

Resumo para proposta de comunicação livre APTN

Pedro Miguel Silva pedro.gomesilva@iol.pt

Ricardo Jorge Correia, ricardojorgecorreia1@gmail.com

Hugo Louro, hlouro@esdrm.ipsantarem.pt

Aldo Costa, mcosta.aldo@gmail.com

Nota.

O seguinte resumo foi retirado de uma dissertação de mestrado de Pedro Miguel Fernandes Gomes da Silva pela Escola Superior de Desporto de Rio Maior, orientada pelo Professor Doutor Hugo Louro, docente naquela instituição

Área temática: Treino

RESUMO

“VELOCIDADE CRÍTICA ANAERÓBIA EM NATAÇÃO PURA DESPORTIVA”

INTRODUÇÃO

Diversos estudos têm sido realizados no sentido de determinar os fatores que melhor predizem a performance em natação pura desportiva (NPD).

A literatura revela alguma divergência no conceito de velocidade crítica, explicada pelos diferentes métodos para a sua determinação, particularmente no que diz respeito às diferentes distâncias utilizadas. Com efeito, prevê-se igualmente essa inconsistência para o conceito emergente de velocidade crítica anaeróbia (VCAn), dado que o seu cálculo com distâncias mais curtas poderá determinar um regime de esforço claramente superior.

Deste modo, este trabalho terá como propósito estudar o significado do parâmetro VCAn na natação pura desportiva, explorando diferentes distâncias para a sua determinação. Será objetivo analisar a relação da VCAn com o desempenho do nadador em distâncias iminentemente curtas (entre os 50 e os 150 m), bem como a sua aplicabilidade como instrumento de avaliação e controlo anaeróbio.

METODOLOGIA

Foram analisados 10 nadadores portugueses do sexo masculino, de nível nacional, juniores e seniores ($16,90 \pm 2,56$ anos), na técnica de crol. Para o cálculo da VCAn, os nadadores realizaram 15m, 25m e 50m à velocidade máxima de nado, em piscina longa. Foi avaliada a relação entre a VCAn e a velocidade de prova dos 100m livres e parciais de 50m.

RESULTADOS

Os valores médios da VCA_n subestimaram a velocidade de prova em 6,33%. (VCA_n: $1,58 \pm 0,08 \text{ m.s}^{-1}$; Prova de 100 m livres: $1,68 \pm 0,12 \text{ m.s}^{-1}$; 1º parcial da prova de 100 m livres: $1,73 \pm 0,10 \text{ m.s}^{-1}$; 2º parcial da prova de 100 m livres: $1,63 \pm 0,15 \text{ m.s}^{-1}$).

Na técnica de crol, os valores de VCA_n registaram elevada linearidade individual entre a distância percorrida e o tempo correspondente ($r^2 \geq 0,99$ para todos os nadadores).

Foram encontradas relações significativas entre a VCA_n, a velocidade de prova nos 100 m livres, o 1º parcial de 50 m e o 2º parcial de 50 m ($r=0,83$ e $p \leq 0,05$; $r=0,89$ e $p \leq 0,05$; $r=0,86$ e $p \leq 0,05$).

Os valores elevados de lactato registados no teste de 150 m à VCA_n ($10,21 \text{ m.mol.l}^{-1}$), parecem indicar que estamos perante uma série de treino eminentemente anaeróbio. Verificou-se, também, a existência de uma relação moderada e significativa entre a VCA_n e a $[\text{La}^-]$ ($r=0,68$ e $p \leq 0,05$).

A distância média nadada à VCA_n foi de $96,25 \text{ m} \pm 25,03 \text{ m}$.

