



Análise da evolução da carreira desportiva de nadadores do gênero feminino utilizando a modelação matemática

António José Silva³, Daniel Marinho¹, Isabel Mourão-Carvalho¹, Mário Durão¹, Victor Reis¹, André Carneiro^{1,2} e Felipe Aidar^{1,3}

RESUMO

A *performance* desportiva em crianças e jovens deve sempre ter em consideração os processos de crescimento, maturação⁽¹⁾ e a influência na taxa de crescimento dos resultados desportivos. Nesse âmbito, com este estudo, procuramos estudar a taxa de crescimento dos resultados desportivos desde a formação até à etapa de alto nível desportivo em todas as provas do calendário olímpico, tentando estabelecer relações de associação com o crescimento, maturação e treino, para as nadadoras do sexo feminino. Foi utilizada uma amostra constituída pelas nadadoras presentes nos *rankings* portugueses de natação durante quatro anos (1998 a 2002), num total aproximado de 6.000 dados. A taxa de crescimento dos resultados desportivos foi calculada com base no seguinte algoritmo: $(\text{tempo inicial} - \text{tempo final}) / \text{tempo inicial} * 100$. Pela análise dos resultados relativos às taxas de crescimento (TC) dos resultados, verificamos que se verifica: (i) tendência geral da TC dos resultados aumentar dos 11 para os 12 anos e dos 14 aos 15 anos em piscina de 25m; (ii) tendência similar à verificada em piscina de 25 para a piscina de 50m, mas com tendências de crescimento superiores, quer aos 10-11 anos e 14-15 anos. Com base na análise dos resultados, concluímos que a evolução dos resultados desportivos na natação está dependente, fortemente, para além de outros, do ritmo de crescimento, desenvolvimento e maturação das nadadoras.

ABSTRACT

Mathematical modeling analysis of the performance evolution along the career-span of female swimmers

Children and youth sports performance should always consider the growth and maturation processes⁽¹⁾, and their influence in the growth rate of results along the sports career. In this extent, the purpose of this work was to study, on one hand, the growth rate of results in all swimming events of female Olympic calendar from the initial sports education till the stage of high level performance and, on the other hand, try to establish a relationship with the growth, maturation and training process of female swimmers. For this purpose a sample constituted by female swimmers in Portuguese swimming Rankings over the last four years (1998 to 2002) in an approximately amount of 6,000 data was used. The growth rate of results (GRR) was calculated based in the following algorithm: $(\text{initial time} - \text{final time}) / \text{initial time}$. The results pointed

1. Departamento de Ciência do Desporto da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.

2. Funorte – Faculdades Unidas do Norte de Minas Gerais, Montes Claros, Brasil.

3. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais.

Aceito em 22/11/06.

Endereço para correspondência: António José Silva, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Departamento de Desporto, CIFOP, Rua Dr. Manuel Cardona – 5000 – Vila Real, Portugal. E-mail: ajsilva@utad.pt

Palavras-chave: Maturação. Desenvolvimento. *Performance* desportiva. Treino. Puberdade.

Keywords: Growth and maturation. Results. Training. Puberty.

out, let us conclude that: (i) a general tendency of GRR. Increasing was verified from 11 to 12 years and from 14 to 16 years in 25 m swimming pool; (ii) a similar tendency was verified in 50 m swimming pool, but with superior GRR tendencies. Those results can be explained, more than by the training process, by the growth, development and maturation process.

INTRODUÇÃO

Uma correta orientação do processo de treino nas diferentes etapas, a dimensão das cargas, o conjunto dos meios e métodos de treino e respectivos conteúdos devem ser programados tendo em conta os processos e a idade de crescimento dos vários órgãos e sistemas das jovens atletas, que possuem ritmos diferenciados, nomeadamente aqueles que são suporte fundamental às exigências da natação como modalidade. Segundo Hahn⁽²⁾, aos 10/11 anos as crianças apresentam nessa fase evolução muito significativa nas capacidades de aprendizagem motora, diferenciação/controlar e equilíbrio, bem como da velocidade, aquisição e estabilização de tarefas motoras baseadas principalmente na ação e reação⁽³⁻⁵⁾, associadas ao desenvolvimento do sistema nervoso central e da maturação de vários elos fisiológicos do sistema condicional⁽⁶⁻⁹⁾, sendo uma etapa privilegiada para o treino técnico, e a estimulação apropriada tende a produzir melhores resultados⁽¹⁰⁾. O desenvolvimento muscular segue um padrão semelhante ao do desenvolvimento ósseo. As fibras musculares aumentam de tamanho, mas não em número, durante toda a infância e adolescência⁽¹¹⁻¹⁴⁾, assistindo-se a melhoras anuais na força e na potência, com picos que são atingidos por volta dos 16 anos⁽¹⁵⁾. Até aos 12 anos, o metabolismo aeróbio está mais desenvolvido do que os restantes⁽¹⁶⁻¹⁷⁾.

Com relação à aprendizagem motora, os movimentos tendem a ser realizados através da seleção de tarefas⁽⁸⁾. Isso seria definido como o planeamento para a ação e representado através do movimento⁽⁹⁾. Outro ponto importante a salientar é que a apresentação de um modelo, principalmente se for controlada pelo próprio aprendiz, possibilita aprendizagem superior àquela controlada pelo experimentador⁽¹⁸⁻¹⁹⁾.

