de dois a um anos antes do PVA, sendo significativamente

mais elevado após esse período do que no G2 e G3 (62, 56 e 53 ml·kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> respectivamente). As mudanças ocorridas no  $\dot{V}O_2$  max no período de um ano antes do PVA e o PVA não foram significativamente diferentes entre os grupos (88, 100 e 97 ml·kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>). Verificou-se portanto que o treino no G1 influenciou positivamente o  $\dot{V}O_2$  max no período de dois a um ano antes do PVA. No intervalo entre um ano antes da idade do PVA e logo após a sua ocorrência os três grupos tiveram aumentos idênticos no  $\dot{V}O_2$  max. Estes resultados colocam em causa a idéia sugerida atrás de que aquele período poderia ser entendido como um período sensível para o treino da aptidão de resistência.

Verifica-se, portanto, que a existência de um período sensível, correspondendo ao salto pubertário, para o desenvolvimento da aptidão de resistência, não está ainda comprovada. Esta questão pode ser resolvida com um delineamento experimental que contemple um grupo de controle com atividade física normal e um grupo experimental exposto a um programa de treino rigoroso, supervisionado e quantificável, iniciado antes do salto pubertário e continuado por dois ou três anos para lá daquele período. O método de co-gêmeos, onde um dos elementos de cada par de gêmeos é sujeito a treino e o outro serve de controle ao longo dos anos de rápido crescimento pode ser também um delineamento útil (Cunningham, Paterson & Blimkie, 1984). Um modelo de análise que contemple curvas de crescimento para o  $\dot{V}O_2$  max e o alinhamento dos dados pelo PVA pode também ajudar à solução deste problema.

## TREINABILIDADE. RESPOSTA GENETICAMENTE CONDICIONADA

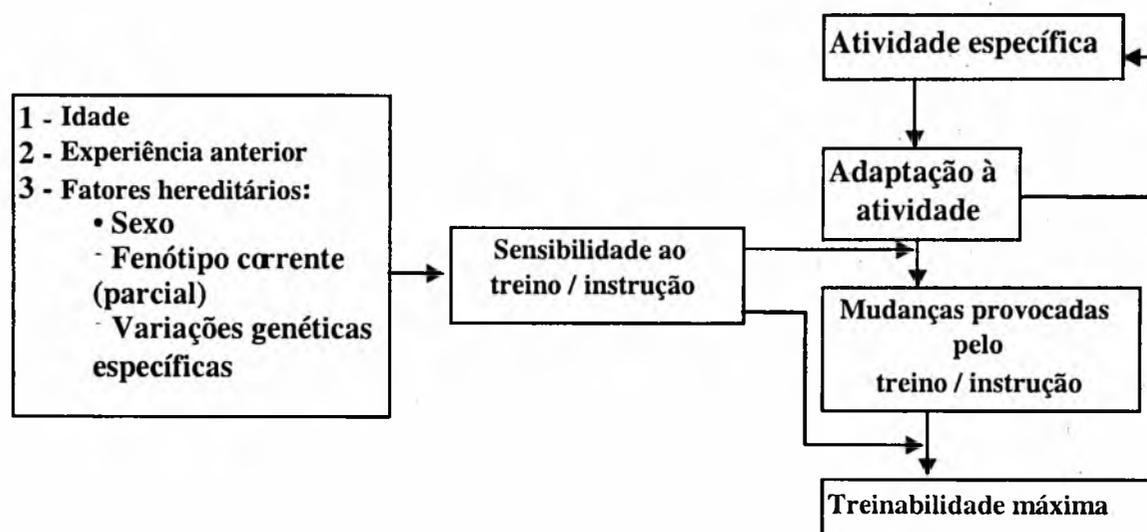
O tema da treinabilidade está associado ao conceito de período crítico. O principal problema associado a estes dois assuntos é a questão de saber se a resposta à carga de treino e instrução (o problema da treinabilidade), isto é, o grau de sensibilidade dos indivíduos, varia ao longo do processo de desenvolvimento e se é, ou não, geneticamente condicionada, o que levantaria o problema sério da interação genótipo com o envolvimento.

A questão da treinabilidade tem sido fortemente colocada no que se refere à resposta ao treino do desenvolvimento da potência aeróbia. Recentemente, um conjunto de investigadores tem dirigido a sua atenção para a relação dose / resposta na capacidade de força, o mesmo ocorrendo relativamente aos efeitos da instrução e prática de habilidades motoras (Malina, 1993; Malina & Bouchard, 1991).