Para complementar analisámos o comportamento de parâmetros cinemáticos e a acumulação de lactato sanguíneo durante o nado à VCA_n, de forma a perceber se aumento da $[\text{La}^-]$ pode alterar a técnica de nado (1º percurso: FG: $0,72 \pm 0,08$; DC: $1,15 \pm 0,13$; IN: $1,84 \pm 0,26$; VN: $1,60 \pm 0,09$; np : $26,65 \pm 3,18$; 2º percurso: FG: $0,65 \pm 0,05$; DC: $0,93 \pm 0,09$; IN: $1,33 \pm 0,21$; VN: $1,43 \pm 0,11$; np : $25,87 \pm 2,69$; 3º percurso: FG: $0,62 \pm 0,07$; DC: $0,84 \pm 0,08$; IN: $1,13 \pm 0,21$; VN: $1,35 \pm 0,07$; np : $25,46 \pm 4,46$).

Os resultados parecem indicar a VCA_n como um parâmetro anaeróbio de controlo do treino e de predição do desempenho.

CONCLUSÕES

Os valores da distância de nado à velocidade máxima nos 100m livres e o tempo de nado correspondente, relacionam-se de forma linear para distâncias até aos 50m, com $r^2 \geq 0,99$.

A VCA_n correlaciona-se de forma significativa com a velocidade de prova nos 100m livres, e com o 1º e 2º parcial de 50m. Estas correlações parecem indicar a VCA_n como um parâmetro de anaeróbio de controlo do treino.

Verificamos que a VCA_n não é diferente da velocidade de nado dos segundos 50m da prova de 100m livres, podendo ser considerado um parâmetro de predição da performance em prova;

A VCA_n subestima a Velocidade de prova dos 100m livres em 6,33% na totalidade da amostra do estudo.

Os valores das concentrações de lactato registados no final da série de 150 m nadada à VCA_n, cujas intensidades de nado correspondem ao intervalo de 91%-95%, sugerem que estaremos perante uma série de treino eminentemente anaeróbio.

Os valores das variáveis cinemáticas analisadas (FG, DC, IN e VN) decrescem à medida que a distância de nado aumentou.

Verificamos que o aumento das $[La^-]$ altera a técnica de nado de forma significativa.

BIBLIOGRAFIA

- Ascensão, A.; Santos, P. Magalhães, J.; Oliveira, J.; Kruger, J.; Soares, J. (2002). Maximal lactate steady in young male athletes. *New Studies in Athletics*, 17 (1), 25-33.
- Aleixo, I. (2006). *Avaliação do desempenho e dos indicadores do metabolismo anaeróbico em testes de nado máximo e duração crescente*. Monografia apresentada no âmbito da disciplina de seminário de natação. Faculdade de Desporto da Universidade do Porto. Porto.
- Aleixo, I; Soares, S.; Machado, L.; Morais, P.; Fernandes, R.; Vilas-Boas, J. (2008). *Anaerobic critical velocity as a possible tool for swimmers evaluation*. Books of abstracts of the 13th Annual Congress of the European College of Sport Science. Estoril, Portugal.
- Balonas, A. (2002). *Velocidade crítica – o comportamento da função distância/tempo considerando distâncias inferiores a 50 metros*. Monografia apresentada no âmbito da disciplina de seminário de natação. Faculdade de Desporto da Universidade do Porto. Porto.
- Barbosa, T.; Fernandes, R.; Keskinen, K.; Colaço, P.; Cardoso, C.; Silva, A.; Vilas-Boas, J. (2006a). Evaluation of the energy expenditure in competitive swimming strokes. *International Journal of Sports Medicine*, 27: 1-6.
- Barbosa, T.; Lima, F.; Portela, A.; Novais, D.; Machado, L.; Colaço, P.; Gonçalves, P.; Fernandes, R.; Keskinen, K.; Vilas-Boas, J.P. (2006b). Relationships between energy cost, swimming velocity and speed fluctuation in competitive swimming strokes. In: Vilas-Boas JP, Alves F, Marques A (eds). *Biomechanics and Medicine in Swimming X. Portuguese Journal of Sport Sciences*. 6 (2): 192-194.
- Barbosa, T.; Fernandes, R.; Morouço, P. Vilas-Boas, J. (2008). Predicting the intracyclic variation of the velocity of the centre of mass from segmental velocities in butterfly stroke: a pilot study. *Journal of Sport Science and Medicine*; 7: 201-209.
- Barden, J. & Kell, R. (2009). Relationships between stroke parameters and critical swimming speed in a sprint interval training set. *Journal of Sports Sciences*. February 1st 2009; 27 (3): 227-235.
- Berger, M., Hollander, A.; De Groot, G. (1997). Technique and energy losses in front crawl swimming. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29 (11): 1491-1498.