Finalmente, pode-se destacar outro fator que tem recebido a atenção de pesquisadores no campo da aprendizagem motora: o estabelecimento de metas⁽²⁰⁾.

Nesse sentido, procuramos, com este estudo, e baseando-nos na análise da taxa de crescimento dos resultados desportivos das nadadoras portuguesas, desde a formação desportiva até ao alto nível de *performance* desportiva, refletir sobre a influência que os processos de crescimento e maturação têm nos resultados das nadadoras, de forma a melhor estruturar, organizar e controlar o processo de treino para nadadoras.

METODOLOGIA

Caracterização da amostra

A amostra foi composta pelos 10 melhores tempos de todas as provas do calendário olímpico, em piscina de 25 e 50 metros, dos *rankings* nacionais desde 1997/1998 até 2000/2001, alcançados pelos nadadores de todos os agrupamentos de formação e treino no gênero feminino. Os procedimentos adotados estão de acordo com a declaração de Helsinque de 1975 e obtiveram parecer favorável do comitê científico da UTAD (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro) para sua realização (resolução 1273/03).

TABELA 1
Agrupamentos de idade utilizados na amostra de estudo

	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
Agrup. 3	G6-G5 1988-1987	G6-G5 1989-1988	G6-G5 1990-1989	G6-G5 1991-1990
Agrup. 2	G4-G3 1986-1985	G4-G3 1987-1986	G4-G3 1988-1987	G4-G3 1989-1988
Agrup. 1	G2-G1 1984	G2-G1 1985	G2-G1 1986	G2-G1 1987
Jun./Sen	1983 e + velhos	1984 e + velhos	1985 e + velhos	1986 e + velhos

Procedimento aplicado

Após a recolha dos dados e correspondente análise exploratória, eles foram organizados em dois modelos determinantes: i) formulação do modelo para a idade de obtenção dos melhores tempos (100/200m; 400m; 800m); ii) formulação do modelo para o cálculo da taxa de crescimento (%) dos resultados desportivos e sua modelação.

Modelação matemática para a idade ótima de obtenção dos melhores resultados

Para o cálculo da taxa de evolução dos resultados desportivos por agrupamento de técnica e distância, aplicamos o modelo matemático proposto por Van Tilborgh *et al.*⁽²¹⁻²²⁾ com seis etapas definidas:

Etapa 1: Cálculo de uma constante (C_{prova}) específica para cada prova para posterior cálculo, face a cada tempo individual, de uma pontuação. O sistema de pontuação é baseado numa função que respeita uma modelação matemática no qual o recorde nacional absoluto (RNA) para cada prova, gênero e piscina recebe 1.000 pontos;

Etapa 2: Relativização da pontuação da prova de acordo com o grupo de idade em questão, de tal forma que a pontuação correspondente a um determinado tempo num grupo etário seja, por um lado, coerente com valor que é fornecido pelo recorde nacional absoluto na referida prova e, por outro lado, coerente com a idade no qual esse tempo é obtido. Por tal fato é indispensável a utilização da média dos 10 melhores nadadores retirada da tabela de *rankings* atualizado da FPN. Com esse valor, aplicamos a fórmula da pontuação e obtemos uma pontuação absoluta;

Etapa 3: Finalização da parte superior da curva, acima dos 18 anos, uma vez que, especialmente nos homens, a generalidade dos recordes nacionais absolutos é obtida acima dessa idade. Usando um modelo de regressão linear, nos cinco pares de dados conhecidos (idade e pontuação), calcula-se a idade que terá a pontuação de 1.000 pontos (máximo correspondente ao recorde nacional absoluto obtido);

Etapa 4: Utilização da média dos 10 melhores nadadores do *ranking* absoluto para a prova em questão e posterior conversão para a mesma pontuação, indexando esse valor aos pares de valores dos grupos de idade;

Etapa 5: Com base nas considerações anteriores, é calculada uma nova linha de regressão (polinômio de grau 2), sendo essa linha considerada como sendo os 100%;

Etapa 6: O modelo, por último, calcula a prestação individual (pontuação) baseado nos respectivos grupos de idade. O tempo individual é convertido para uma pontuação. Usando a idade na equação de regressão, a pontuação exata correspondente à idade é então calculada em termos percentuais.

Formulação do modelo para o cálculo da taxa de crescimento (%) dos resultados desportivos e sua modelação

Para o cálculo da taxa de evolução dos resultados por prova individual e após expurgados os *outliers* decorrentes da análise exploratória, foi aplicado o seguinte algoritmo: (tempo inicial-tempo final)/tempo inicial*100.

De forma a ser possível estimar o comportamento da taxa de crescimento dos resultados desportivos em função dos diferentes segmentos de idade, foi efetuada a modelação da curva, em função da aplicação de vários polinômios. Foi introduzido um dado à modelação, correspondente ao valor em abscissa da idade ótima de obtenção do resultado desportivo obtido com base na aplicação do algoritmo matemático apresentado na etapa prévia.