Qualquer atributo (aptidão ou habilidade motora), em resposta ao treino / instrução apresenta uma variação inter-individual acentuada. Esta sensibilidade individual ao estímulos do envolvimento é designada por “norma de reação individual” (Dobzhansky & Boesiger, 1983).

A sensibilidade dos indivíduos ao treino / instrução depende de uma variedade de

fatores dos quais se destacam: a) idade; b) sexo; c) a experiência anterior; d) o nível de pré-instrução ou de pré-treino (nível inicial) das habilidades, da força e da capacidade aeróbia, isto é, o nível corrente do fenótipo e; e) das variações genéticas específicas (genótipo) (Bouchard, 1986; Bouchard & Malina, 1983; Malina, 1993) (FIGURA 2). Com a exceção dos estudos da resposta ao treino aeróbio em adultos sedentários, estes fatores não são ordinariamente controlados nos estudos de instrução e treino em crianças e jovens (Malina, 1993; Malina & Bouchard, 1991), o que limita severamente o entendimento lato deste fenômeno bem como de alguns dos seus mecanismos.



**FIGURA 2** Modelo de fatores associados à variação humana na resposta ao treino / instrução (adaptado de Bouchard, 1986; Bouchard & Malina, 1983; Malina, 1993).

Dentro do lato conjunto de fatores que condicionam a norma de reação individual, a dependência gênica é um deles, pelo que se torna importante esclarecer a sua influência.

### **Análise genética da resposta ao treino / instrução**

A identificação adequada dos valores da variabilidade genética da maioria dos fenótipos, e das relações entre o genótipo e a aprendizagem e o treino constituem questões fundamentais para determinar os limites da treinabilidade. Os fatores genéticos são decisivos na obtenção e na predição do rendimento mais elevado, ainda que se reconheça que outros fatores (do envolvimento)

determinem o grau de aproximação dos indivíduos ao seu potencial genético de prestação (Bouchard, Malina & Pérusse, 1997).

Segundo Bouchard (1986), os efeitos dos genes num dado fenótipo pode ocorrer pelo menos de três formas diferentes: a) através da sua contribuição para o traço ou traços correlacionados com o fenótipo; b) através da heritabilidade, isto é, do efeito médio dos genes no fenótipo numa dada população e c) através da importância da dependência genotípica da resposta ao treino / instrução e atividade física.

Uma questão se levanta quando se considera o grau de treinabilidade de diferentes indivíduos: Será que todos os indivíduos tem o mesma sensibilidade ao treino e instrução?