- Berthoin, S.; Baquet, G.; Dupont, G.; Van Praagh, E. (2006). Critical velocity during continuous and intermittent exercises in children. *European Journal of Applied Physiology*. 98: 132-138.
- Bouchard, C.; Taylor, Z.; Simoneau, J.; Dulec, S. (1991). Testing anaerobic power and capacity In: J.D. McDougal; H.A. Wender, H. J. Green (eds.) *Physiological testing of high performance athlete*, 175-221, Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.
- Campaniço, J. (2000). *Apresentação de uma proposta de níveis de progressão técnica no processo ensino-aprendizagem em natação. XXII Congresso da APTN*. Vila Real de Trás-os-Montes e Alto Douro: UTAD.
- Cappaert, J., Franciosi, P., Langhand, G.; Troup, J. (1992). Indirect calculation of mechanical and propelling efficiency during freestyle swimming. In D. MacLaren, T. Reilly & A. Lees (Eds.) *Biomechanics and Medicine in Swimming VI* (53-56). London: E & FN Spon.
- Costill, D.; Maglischo, E.; Richardson, A. (1992). Physiological evaluation: testing and medical aspects of swimming. In: *Handbook of Sports Medicine and Science of Swimming*, 169-181. Oxford, London, Blackwell Scientific Publications.
- Craig, A. & Pendergast, D. (1979). Relationships of stroke rate, distance per stroke and velocity in competitive swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 11, 278-283.
- Dekerle, J.; Pelayo, P.; Delaporte, B.; Gosse, N.; Hespel, J.M.; Sidney, M. (2002). Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. *International Journal of Sports Medicine*. 23 (2), 93-98.
- Dekerle, J.; Brickley, G.; Sidney, M.; Pelayo, P. (2006). Application of the critical power concept in swimming. In: J.P. Vilas-Boas, F. Alves e A. Marques (eds.). *Biomechanics and Medicine in Swimming. X Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 6 (2): 121-124. Faculdade de Desporto da Universidade do Porto. Porto.
- di Prampero, P. (2007). The critical velocity in swimming. *European Journal of Applied Physiology*. 102: 165-171.
- di Prampero, P.; Dekerle, J.; Capelli, C.; Zamparo, P. (2008). The critical velocity in swimming. *European Journal of Applied Physiology*, 102 (2), 165-171.
- Fernandes, R. & Vilas-Boas, J.P. (1999). Critical velocity as a criterion for estimating training pace in juvenile swimmers. In: K. Keskinen, P. Komi, P. Hollander (eds.),

Proceedings of the VIII International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming. Jyvaskyla, Finland: University of Jyvaskyla, 233-238.

Fernandes, R.; Morais, P.; Aleixo, I.; Moreira, I.; Alves, R.; Sousa, A.; Santos, I.; Pinho, A.; Cardoso, M.; Corredoura, S. (2004). Operacionalização de macrociclo de treino para nadadores universitários. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 4 (2): 369.

Fernandes, R.; Almeida, M.; Morais, O.; Machado, L.; Soares, S.; Ascensão, A.; Colaço, P.; Morouço, P.; Vilas-Boas, J. (2005). Individual Anaerobic Threshold assessment in a swimming incremental test for VO_{2max} evaluation. In: N. Dick, S. Zivanovic, S. Ostojic, Z. Tornjanski (Eds.), *Abstract Book of the 10th Annual Congress of European College Sport Science*. Belgrade, Serbia, 266.

Fernandes, R.; Aleixo, I.; Soares, S.; Vilas-Boas, J. (2008). Anaerobic Critical Velocity: A new tool for young swimmers training advice (chapter 10). In: W. Beaulieu (Edt.), *Physical Activity and Children*. New research, 211-223, New Science Publishers, Inc. New York.