A avaliação da qualidade do ajustamento foi efetuada utilizando dois critérios: i) o valor do coeficiente de determinação (R^2), tendo sido escolhido o valor maior, considerando este como um dos indicadores da qualidade amostral; ii) o erro de estimativa, que mede a dispersão dos resíduos à volta do ajustamento efetuado.

Quando aplicamos a modelação matemática das curvas de crescimento dos resultados desportivos e com a inclusão do valor que foi calculado no ponto anterior, podemos obter diferentes tipos de ajustamento de acordo com o grau do polinômio escolhido.

Assim, a escolha do polinômio mais adequado recaiu no que nos diferentes segmentos da curva apresentava o valor de resíduo inferior, permitindo-nos dessa forma ter a maior certeza na previsão dos resultados.

APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Idade ótima para obtenção dos resultados desportivos

Na tabela 2, podemos observar os resultados que decorreram da análise dos *rankings* para os nadadores do gênero feminino, com o cálculo da respectiva idade de obtenção das melhores marcas por prova.

Para efeitos de análise, na tabela 3, procedemos a um agrupamento das provas, por critério de distância, com o cálculo da respectiva idade, média, de obtenção das melhores marcas por prova.

Com base na análise dos resultados obtidos, podemos verificar que, em Portugal, e quando se analisam os nadadores do gênero feminino, estes tendem a obter as suas melhores marcas mais cedo quanto maior for a distância da prova.

Curvas de crescimento por distância e modelação da curva com dado obtido no modelo 1

No gráfico 2 podemos observar os resultados que decorreram da análise dos *rankings* para os nadadores do gênero feminino, com o cálculo da taxa de crescimento dos resultados desportivos (marcas) por prova.

Após a análise desse gráfico relativo à taxa de crescimento dos resultados desportivos, por agrupamento de distâncias de nado, verificamos uma curva com dois picos de crescimento: i) um entre os 11-12 anos; ii) a partir dessa idade verifica-se um decréscimo dos valores da taxa de crescimento com um novo pico de crescimento aos 14-15 anos.

Quando analisamos a evolução dos resultados desportivos nas diferentes técnicas em piscina de 25m e 50m (gráficos 3 e 4), verificamos uma tendência similar, tanto em piscina curta (25m) como em piscina longa (50m). Porém, verificamos em piscina de 50m uma tendência de crescimento superior, quer aos 11-12 anos quer aos 14-15 anos.

TABELA 2
Resultados da análise dos rankings e aplicação do modelo matemático para os nadadores do género feminino

Prova	Equação ajustamento linear (idade/pontos)	Idade previsível mel. marca	Equação da relação % entre idade e prestação
100 L	$Y = 69,93 * idade - 334,47$	19,45	$y = -6,1135 * (idade)^2 + 228,92 * (idade) - 1343,7$
200 L	$Y = 72,425 * idade - 333,66$	18,42	$y = -6,372 * (idade)^2 + 239,95 * idade - 1407,2$
400 L	$Y = 75,19 * idade - 348,15$	17,93	$y = -8,0713 * (idade)^2 + 287,73 * idade - 1712$
100m Br	$Y = 69,93 * idade - 334,47$	19,09	$y = -6,1135 * (idade)^2 + 228,92 * idade - 1343,7$
200m Br	$Y = 90,75 * idade - 613,18$	17,78	$y = -10,785 * (idade)^2 + 373,33 * idade - 2418,5$
100m C	$Y = 65,888 * idade - 281,46$	19,45	$y = -5,56438 * (idade)^2 + 212,4 * idade - 1221,9$
200m C	$Y = 84,03 * idade - 550,09$	18,45	$y = -9,6151 * (idade)^2 + 338,4 * idade - 2189,1$
100m Mar.	$Y = 83,467 * idade - 502,55$	18,00	$y = -9,2171 * (idade)^2 + 325,95 * idade - 2057,3$
200m Mar.	$Y = 104,17 * idade - 865,09$	17,9	$Y = -9,7817 * (idade)^2 + 362,48 * x - 2526,7$
200m Est.	$Y = 77,7 * idade - 396,58$	17,98	$y = -7,0165 * (idade)^2 + 261,58 * idade - 1571,7$
400m Est.	$Y = 102,19 * idade - 733,15$	16,96	$y = -13,763 * (idade)^2 + 464,99 * idade - 3062,4$

TABELA 3
Resultados médios da análise dos rankings e aplicação do modelo matemático por estilo e distância

	Borboleta	Costas	Peito	Crawl	Estilos	Média	± DP
100m	18	19,45	19,09	19,45		18,99	± 0,68
200m	17,9	18,45	17,78	18,42	17,98	18,10	± 0,30
400m				17,93	16,96	17,44	± 0,68

Quando aplicamos a modelação matemática das curvas de crescimento dos resultados desportivos e com a inclusão do constrangimento que foi calculado no ponto anterior, podemos obter diferentes tipos de ajustamento de acordo com o grau do polinómio escolhido.

Assim, a escolha do polinómio mais adequado recaiu no que, nos diferentes segmentos da curva, apresentava o valor de resíduo inferior, permitindo-nos dessa forma ter a maior certeza na previsão dos resultados. Apresentamos o quadro total das equações de modelação obtidas para os diferentes agrupamentos de distância e um exemplo explicativo do gráfico obtido pela modelação matemática efetuada.

