

**INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM**  
**ESCOLA SUPERIOR DE DESPORTO DE RIO MAIOR**



**“Velocidade Crítica Anaeróbia em Natação Pura Desportiva”**

**MESTRADO EM DESPORTO**  
**ESPECIALIZAÇÃO EM TREINO DESPORTIVO**

**Prof. Doutor Hugo Louro**  
**(Orientador)**

**Pedro Miguel Fernandes Gomes da Silva**

**Abril de 2012**

Dissertação expressamente elaborada no âmbito do Mestrado em Desporto – Especialização em Treino Desportivo, na área da Nataação, Escola Superior de Desporto de Rio Maior

## AGRADECIMENTOS

Durante a elaboração desta tese de mestrado, vários foram as pessoas que contribuíram aos mais diferentes níveis, aos quais cabe-nos neste momento prestar os nossos agradecimentos:

Ao Professor Doutor Hugo Louro, pelo apoio, disponibilidade, capacidade crítica e de lançar os desafios, que permitiram a melhoria da nossa aprendizagem.

Ao Professor Doutor Aldo Costa e ao Professor Doutor João Brito, pelo pensamento crítico, reflexões e apoio prestado na realização de todo este trabalho.

Ao Professor Doutor Félix Romero, pela disponibilidade, exigência, coordenação e apoio prestado, durante este percurso.

À Professora Doutora Marta Martins, pela organização demonstrada e motivação ao longo deste processo.

Aos Mestres Ana Conceição e João Freitas, por toda colaboração e amizade demonstrada.

Ao João Paulo Fróis, por todo o apoio, colaboração e disponibilidade demonstrada durante todo este processo.

Aos colegas de trabalho, nomeadamente, Dr.<sup>a</sup> Susana Paixão, Dr. Hugo Dinis, Vasco Tavares, Filipe Marques e Cláudia Paulo, que entre outros, colaboraram nas recolhas e tratamento dos dados e se mostraram sempre disponíveis para prescindir do seu tempo pessoal para colaborarem neste trabalho.

À Dr.<sup>a</sup> Ana Cristina Martins pelo apoio na revisão ortográfica e gramatical deste trabalho.

Ao Dr. Vítor Alexandre pela amizade e apoio profissional, que permitiu que nos pudéssemos dedicar a este desafio.

A toda a minha família, em especial aos meus pais, que permitiram que pudesse chegar aqui.

**ÍNDICE GERAL**

<b>ÍNDICE DE QUADROS .....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE EQUAÇÕES.....</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>2</b>
<b>CAPITULO I: INTRODUÇÃO.....</b>	<b>3</b>
1. Introdução .....	4
<b>CAPITULO II: REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>6</b>
2. Revisão da Literatura .....	7
<b>CAPITULO III: OBJETIVOS, HIPÓTESES, TIPO DE PESQUISA .....</b>	<b>27</b>
3.1 Objetivos do Estudo .....	28
3.2 Hipóteses do Estudo .....	28
3.3 Tipo de Pesquisa .....	29
<b>CAPITULO IV: METODOLOGIA .....</b>	<b>30</b>
4.1 Seleção da Amostra.....	31
4.2 Caraterização da Amostra .....	31
4.3 Condições de Execução .....	32
4.4 Tratamento e análise estatística dos dados.....	38
<b>CAPITULO V: APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS.....</b>	<b>39</b>
<b>CAPITULO VI: DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....</b>	<b>51</b>
<b>CAPITULO VII: CONCLUSÕES .....</b>	<b>62</b>
<b>CAPÍTULO VIII: RECOMENDAÇÕES FUTURAS .....</b>	<b>64</b>
<b>CAPITULO IX: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>77</b>