Fragoso, I. & Vieira, F. (2005). “Cin antropometria”. Curso Prático. Cruz Quebrada: Edições Faculdade de Motricidade Humana

Fukuda, D., Smith, A.; Kendall, K.; Hetrick, R.; Hames, R.; Cramer, J.; Stout, J. (2011). The reability of intermittent critical velocity test and assessment of critical rest interval in men and women. *European Journal of Applied Physiology*. 4: 1197-1205.

Garatachea, N.; Abadia, O.; Garcia-Isla, F.; Sarasa, F.; Bresciani, G.; Gonzalez-Gallego, J.; Paz, J. (2006). Determination and a validity of critical swimming velocity in elite physically disabled swimmers. *Disability and Rehabilitation*, December 2006: 28 (24): 1551-1556.

Gastin, P. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine*. 31 (10): 725-741.

Grimston, S. & Hay J. (1986). Relationships among anthropometric and stroking characteristics of college swimmers. *Medicine Science Sports Exercise*. 18(1):60-68.

Guedes, M.; Costa, A.; Pereira, R.; Silva, S. (2011). Sensibilidade de velocidade crítica em jovens nadadores durante um macrociclo de treinamento. *Brazilian Journal of Biomotricity*. 5 (3): 156-167

- Heberstreit, H.; Mimura, K.; Bar-Or, O. (1993) Recovery of muscle power after high intensity short-term exercise: comparing boys and men. *Journal of Applied Physiology*, (74): 2875-2880.
- Hellard, P. (1998). L'entraînement V – Méthodologie. Biarritz: Atlantica.
- Hill, D.; Steward, R.; Lane, C. (1995). Application of the critical power concept to young swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 7: 281-293.
- Hollander, P., de Groot, G., Schenau, G., Toussaint, H., de Best, W.; Peeters, W. (1986). Measurement of active drag during crawl stroke swimming. *Journal of Sports Science*, 4: 21-30.
- Hólmer, I. (1979). Analysis of acceleration as a measure of swimming proficiency. In: J. Terauds, E. W. Bedingfield (Eds), *Swimming III*, 118-126. Baltimore: University Park Press.
- Hólmer, I. (1983). Energetics and mechanical work in swimming. In: A.P. Hollander, P. Huijting e G. De Groot (Eds), *Biomechanics and Medicine in swimming*, 154-164. Human Kinetics. Champaign, Illinois.
- Ikuta, Y.; Wakayoshi, K.; Nomura, T. (1996). Determination and validity of critical swimming force as performance index in tethered swimming. In: J. Troup; A. Hollander; D. Strass; S. Trappe; J. Cappaert; T. Trappe (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*, 146-151.
- Kelly, M.; Gibney, G.; Mullins, J; Ward, T.; Ward, T.; Donnw, B.; O'Brien, M. (1992). Study of blood lactate profiles across different swim strokes. In M, McLaren; T. Reilly e Alees (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming – Swimming Science VI, London*, 227-233.
- Keskinen, K.; Komi, P.; Rusko, H. (1989). A comparative Study of Blood Lactate Test in Swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 10 (3): 197-201.
- Keskinen, K. (1993). Stroking characteristics of front crawl swimming. Jyvaskula: University of Jyvaskula - Studies in Sport, *Physical Education and Health*, 31.
- Kjendlie, P.; Haljand, R.; Fjortoft, O.; Stallman, R. (2006) Stroke frequency strategies of international and national swimmers in 100-m races. In: *Biomechanics and Medicine in Swimming X*. Eds: Vilas-Boas, J., Alves, F. and Marques, A. Porto, Portugal. 52-54.
- Kjendlie, P. & Stallman, R. (2008). Drag characteristics of competitive swimming children and adults. *Journal of Applied Biomechanics*, 24: 35-42.