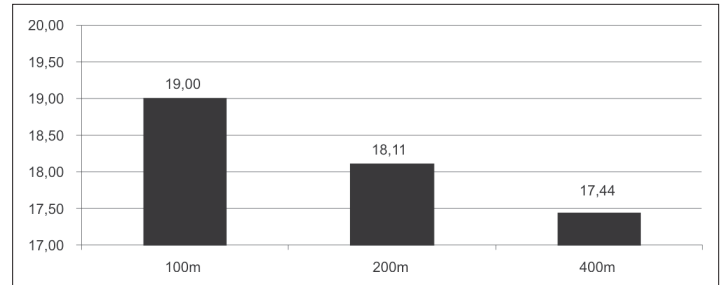


Gráfico 1 – Valores médios das idades em anos para obtenção das melhores marcas, por distância (metros)

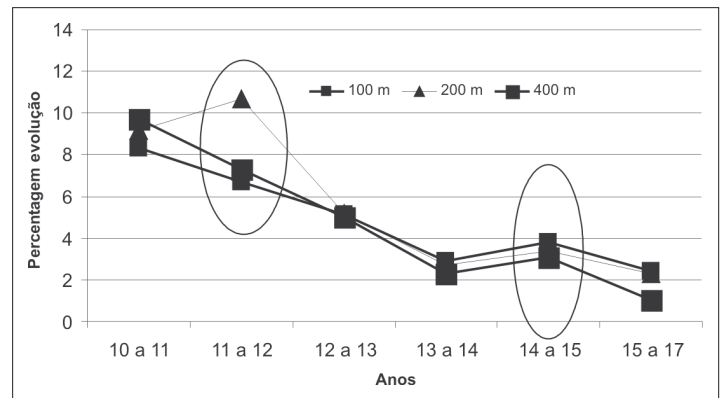


Gráfico 2 – Valores médios das taxas de crescimento (anos) dos resultados desportivos ao longo das idades e por agrupamento de distâncias de nado, para o sexo feminino

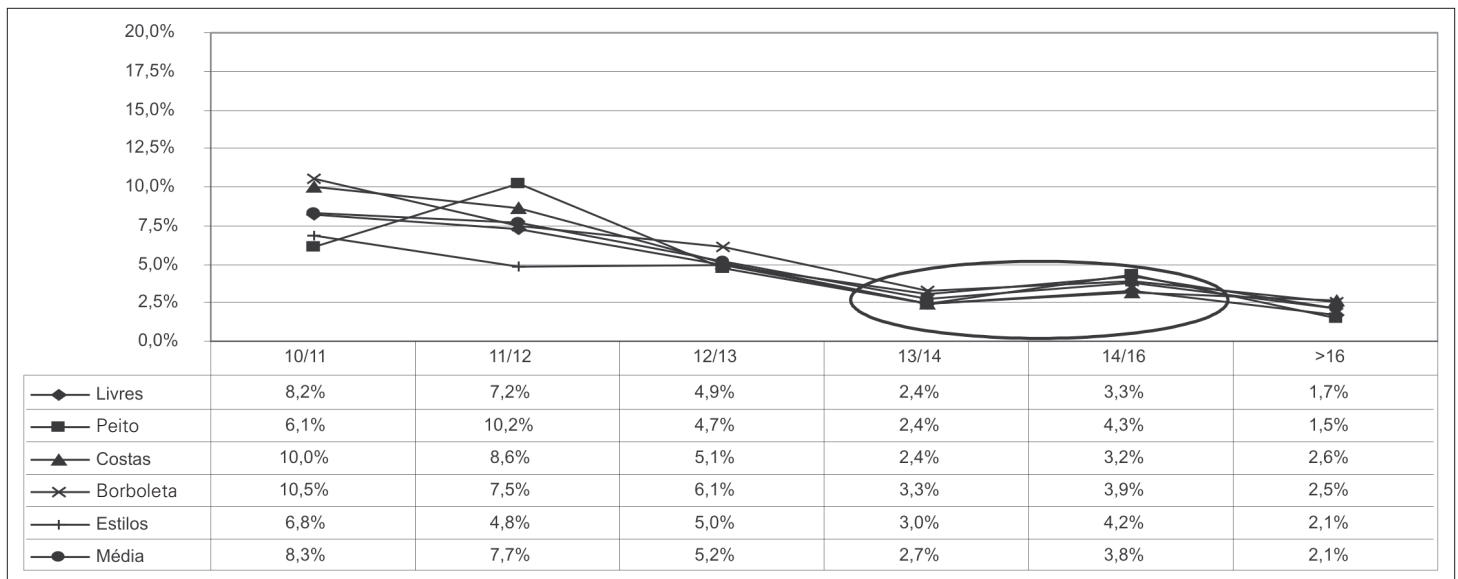


Gráfico 3 – Representativo da taxa de incremento dos resultados nas diferentes técnicas em piscina curta (25 metros)