## ÍNDICE DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Valores dos diferentes sistemas energéticos nas distâncias competitivas em NPD.....	11
<b>Quadro 2:</b> Principais recomendações para o treino da tolerância láctica.....	13
<b>Quadro 3:</b> Principais recomendações para o treino da potência glicolítica.....	14
<b>Quadro 4:</b> Caracterização da amostra (n=10), através da Média, Desvio Padrão, para as variáveis Idade (anos), Altura (m), Comprimento do Membro Superior (cm), Envergadura (m), Peso (kg) e Marca Pessoal aos 100 m Livres (s).....	32
<b>Quadro 5:</b> Valores médios e respetivo desvio-padrão: velocidade crítica anaeróbia (VCA <sub>n</sub> ), valores da ordenada na origem, (b) e coeficiente de correlação ( $r^2$ ), na técnica de crol.....	41
<b>Quadro 6:</b> Médias e respetivos desvios padrão dos valores de VCA <sub>n</sub> e dos tempos de prova de 100 m livres.....	42
<b>Quadro 7:</b> Correlação entre VCA <sub>n</sub> e V 100 máx.....	45
<b>Quadro 8:</b> Correlação entre VCA <sub>n</sub> e [La].....	46
<b>Quadro 9:</b> Valores médios e respetivo desvio-padrão da distância nadada à VCA <sub>n</sub> , na técnica de crol.....	47
<b>Quadro 10:</b> Valores médios e respetivo desvio-padrão de Frequência Gestual (FG), Distância de Ciclo (DC), Velocidade de Nado (VN), Índice de Nado (IN) Eficiência propulsiva ( $np$ ).....	47
<b>Quadro 11:</b> Associação entre a eficiência propulsiva ( $np$ ), no primeiro percurso do teste de 150 m, as variáveis cinemáticas e as restantes variáveis, medidas no mesmo percurso e respetiva significância estatística.....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura1:</b> Esquematização das várias variáveis, medidas nos protocolos de recolhas.....	37
<b>Figura2:</b> Crescimento médio da distância (m) em função do tempo de nado (s), na técnica de crol.....	41
<b>Figura 3:</b> Valores de média e respetivo desvio-padrão da VCA <sub>n</sub> ( $\text{m.s}^{-1}$ ), V 100 máx ( $\text{m.s}^{-1}$ ), 1º percurso de 50 m da V 100 máx ( $\text{m.s}^{-1}$ ) e 2º percurso da V 100 máx ( $\text{m.s}^{-1}$ ).....	43
<b>Figura 4:</b> Gráfico da $[\text{La}^-]$ no teste de 150 m à VCA <sub>n</sub> e respetiva reta polinomial.....	44

## ÍNDICE DE EQUAÇÕES

<b>Equação 1:</b> $y = a \cdot x + b$ .....	15
<b>Equação 2:</b> $\eta_p = \left( \frac{v \cdot 0,9}{2\pi \cdot FG \cdot l} \right) \cdot \frac{2}{\pi}$ .....	25
<b>Equação 3:</b> $DC = VN / FG$ .....	26
<b>Equação 4:</b> $VN = d/t$ .....	26
<b>Equação 5:</b> $IN = VN \cdot DC$ .....	26

**LISTA DE ABREVIATURAS**

[La]	Concentração de Lactato Sanguíneo
CTA	Capacidade de trabalho anaeróbio
VCA <sub>n</sub>	Velocidade Crítica Anaeróbia
FG	Frequência gestual
LA <sub>n</sub>	Limiar anaeróbio
m	Metros
Min	Minutos
NPD	Natação pura desportiva
VN	Velocidade de Nado
F <sub>cri</sub>	Frequência Gestual Crítica
CT	Controlo do Treino
TC	Training Control
DC	Distância de Ciclo
CP	Fosfocreatina
ATP	Adenosina Trifostato
VN	Velocidade de Nado
IN	Índice de Nado
<i>MAD</i>	Measure Active Drag
<i>np</i>	Eficiência propulsiva



**LISTA DE SIMBOLOS**

$\bar{X}$	Média
%	Percentagem
$\pm$	Mais ou menos
/	Divisão
=	Igual
<	Menor
>	Maior
$\leq$	Menor ou igual
$\geq$	Maior ou igual
°	Graus

## RESUMO

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 determinará 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. 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. Os valores médios da VCAn subestimaram a velocidade de prova em 6,33%. Foram encontradas relações significativas entre a VCAn, 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 concentração de lactato registados no teste de 150 m à VCAn ( $10,21 \text{ mmol.l}^{-1}$ ), parecem indicar que estamos perante uma série de treino eminentemente anaeróbio.

Para complementar analisámos o comportamento de parâmetros cinemáticos e a acumulação de lactato sanguíneo durante o nado à VCAn, pois o aumento da distância nadada à VCAn altera 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 VCAn como um parâmetro anaeróbio de controlo do treino e de predição do desempenho.

**Palavras-chave:** velocidade crítica, limiar anaeróbio, NPD.

## ABSTRACT

Several studies have been carried out to determine factors which will predict better swimming sports performance.

The literature reveals some divergence in the concept of critical speed, explained by the different methods for its determination, particularly regarding the different distances used. Indeed, this inconsistency is also forecasted in the emerging concept of anaerobic critical velocity (AnCV), since their calculation with shorter distances determines a clearly bigger effort system.