- Laffite, L.; Vilas-Boas, J.; Demarle, A.; Silva, J.; Fernandes, R.; Billat, V.(2004). Changes in physiological and stroke parameters during a maximal 400-m free swimming test in elite swimmers. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 29, (S17-S31).
- Mac Dougal, J.; Wengerh H.; Green, H. (1995). Evaluación fisiológica del deportista. Editorial Paidotribo. Barcelona.
- MacLaren, D. & Coulson,. M. (1998). Critical Swim Speed can be used to determine changes in training status. I: K. Keskinen, P. Komi, L. Pitkanen (eds.), *Book of the VIII International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*, 227-231. Gummerus Printing House, Jyvasktla, Finland.
- Mader, A.; Heck, H.; Hollman, W. (1978). Evaluation of lactic acid anaerobic energy contribution by determination of post exercise lactic acid concentration of ear capillary blood in middle-distance runners and swimmers. In F. Landry, W. Orban (Eds.), *Exercise physiology*, 187-200. Miami: Symposia Specialists.
- Maglischo, E. (1988). The application of energy metabolism to swimming training. In: B. Ungeretchs, K. Wilke e K. Reischle (Eds.) *Swimming Science V*. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 209-218
- Maglischo, C.; Maglischo, E.; Sharp, R.; Zier, D.; Katz, A. (1984). Tethered and nontethered crawl swimming. In J. Terauds, K. Barthels, E. Kreighbaum, R. Mann, & J. Crakes (Eds.), *Sports Biomechanics - Proceedings of ISBS*, 163-176. Del Mar, Ca: Academic Publishers.
- Maglischo, E. (1986). *Nadar mas rapido – tratado completo de natacion*. Editorial Hispano Europea, S.A., Barcelona.
- Maglischo, E. (1993). *Swimming Even Faster*. Mayfield Publishing Company.
- Marinho, D.; Silva, A.; Reis, V.; Costa, A.; Brito, J.; Ferraz, R.; Marques, M. (2009). Cambios en la velocidad critica y en la frecuencia critica de brazada durante un periodo de entrenamiento en natación de 12 semanas: Caso práctico. *Journal of Human Sport and Exercise on line*. 4, (n.º1).
- Marinho, D.; Amorim, R.; Costa, A.; Marques, M.; Pérez-Turpin, J.; Neiva, H. (2011). Anaerobic critical velocity and swimming performance in Young swimmers. *Journal of Human Sport and Exercise on line*. 6, (n.º1).
- Martin, R.; Yeater, R.; White, M. (1981). A simple analytical model for the crawl stroke. *Journal of Biomechanics*, 14: 539–548.

- Martin, R. (2001). Autor-avaliação da maturação sexual masculina por meio de desenhos e fotos. *Revista Paulista de Educação Física*, São Paulo, 15 (2): 2122-22.
- Meira, O.; Reis, V.; Silva, A.; Carneiro, A.; Reis, A.; Aida, F. (2008). Resposta ventilatória durante a prova de 400 metros livres: Associações com a prestação. *Motricidade*, 41 (1): 57-66.
- Minghelli, F. & Castro, F. (2010). Kinematics parameters of crawl stroke sprinting through a training season. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*. 6 (2): 15-113
- Neiva, H.; Fernandes, R.; Vilas-Boas, J. (2011). Anaerobic Critical Velocity in Four Swimming Techniques. *International Journal Sports Medicine*, 32, 195-198.
- Nomura, T. & Shimoyama, Y. (2002). *The relationship between stroke parameters and physiological responses at the various swim speeds. Jean-Claude Chatard (Ed.). Proceedings of the IXth World Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*, 355-360. France: University of Saint-Etienne.
- Ogita, F. (2006). Energetics in competitive swimming and its application for training. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 6 (2): 117-182.
- Olbrecht, J. (2000). *The science of winning. Planning, periodizing and optimizing swim training*. Luton, England: Swimshop.
- Olbrecht, J. & Mader, A. (2006). Individualization of training based on Metabolic Measures. In P. Hellard, M. Sidney, C. Fauquet, D. Lehénaff (Eds.), *First International Symposium on Sciences and practices in Swimming*. Biarritz: Atlantica. Paris, 2005, 109-115.
- Pai, Y.; Hay, J.; Wilson, B. (1986). *Stroke techniques of elite swimmers*. In: J. Hay (ed.), *Starting, Stroking and Turning (a compilation of research on the biomechanics of swimming of the University of Iowa, 1983-86)*, 115-129. Biomechanics laboratory, department of exercise science. University of Iowa, Iowa.
- Papoti, M.; Zagatto, A.; Mendes, O.; Gobatto, C. (2005). Utilização de métodos invasivo e não invasivo na predição das performances aeróbia e anaeróbia em nadadores de nível nacional. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto* [online]. 2005, 5, (n.º1).
- Pelayo, P.; Dekkerle, J.; Delaporte, B.; Goose, N.; Sidney, M. (2000). Critical speed and critical stroke rate could be useful physiological and technical criteria for coaches to monitor endurance performance in competitive Swimmers?. In: Sanders, R. & Hong Y. (eds.). *Proceedings of XVIII Symposium International on*