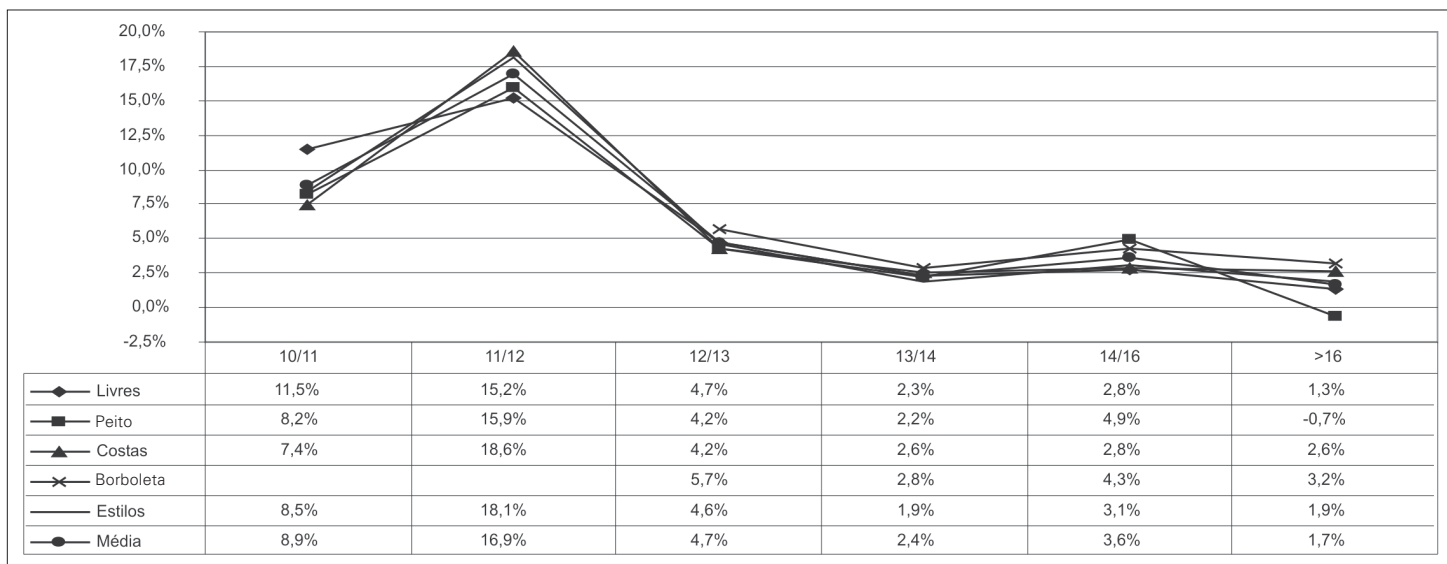


Gráfico 4 – Representativo da taxa de incremento dos resultados nas diferentes técnicas em piscina de 50 metros

TABELA 4
Resultados da modelação matemática por distância de prova e segmento de idade, para o género feminino

Prova	Segmento Idade	Polinômio	Resíduo
100m	10-12	$y = -0,061837 * idade^4 + 3,5172 * idade^3 - 73,518 * idade^2 + 667,8 * idade - 2214$	7,53
	12-18	$y = -0,0070607 * idade^3 + 0,48646 * idade^2 - 10,879 * idade - 79772$	9,016
200m	10-12	$y = -0,084444 * idade^4 + 4,7446 * idade^3 - 98,377 * idade^2 + 890,21 * idade - 2955$	8,24
	12-14	$Y = 0,13897 * idade^2 - 5,3613 * idade + 51,552$	9,95
	14-18	$y = 0,03039 * idade^3 - 1,1447 * idade^2 + 12,326 * idade - 27,863$	9,89
400m	10-11	$y = -0,018904 * idade^4 + 0,95902 * idade^3 - 17,749 * idade^2 + 140,31 * idade - 388,41$	1,37
	11-12	$y = 0,115213 * idade^2 - 5,3204 * idade + 47,318$	2,39
	12-14	$y = -0,018904 * idade^4 + 0,95902 * idade^3 - 17,749 * idade^2 + 140,31 * idade - 388,41$	1,37
	14-15	$y = -0,067298 * idade^3 + 2,8938 * idade^2 - 41,903 * idade + 207,04$	1,62
	15-16	$y = -0,018904 * idade^4 + 0,95902 * idade^3 - 17,749 * idade^2 + 140,31 * idade - 388,41$	1,37
	16-17	$y = -0,067298 * idade^3 + 2,8938 * idade^2 - 41,903 * idade + 207,04$	1,62

DISCUSSÃO

No género feminino, a idade de obtenção das melhores marcas é mais precoce do que a verificada para o género masculino, fato também descrito na literatura de referência⁽²³⁻²⁶⁾. É também mais provável, no caso do género feminino, a ocorrência de talentos motores, com extrema habilidade ao nível dos principais sistemas funcionais associada a particularidades do desenvolvimento biológico, que possibilite o alcance de elevadas prestações desportivas um a três anos mais cedo do que as faixas ótimas estabelecidas. Tal fato pode não ser observado somente nas modalidades de fundo (400 e 800m), mas também nas de velocidade (100 e 200m).

Nesse sentido, tal como pode ser observado pela análise do gráfico 2, existem dois períodos bem marcados de aumento pronunciado da taxa de crescimento dos resultados desportivos por distância de prova, fato também descrito na literatura de referência⁽²³⁻²⁶⁾.