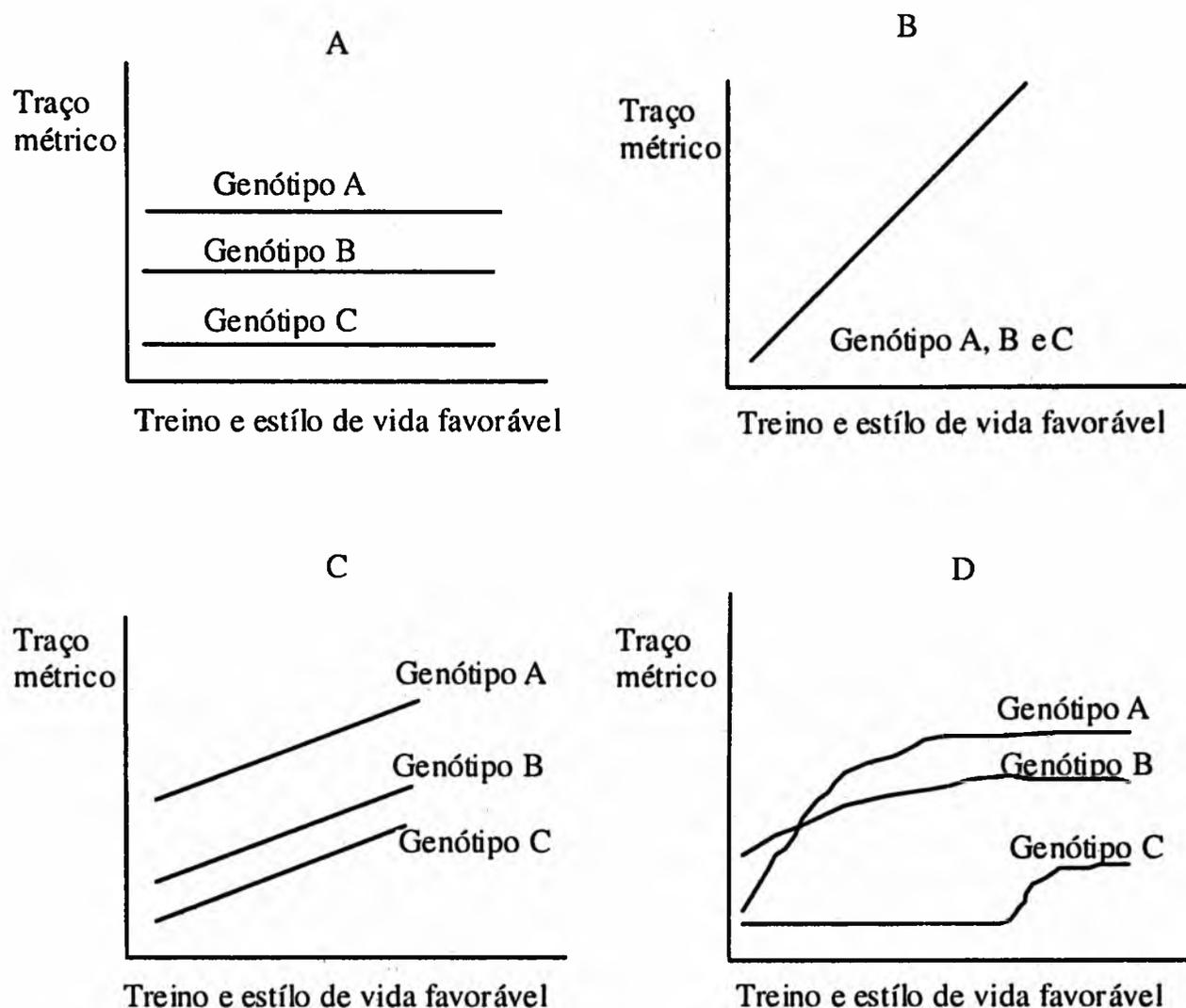
Observações empíricas simples e os resultados das investigações experimentais indicam que assim não acontece. O mesmo programa de treino ou instrução tem efeitos diferenciados de indivíduo para indivíduo. Esta diferenciação no grau de sensibilidade ou norma de reação individual ao treino / instrução presume-se que seja fortemente condicionada pelo genótipo (Bouchard, 1986; Bouchard & Malina, 1983; Wolanski, 1986).

Torna-se assim necessário esclarecer a variância da interação do efeito gênico com o efeito do meio (treino / instrução) ( $V_{GXE}$ ) na variância fenotípica total da aptidão ou habilidade motora em estudo<sup>2</sup>.

A interação<sup>3</sup> do genótipo com o envolvimento refere-se à situação em que a sensibilidade do organismo ao envolvimento, ou a um dado fator do envolvimento, depende do seu genótipo, isto é, diferentes genótipos sujeitos às mesmas condições do envolvimento respondem de modo inequivocamente distinto.  $V_{GXE}$  designa a interação que resulta da contribuição de algumas funções não aditivas do genótipo e dos agentes do envolvimento para a medida do fenótipo para lá do efeito linear principal (Bouchard & Malina, 1983). A  $V_{GXE}$  implica que a sensibilidade do organismo ao envolvimento, e dentro deste ao treino / instrução, depende em alguma extensão do genótipo.

Bouchard & Malina (1983) ilustram as quatro situações teóricas possíveis das fontes

genéticas da variância fenotípica total num qualquer traço humano (FIGURA 3). A parte A da FIGURA 3 ilustra a situação extrema na qual o treino e o estilo de vida (E) não têm qualquer efeito no fenótipo (P), tal que  $V_G = V_P$ . Neste caso as diferenças individuais na aptidão em causa podem ser completamente explicadas pelas diferenças no genótipo. Este é um modelo que não se adequa à realidade, como bem sabemos. A parte B da FIGURA 3 descreve a situação em que toda a variação de P está diretamente relacionada com a mudança em E, com nenhum efeito de G e de GxE. Neste modelo todos os indivíduos deverão ter nascido iguais na aptidão em causa e E é o único fator relevante. Novamente, este é um modelo que as simples observações empíricas rejeitam. Na parte C da FIGURA 3 encontram-se condições que parecem mais realistas, isto é, o estado da aptidão em causa, num dado momento, é resultado da influência de G e de E. No entanto, os seus efeitos são lineares e aditivos. Uma dada quantidade de E tem o mesmo efeito em todos os indivíduos independentemente de G, isto é, uma perfeita ausência de interação. A parte D da FIGURA 3 descreve a situação que parece mais próxima da realidade. O nível de expressão da aptidão depende não só de E e de G, mas também da interação GXE. As mudanças em P nem sempre são lineares e não são idênticas em todos os genótipos e, claro, a treinabilidade de P é limitada pelo diferente valor genotípicos dos sujeitos.