- Biomechanics in Sports*, 83-87. The Chinese University of Hong Kong. Hong Kong.
- Pendergast, D., Zamparo, P., di Prampero, D., Capelli, C., Cerretelli, P. (2003). Energy balance of human locomotion in water. *European Journal of Applied Physiology*, 90: 377-386.
- Pyne, D., Maw, G., Goldsmith, W. (2000). Protocols for the Physiological Assessment of Swimmers. In C. Gore (Ed.), *Physiological Tests for Elite Athletes*, Australia, 372-382.
- Raposo, A. (1990). *A avaliação da eficácia de nado*. *Revista de Natação* 3, (n.º11).
- Ribeiro, J.; Santos, I.; Figueiredo, P.; Colaço, P.; Fernandes, R. (2008). Analysis of swimming individual anaerobic threshold and stroking parameters in triathlon. A case study. *Archivos de medicina del deporte XXV*, 6 (128): 511-512.
- Smith, D.; Norris, S.; Hogg, J. (2002). Performance evaluation of swimmers: scientific tools. *Sports Medicine*. 32 (9): 539-554.
- Smith, H.; Montpetit, R.; Penault, H. (1988). *The aerobic demand of backstroke swimming, and its relation to body size, stroke technique, and performance*. *European Journal of Applied Physiology*, 182-188.
- Silva, S; Assis, A; Rocha, S.; Ribeiro, M. (2007). Comparação de 2 testes de determinação de velocidade crítica em nadadores do género masculino com índice para o troféu José Finkel. *EFDeportes.com, Revista Digital*. Buenos Aires, 12, (n.º108).
- Simon, G. (1997). The role of lactate testing in swimming. *Proceedings of the XII FINA World Congress on Sports Medicine*, Gotegorg, Sweden, 259-262.
- Soares, S.; Fernandes, R.; Marinho, D.; Vilas-Boas, J. (2002). Are the critical velocity and y-intercept values similar when determined with different regression distances? In: E. V. Praagh; J.. Coudert; N. Fellmann; P. Duché; (eds.) *Proceedings of the 9th Annual Congress of the European College of Sports Science* [CD]. France. Clermond-Ferrand.
- Soares, S.; Fernandes, R.; Vilas-Boas, J. (2003). Analysis of critical velocity regression line informations for diferente ages: from infant to junior swimmers. In: Chatard, J.C, (ed.). *Biomechanics and Medicine in Swmimming IX*, 397-402. Saint Étienne, Publications de L'Université de Saint-Étienne.