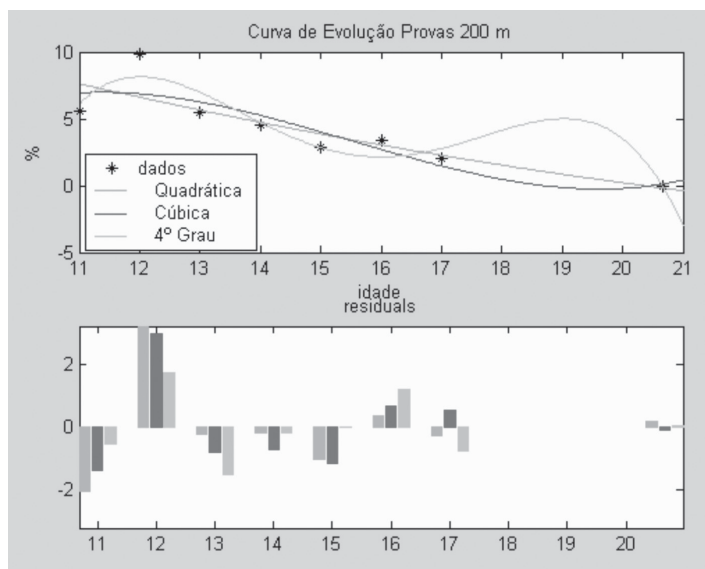


Gráfico 5 – Modelação matemática e respectivos resíduos dos valores médios das taxas de crescimento dos resultados desportivos ao longo das idades e por agrupamento de distâncias de nado (um exemplo para as provas de 200m)

A primeira fase, que se regista entre os 11 e os 12 anos, poderá ser explicada por constituir uma fase, quer em termos de treino quer em termos de prontidão motora, muito significativa nas capacidades de aprendizagem motora, diferenciação/controla, e equilíbrio⁽²⁾, bem como da velocidade, aquisição e estabilização de tarefas motoras⁽³⁾, associadas ao desenvolvimento do sistema nervoso central e da maturação de vários elos fisiológicos do sistema condicional⁽⁶⁾.

A segunda fase, que se regista entre os 14 e os 15 anos, poderá ser explicada pela plena manifestação, nessa idade, do início do expoente máximo de desenvolvimento muscular⁽¹¹⁻¹²⁾, promovendo um pico de melhoria na força e potência⁽¹⁵⁾, bem como o final da ossificação⁽²⁷⁻²⁸⁾.

A aquisição do controle motor seria caracterizado como o resultado da interação dinâmica de diversos subsistemas em um contexto particular⁽¹³⁾; essa visão propõe um ritmo não linear de desenvolvimento, com diferenças entre os indivíduos⁽¹⁴⁾.

Essa justificação das diferentes etapas de formação e diferenciação dos sistemas do organismo pode, em parte, explicar os valores médios das taxas de crescimento (anos) dos resultados

desportivos ao longo das idades e por agrupamento de distâncias de nado, para o sexo feminino, tal como apresentado no gráfico 2.

Relativamente às diferenças encontradas na evolução dos resultados desportivos entre piscina longa e piscina curta, o aumento mais pronunciado da taxa de crescimento dos resultados desportivos entre os 11 e os 12 anos, em piscina de 50m, poderá advir das viragens. Sabe-se que o fator determinante do sucesso das viragens, para além das questões associadas com a eficácia técnica, reside na potência durante a fase de contato. Quanto menor o número de viragens numa prova, nessas idades, nas quais o sistema músculo-esquelético em termos estruturais e funcionais está em desenvolvimento, maior a probabilidade de o tempo de prova estar determinado pelo nado livre, fato que efetivamente se verifica em piscina de 50m. Não existem, no entanto, dados relevantes na literatura de referência e consultada que nos permitam comparar nossos resultados de evolução com outros obtidos noutros estudos.

Quando verificamos as idades ótimas de obtenção dos resultados desportivos e para os nadadores do gênero feminino, estes tendem a obter as suas melhores marcas mais cedo quanto maior for a distância da prova, o que está de acordo com a generalidade da biografia dos nadadores de nível mundial, que obtiveram os melhores resultados (marcas) em idades precoces^(23,29).

Verificam-se maiores taxas de crescimento dos resultados nas provas mais longas nas idades mais jovens (entre os 11 e 12 anos), sendo que, nas provas mais curtas, os resultados crescem mais perto dos 14-16 anos^(23,29).

Por outro lado, o relacionamento entre características antropométricas das crianças e o desenvolvimento motor mostra que as mudanças no peso e na altura da criança estão associadas com as mudanças nas propriedades do sistema músculo-esquelético, incluindo o tônus e a força^(12,17).

Durante o processo de maturação o indivíduo experimenta manifestações corporais tais como aumento na rigidez, que é influenciada por modificações na co-contracção muscular⁽³⁰⁾.