**FIGURA 3** Modelo das fontes genéticas da variação fenotípica, onde G genótipo, E – envolvimento, P – fenótipo e V Variância. Caso A:  $V_E=V_{G \times E}=0$ ; caso B:  $V_G=V_{G \times E}=0$  sendo, portanto,  $V_E=V_P$ ; caso C:  $V_{G \times E}=0$  e, portanto,  $V_P=V_G+V_E$ ; caso D:  $V_P=V_G+V_E+V_{G \times E}$  (adaptado de Bouchard & Malina, 1983).

Poucos estudos se têm debruçado sobre os efeitos da interação entre os fatores genéticos e o treino / instrução de aptidões e habilidades motoras. Algumas pesquisas analisaram os efeitos diferenciados do treino / instrução comparando a semelhança do grau de mudança em gêmeos MZ e DZ. Outros trabalhos analisaram os efeitos diferenciados do treino / instrução usando o método co-gêmeo (“split-twin” ou “co-twin” do inglês), onde um elemento de um par de gêmeos MZ serve de controle para o outro elemento que é submetido a um programa experimental. Neste último caso, usando o procedimento estatístico de análise da variância, é possível estimar a variância devida a diferenças genéticas, a variância devida ao treino (“treatment”) e a interação (Bouchard, 1978).

Os estudos mais consistentes sobre os efeitos da interação do genótipo x treino foram realizados por Bouchard e a sua equipe de colaboradores, que se têm debruçado essencialmente sobre a capacidade aeróbia máxima (CAM) (KJ) e a potência aeróbia máxima (PAM) ( $VO_2$ máx) (Bouchard, 1986), e Thomis (1997) relativamente à sensibilidade ao treino de força.

Recorrendo aos vários estudos realizados com o seu grupo de trabalho, Bouchard (1986) procurou estimar as fontes de variação causal na PAM expressa em  $O_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  e na CAM expressa em  $KJ \cdot kg^{-1}$  em sujeitos sedentários de ambos os sexos submetidos a programas experimentais de treino (valores são apresentados na TABELA1).

Considerando a idade e a experiência anterior controladas (estatisticamente ou pelo

delineamento experimental), o efeito de E (treino e estilo de vida favorável) na PAM/kg explica cerca de 20% da variância total, o efeito de G explica cerca de 30% da variância total e o efeito GxE explica cerca de 50% da variância total. Por outro lado, o efeito do pré-treino (nível inicial), que é também em larga medida geneticamente dependente, se não totalmente nos sujeitos sedentários, geralmente explica cerca de 10% da variância total ou cerca de 20% do efeito de GxE.

Relativamente à CAM/kg o efeito de E atinge cerca de 40% da variância, enquanto o efeito de G atinge cerca de 20%, ligeiramente inferior ao valor atingido na PAM/kg. As três componentes da interação atingem em conjunto cerca de 40% da variância, o efeito principal de GxE atinge cerca de 25% da variância. Parece não haver um efeito do sexo na PAM/kg, embora esse efeito seja reconhecido na CAM/kg (Bouchard, 1986).

**TABELA 1** - Estimação das fontes de variação causal na PAM/kg ( $O_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) e na CAM/kg ( $KJ \cdot kg^{-1}$ ), em sujeitos sedentários de ambos os sexos submetidos a programas experimentais de treino (Bouchard, 1986).