- Spencer, M. & Gastin, P. (2001). Energy system contribution during 200 to 1500 m running in highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 157-162.
- Suzuki, F.; Okuno, N.; Lima-Silva, A. (2007). Esforço percebido durante o treinamento intervalado na natação em intensidades abaixo e acima da velocidade crítica. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto* [online], 7, (n.º3).
- Silva, J. (1994). *Estudo de indicadores cinemáticos gerais em provas de estilo livre. XVII Congresso Técnico da APTN*. Figueira de Foz.
- Svedahl, K. & MacIntosh, B. (2003). Anaerobic threshold: The concept and methods of measurement. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28 (2): 299-323.
- Sweetenham, B. & Atkinson, J. (2003). *Championship Swim Training*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Toubekis, A.; Vasilaki, A.; Douba, H.; Gourgoulis, V.; Tokmakidis, S. (2011). Physiological responses during interval training at relative to critical velocity intensity in young swimmers. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 14: 363-368.
- Toussaint, H. (1990). Differences in propelling efficiency between competitive and triathlon swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22: 409-415.
- Toussaint, H. & Hollander, A. (1994). Mechanics and energetic of front crawl swimming. In M. Miyashita, Y. Mutoh & A. Richardson (Eds.), *Medicine and Science in Aquatics Sports*, 107-116. Basel: Karger.
- Toussaint, H., Hollander, A., de Groo, G., Schenau, G., Vernoon, K., de Best, H. (1998). Measurement of efficiency in swimming man. In B. Urgerechts, K. Wilke & K. Reischle (Eds.) *Swimming Science V*, 45-52. Illinois: Human Kinetics.
- Troup, J. (1984). Review: Energy systems and training considerations. *Journal of Swimming*, 1 (1): 13-16.
- Troup, J. & Trappe, T.A. (1994). Applications of Research in Swimming. In M. Miyashita, Y. Mutoh, A. B. Richardson (Eds.), *Medicine and Science in Aquatic Sports, Med. Sport Science*, 39: 155-165. Karger, Basel.
- Vilas-Boas, J. & Duarte, J. (1991). Blood lactate kinematics on 100m freestyle event. *IXth FINA International Aquatic Sports Medicine Congress, IInd Advanced IOC Medicine Course*, III Congresso Sul-americano de Medicina Desportiva, X Congresso Brasileiro de Medicina Desportiva, Rio de Janeiro, Brasil, 1991.

- Vilas-Boas, J.; Lamares, J.; Fernandes, R.; Duarte, J. (1997). Relationship between anaerobic threshold and swimming critical speed determined with competition times. In: *Abstracts book of the FIMS 9th European Congress of Sports Medicine*. Porto. 88-91
- Vilas-Boas, J. (1989). Controlo do treino em natação: considerações gerais, rigor e operacionalidade dos métodos de avaliação. *Comunicação apresentada às Jornadas Técnicas Galaico-Durienses de Natação*. Corunha, Espanha.
- Vilas-Boas, J. (2000). Aproximação biofísica ao desempenho e ao treino de nadadores. *Revista Paulista de Educação Física*, 14 (2): 107-117
- Wakayoshi, K.; Yoshida, T.; Udo, M.; Kasai, T.; Moritani, T.; Mutoh, Y.; Miyashita, M. (1992) A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 13; 367-71.
- Wilmore, J. & Costill, D. (2001). *Physiology of Sport and Exercise*. Champaign, Illinois. Human Kinetics.
- Wright, B. & Smith, D. (1994). A protocol for the determination of critical speed as an index of swimming endurance performance. In: M. Miyashita. Y. Mutoh, A.B. Richardson (eds.), *Medicine and Science in Aquatic Sports*, Med. Sport Science 39: 55-59, Karger, Basel.
- Zacca, R.; Wenzel, B.; Piccin, J.; Marcilio, N.; Lopes, A.; Castro, F. (2010). Critical velocity, anaerobic distance capacity, maximal instantaneous velocity and aerobic inertia in sprint and endurance young swimmers. *European Journal of Applied Physiology*. (110): 121-131.
- Zanconato, S.; Cooper, D.; Armon, Y. (1991). Oxygen cost and oxygen uptake dynamics and recovery with 1 min exercise in children and adults. *Journal of Applied Physiology*. (71): 993-998.
- Zamparo, P., Pendergast, D., Mollendorf, J., Termin, A; Minetti, A. (2005). An energy balance of front crawl. *European Journal Applied Physiological*; 94:134–144.
- Zamparo, P. (2006). Effects of age and gender on the propelling efficiency of the arm stroke. *European Journal Applied Physiological*; 97:52–58.