De acordo com Maglischo⁽³¹⁾, à medida que as provas são maiores, menor é a contribuição das fontes de energia aláctica e anaeróbia e, por conseguinte, maior a contribuição aeróbia. A causa da fadiga nas provas curtas deve-se à incapacidade de manter uma velocidade elevada devido à depleção das reservas de creatina fosfato muscular e à incapacidade de tornar operacional o metabolismo anaeróbio com rapidez suficiente, e a causa da fadiga nas provas de meia e de longa distância deve-se à acidose causada pela acumulação de lactato. Logo, o maior incremento nas provas mais longas nessas idades poder-se-á dever ao metabolismo aeróbio estar mais desenvolvido do que os restantes^(27-28,32), que aumentarão ao longo da infância e adolescência através do aumento da quantidade de glicogénio armazenado nos músculos e de menor concentração de fosfocreatina⁽¹⁶⁾. O menor incremento nas provas mais curtas deve-se à diminuta capacidade de realizar trabalho anaeróbio antes da puberdade, e o nível de tolerância ao lactato ser ainda muito baixo^(29,30).

As maiores taxas de incremento dos 14 aos 16 anos, nas provas mais curtas, podem-se explicar por essas provas requisitarem maior mobilização de energia através da via anaeróbia do que as provas mais longas. A capacidade anaeróbia está mais desenvolvida nessa faixa etária^(1,27,33), devido a nesse período se verificar nas moças o início do expoente máximo de desenvolvimento muscular⁽¹¹⁻¹²⁾, o que promove o pico de melhoria na força e potência por volta dos 16 anos⁽¹⁵⁾. Também justifica esse fato o aumento do nível máximo de lactato sanguíneo até aos 14/15 anos⁽³¹⁾.

CONCLUSÕES

As conclusões relativas aos objetivos propostos são, respectivamente: (i) os resultados demonstraram a necessidade de incidir o processo de treino nas capacidades específicas em cada fase

maturacional referidas na revisão bibliográfica, visto terem sido comprovadas as melhorias dos resultados desportivos de cada prova, face às suas exigências específicas; (ii) a revisão de literatura aliada aos indicadores dos resultados do processo de treino para os diferentes escalões (taxas de incremento) indica-nos que os resultados estão intimamente associados com os processos de crescimento, maturação e desenvolvimento, e seus períodos de desenvolvimento máximo; (iii) os resultados indicam haver necessidade de limitar o processo de treino aos períodos ótimos de desenvolvimento das várias capacidades condicionais e coordenativas, de forma a construir um todo, limitado ao indivíduo segundo as suas características pessoais evidenciadas ao longo do crescimento.

No que se refere às idades ótimas de obtenção dos resultados desportivos, concluímos pela necessidade de a estruturação racional da preparação da carreira desportiva, visando o alcance dos melhores resultados desportivos, mediar entre os 8-10 anos, justificando-se a alteração da estrutura de programação desportiva a longo e médio prazo, de tal forma que: i) a estrutura do processo de treino esteja em estreita correspondência com as particularidades individuais dos nadadores (velocistas, meio-fundistas e fundistas); ii) se verifique um redirecionamento da orientação dos conteúdos de treino e sua magnitude, face aos condicionalismos existentes; iii) sejam viabilizadas medidas de promoção e enquadramento institucional especiais face à especificidade da preparação desportiva.

No que se refere à taxa de crescimento dos resultados desportivos e sua modelação, podemos concluir que, para além das naturais transformações que decorrem do processo de treino, existem fatores associados com o processo de crescimento, desenvolvimento e maturação que ajudam a explicar as alterações dos resultados. Constatamos, ainda, que o processo de treino desportivo tende cada vez mais a iniciar-se em idades mais precoces na natação, e a maturação na criança ocorre mais cedo devido ao processo de treino, e ainda devido à melhoria da qualidade de vida, melhores hábitos alimentares, serviços de saúde pública.

Conclusões mais enfáticas sobre a predominância de cada um desses componentes (treino e fatores biológicos) deverão ter em consideração outras variáveis, como o tempo de treinamento, o início do processo de treinamento, a estruturação do processo de treinamento, entre outros.

Este estudo, como um dos primeiros na área, de que temos conhecimento, apresenta algumas limitações. Uma das mais importantes é a não validação concorrente dos resultados que decorrem da modelação matemática com curvas reais de crescimento no decurso do processo de treino ao longo de mais de uma época desportiva. No entanto, algumas sugestões são fundamentais para trabalhos futuros: i) correção dos valores da curva mediante os níveis de maturação avaliados dos nadadores (precoces, normais e tardios), inferindo correções na curva de crescimento de resultados desportivos; ii) comparação dos valores obtidos para prova e etapa de formação desportiva com valores reais que decorrem do acompanhamento de uma, ou mais, épocas de treino.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

1. Malina R. Biological maturity status of young athletes. Young athletes. Biological, psychological and educational perspectives. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books, 1988.
2. Hahn E. Teoría del entrenamiento. Posibilidades y riesgos del entrenamiento con niños, cap. 2. Entrenamiento con niños. Teoría, práctica, problemas específicos. Barcelona: Deportes Técnicos, Ediciones Martínez Roca, 1988;62-95.
3. Hommel B, Musseler J, Aschersleben G, Prinz W. The theory of event coding (TEC): a framework for perception and action planning. Behav Brain Sci. 2001; 24(5):849-78.