	PAM/kg (%)	CAM/kg (%)
Efeito genético (G)	30	20
Efeito do envolvimento (E)	20	40
Efeito GXE:		
efeito principal GXE	40	25
efeito do pré-treino	10	5
efeito do sexo	0	10

Thomis (1997) estudou o efeito dos fatores genéticos e do treino na força dos membros superiores em 25 gêmeos MZ ( $22,4 \pm 3,7$  anos de idade). O protocolo de treino durou 10 semanas (três treinos semanais). Foram utilizadas cinco séries de 14, 12 e 10 repetições; a percentagem de 1RM era, em todas as sessões, 60%, 75%, 80%, 85% e 70%. A cada semana a carga era ajustada em função do valor de 1RM, sendo o incremento de 5%. A máquina utilizada, Kettler Sport Type, do tipo de resistência acomodativa, permite um controle eficiente da resistência a vencer. A avaliação constou do movimento de flexão do cotovelo para 1RM num ângulo de flexão de  $110^\circ$ , bem como torques máximo a velocidades de  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  e  $120^\circ$  por segundo. A máquina utilizada na avaliação, uma Promett isocinética programável, permite uma avaliação altamente fiável.

A análise da interação genótipo x treino foi realizada a partir da análise da variância a dois fatores: a) medidas repetidas para o efeito do

tratamento no grupo MZ; e b) na similaridade intrapar nas respostas relativas ao treino (TABELA2). É evidente o efeito notório do treino, dado que os valores da razão F são todos significativos. Os resultados da % da mudança mostram a grande variabilidade na resposta ao treino, i.e., a sensibilidade ou norma de reação distinta (o desvio padrão é sempre muito grande e, na maior parte dos testes, superior ao valor da média, o que significa que o coeficiente de variação é superior a 100%). Somente os valores dos testes isométricos e 1RM mostram interação significativa do treino com o genótipo. O mesmo não ocorre para os testes dinâmicos, onde a razão F é sempre não significativa. A autora não apresenta qualquer interpretação substancial para a ausência de interação genótipo x treino (avaliação dinâmica), dado não se conhecer, no momento, os mecanismos genéticos que poderão ser responsáveis por esta insuficiência de resposta.

TABELA 2 – Resultados do estudo de Thomis (1997).

		Pré-treino	Pós-treino	% mudança	Efeito do treino (F)	Interação (F)
1RM (Kg)		22,7 ± 5,6	34,7 ± 5,5	45,8 ± 21,9	618,7	3,5
Isométrico	110°	51,7 ± 12,4	59,9 ± 14,4	19,7 ± 30,5	58,56	1,83
(N.m)						
Concêntrico		34,0 ± 10,5	40,5 ± 14,4	25,0 ± 31,2	18,0	n.s
30°.seg. <sup>-1</sup> (N.m)						
Concêntrico		30,7 ± 8,3	35,0 ± 9,3	22,1 ± 44,8	12,7	n.s
60°.seg. <sup>-1</sup> (N.m)						
Concêntrico		25,5 ± 2,5	27,9 ± 7,7	18,2 ± 48,9	6,02	n.s
120°.seg. <sup>-1</sup> (N.m)						

Se existe um efeito da interação genótipo-treino isso deve-se à existência de indivíduos com diferentes graus de sensibilidade aos efeitos do treino. Neste domínio o problema está na sua identificação precisa, de acordo com procedimentos analíticos e delineamentos experimentais mais rigorosos, ainda que aqui se coloquem questões de natureza ética. Até ao momento não existem marcadores genéticos que possam ser utilizados para classificar os indivíduos relativamente ao grau de sensibilidade ao treino, continuando portanto não predizível o grau de treinabilidade dos indivíduos (Bouchard, 1986). O recurso a métodos da genética bioquímica e a sua interligação com os procedimentos da genética quantitativa são aspectos que no futuro poderão trazer algo de novo ao conhecimento nesta área. Uma sugestão interessante é proposta por Thomis (1997) a partir do cálculo dos “scores” fatoriais individuais obtidos em modelos genéticos multivariados, sobretudo na possibilidade da sua utilização em metodologias de Quantitative Trait Loci para identificar os genes responsáveis por tal variação na resposta ao treino.

Em síntese, são necessários mais estudos para analisar o papel do genótipo na resposta ao treino nas várias aptidões, já que as pesquisas até agora realizados se têm debruçado, sobretudo, nos indicadores da aptidão de resistência e de força. Uma outra lacuna é o fato de o papel do genótipo na resposta ao treino não ter sido sistematicamente estudada em crianças. Os estudos têm-se limitado quase exclusivamente a amostras de adultos. Esta situação dificulta o entendimento e a interpretação da resposta das crianças à carga de treino / instrução.