4. Knoblich G, Flach R. Predicting the effects of actions: interactions of perception and action. *Psychol Sci.* 2001;12(6):467-72.
5. Mechsner F, Kerzel D, Knoblich G, Prinz W. Perceptual basis of bimanual coordination. *Nature.* 2001;414(6859):69-73.
6. Shephard R. *Physical activity and growth.* Chicago/London: Year Book Medical Publishers, Inc., 1982.
7. Deshpande N, Patla AE. Dynamic visual-vestibular integration during goal directed human locomotion. *Exp Brain Res.* 2005;166(2):237-47.
8. Kunde W. Response-effect compatibility in manual choice reaction tasks. *J Exp Psychol Hum Percept Perform.* 2001;27(2):387-94.
9. Johnson SH. Thinking ahead: the case for motor imagery in prospective judgments of prehension. *Cognition.* 2000;10;74(1):33-70.
10. Fogassi L, Ferrari PF, Gesierich B, Rozzi S, Chersi F, Rizzolatti G. Parietal lobe: from action organization to intention understanding. *Science.* 2005;308(5722):662-7.
11. Saltin B, Gollnick P. Skeletal muscle adaptability: significance for metabolism and performance. *Handbook of Physiology.* Baltimore: Waverly Press, 1983;555-632.
12. Adolph KE, Avolio AM. Walking infants adapt locomotion to changing body dimensions. *J Exp Psychol.* 2000;26(3):1148-66.
13. Clark JE, Phillips SJ. A longitudinal study of intralimb coordination in the first year of independent walking: a dynamic systems analysis. *Child Dev.* 1993;64(4): 1143-57.
14. Smith LB, Thelen E. Development as a dynamic system. *Trends Cogn Sci.* 2003; 7(8):343-8.
15. Beunen G, Malina M. Growth and physical performance relative to the timing of the adolescent sport. In: Pandolf KB, editor. *Exerc Sport Sci Rev.* 1988;16:503-40. New York: Mcmillan.
16. Bar-Or O. Some notes on physiological and medical considerations of exercise and training of children. In: Binkhorst RA, Kemper HCG, Saris WHM, editors. *International series on sports sciences: Vol. 15. Children and Exercise XI* (pp. 356-353). Champaign, IL: Human Kinetics; 1985.
17. Bartlett DJ. Relationship between selected anthropometric characteristics and gross motor development among infants developing typically. *Pediatr Phys Ther.* 1998;10:114-9.
18. Wrisberg CA, Pein RL. Note on learners' control of the frequency of model presentation during skill acquisition. *Percept Mot Skills.* 2002;94(3 Pt 1):792-4.
19. Wulf G, Gartner M, McConnel N, Schwartz A. Enhancing the learning of sport skills through external focus feedback. *J Mot Behav.* 2002;34(2):171-82.
20. Ugrinowitsch H, Dantas LEPBT. Efeito do estabelecimento de metas na aprendizagem do arremesso do basquetebol. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto.* 2002;2:58-63.
21. Van Tilborgh L. *Stuw- en remkrachten bij schoolslagzwemmers: berekening uit filmanalyse (Propulsion and drag forces in breaststroke swimmers: calculation from film analysis).* (Doctoral Thesis Physical Education and Appendices). Leuven: K.U.Leuven; 1987.
22. Van Tilborgh L, Willems EJW, Persyn U. Estimation of breaststroke propulsion and resistance resultant impulses from film analysis. In: Ungerechts B, Wilke K, Reischle K, editors. *Swimming science V* (International series on sport sciences 18), Champaign (Illinois): Human Kinetics, 1988;67-72.
23. Platonov VN, Fessenko SL. *Los sistemas de entrenamiento de los mejores nadadores del mundo.* Iyll. Barcelona: Paidotribo, 1994.
24. Sambanis M, Kofotolis N, Kalogeropoulou E, Nossios G, Sambanis P, Kalogeropoulos J. A study of the effects on the ovarian cycle of athletic training in different sports. *J Sports Med Phys Fitness.* 2003;43(3):398-403.
25. Stafford DE. Altered hypothalamic-pituitary-ovarian axis function in young female athletes: implications and recommendations for management. *Treat Endocrinol.* 2005;4(3):147-54.
26. Ivkovic A, Bojanic I, Ivkovic M. The female athlete triad. *Lijec Vjesn.* 2001;123 (7-8):200-6.
27. Wilmore J, Costill D. Part G, Special populations in sport exercise. Growth, development and the young athlete, cap. 17. *Physiology of sport and exercise.* Champaign, Illinois: Human Kinetics Books, 1994;402-20.
28. Karahan M, Erol B. Muscle and tendon injuries in children and adolescents. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2004;38(Suppl 1):37-46.
29. Stricker PR. Sports training issues for the pediatric athlete. *Pediatr Clin North Am.* 2002;49(4):793-802.
30. Holt KG, Butcher R, Fonseca ST. Limb stiffness in active leg swinging of children with spastic hemiplegic cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther.* 2000;12:50-61.
31. Maglischo E. *Swimming even faster.* Mountain View California: Mayfield Publishing Co., 1982.
32. Farrow D, Young W, Bruce L. The development of a test of reactive agility for netball: a new methodology. *J Sci Med Sport.* 2005;8(1):52-60.
33. Heinonen OJ, Kujala UM. Problems of a young, growing athlete. *Duodecim.* 2001; 117(6):647-52.