Em todo o caso, ficou demonstrado que os indivíduos não respondem todos da mesma forma aos programas de treino, dado que existe uma grande variabilidade inter-individual na resposta ao treino, ou seja, existem indivíduos cuja resposta ao treino é elevada e indivíduos cuja resposta é baixa e que nesta dicotomia há ainda que realçar o fato de alguns genótipos evidenciarem uma resposta muito rápida ou muito lenta no início do treino, ou muito reduzida ou elevada no final do treino. Esta variabilidade inter-individual na resposta ao treino é, com certeza, determinada geneticamente.

## CONCLUSÃO

Verifica-se uma grande falta de estudos empíricos que abordem a questão dos períodos críticos ou sensíveis. Não está, portanto, confirmada ou reprovada a idéia da existência de períodos críticos ou sensíveis para o treino de aptidões motoras e aprendizagem de habilidades.

O grau de treinabilidade é influenciado pelo genótipo, verificando-se uma forte interação entre os efeitos do genótipo e dos efeitos do envolvimento, ocasionando, portanto, uma grande variação inter-individual no grau de sensibilidade ao treino e instrução. Estes aspectos vêm chamar à atenção para a necessidade de o delineamento dos programas de treino e instrução deverem contemplar a diferenciação da carga de treino e instrução, uma idéia que parece ser do “senso comum” mas que continua teimosamente esquecida nos planeamentos do treino dos atletas infanto-juvenis.

## ABSTRACT

CRITICAL OR SENSITIVE PERIODS:  
REVISITING A POLEMIC THEME IN THE LIGHT OF THE EMPIRIC INVESTIGATION

The purpose of this work is to analyze the concept of critical period to the light of the available empiric investigation. First the concept of critical period is defined and is made a historical review concerning the evolution of the concept. After considering the problem of the determination of the critical periods the results of the few investigations in this thematic are analyzed. The results of these investigations show some contradiction between them. Later is analyzed the concept of trainability, strongly associated to the concept of critical period, and of its genetic dependence. The conclusions are: a) that exists a great lack of empiric studies that they approach the subject of the critical or sensitive periods, so the idea of its existence in the context of aptitudes training or learning skills are not confirmed or rejected; b) the trainability degree is influenced by the genotype, being verified a strong interaction genotype versus environment, causing a great inter-individual variation in the sensibility degree to the training and instruction.

UNITERMS: Critical or sensitive period; Trainability; Genotype.

## NOTAS

1. Scott (1986) define os períodos críticos como períodos vulneráveis e como períodos ótimos conforme o agente influenciador do processo é respectivamente desfavorável ou favorável ao processo organizacional.
2. Para um aprofundamento sobre as questões de genética quantitativa consultar por exemplo Plomin, McClearn & DeFries (1990) ou Neale & Cardon (1992).
3. É conveniente salientar que o conceito de interação genótipo x envolvimento é completamente distinto da correlação genótipo – envolvimento. Para um tratamento mais detalhado desta matéria consultar Falconer (1990), Neale & Cardon (1992).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOUCHARD, C. Genetics, growth and physical activity. In: LANDRY, F.; ORBAN, W.A.R., eds. **Physical activity and well-being**. Miami, Symposia Specialists, 1978.
- \_\_\_\_\_. Genetics of aerobic power and capacity. In: MALINA, R.M.; BOUCHARD, C., eds. **Sports and Human Genetics**. Champaign, Human Kinetics, 1986.
- BOUCHARD, C.; MALINA, R.M. Genetics of physiological fitness and motor performance. In: TERLUNG, R.L., ed. **Exercise and sports sciences reviews**. Filadélfia, Franklin Institute Press, 1983. (American College of Sports Medicine Series, 11).
- BOUCHARD, C.; MALINA, R.M.; PÉRUSSE, L. **Genetics of fitness and physical performance**. Champaign, Human Kinetics, 1997.
- CARVALHO, A. As “fases sensíveis” e a formação do jovem atleta. **Revista Atletismo**, v.7, n.8, p.27-30, 1989
- CUNNINGHAM, D.A.; PATERSON, D.H.; BLIMKIE, C.J.R. The development of the cardio respiratory system with growth and physical activity. In: BOILEAU, R.A., ed. **Advances in pediatric sport sciences I: biological issues**. Champaign, Human Kinetics, 1984.
- DOBZHANSKY, T.; BOESIGER, E. **Human culture: a movement in evolution**. New York, Columbia University Press, 1983.
- FALCONER, D.S. **Introduction to quantitative genetics**. Essex, Longman Scientific & Technical, 1990.
- FROBERG, K.; ANDERSON, B.; LAMMERT, O. Maximal uptake and respiratory functions during puberty in boy groups of different physical activity. In: FRENKL, R.; SZMODIS, I., eds. **Children and exercise: pediatric work physiology XV**. Budapeste, National Institute for Health Promotion, 1991.
- GROSSER, M.; BROGGEMANN, P.; ZINTIL, F. **Alto rendimiento deportivo: planificación y desarrollo-deportes técnicos**. Madrid, Ediciones Martinez Roca, 1989.
- KOBAYASHI, K.; KITAMURA, K.; MIURA, M.; SODEYAMA, H.; MURASE, Y.; MIYASHITA, M.; MATSUI, H. Aerobic power as related to body growth and training in japanese boys: a longitudinal study. **Journal of Applied Physiology: Respiratory Environment Exercise Physiology**, v.44, n.5, p.666-72, 1978.

- KOCH, G. Aerobic power, lung dimensions, ventilatory capacity, and muscle blood flow in 12-16-year-old boys with high physical activity. In: BERG, K.; ERIKSON, B.O.; NELSON, R.C.; MOREHOUSE, C.A., eds. **Children and exercise IX**. Baltimore, University Park Press, 1980.
- MAGILL, V. Critical periods as optimal readiness for learning sport skills. In: SMOLL, F.L.; MAGILL, R.A.; ASH, M.G., eds. **Children in sport**. Champaign, Human Kinetics, 1988.
- MALINA, R.M. Youth sports: readiness, selection and trainability. In: DUQUET, W.; DAY, J.A.P., eds. **Kinanthropometry IV**. Londres, E.&FN Spon, 1993
- MALINA, R.M.; BOUCHARD, C. **Growth, maturation, and physical activity**. Champaign, Human Kinetics, 1991
- MARQUES, A.T. **Desenvolvimento da capacidade de prestação de resistência: estudo aplicado em crianças e jovens do 5o. ao 9o. ano de escolaridade da região do grande Porto**. Porto, 1988. Tese (Doutorado) – ISEF, Universidade do Porto.
- MARTIN, D. Die leistungsfähigkeit und entwicklung der kinder als grundlage für den sportlichen leistungsaufbau. **Beiheft zu Leistungssport**, n.8, p.47-64, 1982.
- McGRAW, M.B. **Growth: a study of Johnny and Jimmy**. New York, Appleton, 1935.
- \_\_\_\_\_. **The neuromuscular maturation of human infant**. New York, Hafner, 1945.
- NEALE, M.C.; CARDON, L.R. **Methodology for genetic studies of twins and families**. Dordrecht, Klumer Academic, 1992.
- PLOMIN, R.; McCLEARN, G.E.; DeFREIES, J.C. **Behavioral genetics: a primer**. 2.ed. New York, W. H. Freeman, 1990
- SCOTT, J.P. Critical periods in organizational process. In: FALKENER, F.; TANNER, J.M., eds. **Human growth**. New York, Plenum, 1986. v.1: developmental biology, prenatal growth.
- SPRYNAROVA, S. Longitudinal study of the influence of different physical activity programs on functional capacity of the boys from 11 to 18 years. **Acta Paediatrica Belgica**, n.28, p.204-13, 1974.
- THOMIS, M. **The power of individual genetic factor uses in predicting the sensitivity to environmental stem**. Louvaina, 1997. Tese (Doutorado) Faculdade de Educação Física e Fisioterapia, Universidade Católica de Louvaina.
- WEBER, G.; KARTODIHARDOJO, W.; KLISSOURAS, V. Growth and physical training with reference to heredity. **Journal of Applied Physiology**, n.40, p.211-5, 1976.
- WOLANSKI, N. Biologische und soziale komponenten der motorischen entwicklung. In: WILLIMCZIK, G., ed., **Die Motorischen Entwicklung im Kindes und Jungendalter**. Schorndorf, 1979.
- \_\_\_\_\_. Heredity and psychomotor traits in man. In: MALINA, R. M.; BOUCHARD, C., eds. **Sport and human genetics**. Champaign, Human Kinetics, 1986.

Recebido para publicação em: 28 dez. 1999

Revisado em: 03 jul. 2000

Aceito em: 11 ago. 2000

ENDEREÇO: Vítor Pires Lopes  
Escola Superior de Educação  
Apartado 101  
Quinta de Santa Apolónia  
5300 Bragança PORTUGAL