This work aims to study the meaning of the AnCV parameter in pure swimming, exploring different distances for its determination. The objective will be analyzing the AnCV relation with the swimmers performance in imminent short distances (between 50 and 150 m), as well as its applicability as an evaluation instrument and anaerobic control. To complement we analyze the kinematics and lactates parameters, because the increase of  $[La^-]$  changes the swimming technique.

10 national leveled male Portuguese swimmers have been analyzed in crawl technique, juniors and seniors, ( $16,90 \pm 2,56$  year olds) . For the AnCV calculation the swimmers made 15m, 25m and 50m in maximum speed, in Olympic swimming pool. The relation between the AnCV and the velocity proof of free 100m and partial 50m have been evaluated. The medium AnCV values underestimated the proof velocity in 6,33%. Significant relations between AnCV and the velocity proof of free style 100m have been found, the 1<sup>st</sup> partial of 50m and the 2<sup>nd</sup> partial of 50m ( $r=0,83$  e  $p \leq 0,05$ ;  $r=0,89$  e  $p \leq 0,05$ ;  $r=0,86$  e  $p \leq 0,05$ ).

The high registered lactate values in the 150m AnCV test ( $10,21 \text{ mmol.l}^{-1}$ ) seem to indicate that we are in the presence of an imminently anaerobic training series.

To complement we analyze the kinematics and lactates parameters, because the increase of AnCV swimming distance changes the swimming technique (1<sup>st</sup> partial: FG:  $0,72 \pm 0,08$ ; DC:  $1,15 \pm 0,13$ ; IN:  $1,84 \pm 0,26$ ; VN:  $1,60 \pm 0,09$ ;  $np$ :  $26,65 \pm 3,18$ ; 2<sup>nd</sup> partial: FG:  $0,65 \pm 0,05$ ; DC:  $0,93 \pm 0,09$ ; IN:  $1,33 \pm 0,21$ ; VN:  $1,43 \pm 0,11$ ;  $np$ :  $25,87 \pm 2,69$ ; 3<sup>th</sup> partial: FG:  $0,62 \pm 0,07$ ; DC:  $0,84 \pm 0,08$ ; IN:  $1,13 \pm 0,21$ ; VN:  $1,35 \pm 0,07$ ;  $np$ :  $25,46 \pm 4,46$ ).

The results seem to indicate the AnCV as an anaerobic parameter of training control and performance prediction.

**Key words:** critical velocity, Anaerobic threshold, swimming.

## CAPITULO I: INTRODUÇÃO

---

## 1. Introdução

O estudo da velocidade crítica anaeróbia (VCA<sub>n</sub>) tem sido um dos temas que mais interesse tem apresentado junto dos investigadores nos últimos anos, sendo a sua utilidade no treino um dos temas mais estudados (Barden & Kell, 2009; di Prampero *et al.*, 2008; Garatachea *et al.*, 2006; Marinho *et al.*, 2011; Neiva *et al.*, 2011; Papoti *et al.*, 2005; Suzuki *et al.*, 2007; Toubekis *et al.*, 2011; Zacca *et al.*, 2010).

A impossibilidade de se continuar a aumentar o volume de treino em natação pura desportiva (NPD), tendo em vista ao aumento do rendimento desportivo (Vilas Boas, 1989), com a saturação do número de horas diárias e unidades semanais destinadas à preparação desportiva (Fernandes *et al.*, 2003), tornam o controlo do treino como uma ferramenta fundamental para aumentar a eficiência e eficácia dos processos de treino e predizer a performance (Wright & Smith, 1994).

Com cerca de 80% dos eventos desportivos em NPD inferiores ou iguais a 200m, o metabolismo anaeróbio torna-se preponderante, sendo necessário potenciar o treino a velocidades elevadas para melhor utilização do metabolismo anaeróbio (Troup & Trappe, 1994).

A aplicação prática do treino anaeróbio surge como meio necessário para potenciar o desempenho dos nadadores em provas curtas (Olbrecht, 2000).

O conceito de velocidade crítica foi especificamente desenvolvido para a NPD por Wakayoshi *et al.* (1992), sendo um parâmetro de avaliação da capacidade anaeróbia do nadador, que relaciona de forma linear a distância de nado à máxima velocidade e o tempo correspondente.

Estudos recentes apresentam relações fortes entre a VCA<sub>n</sub>, calculada com base em distâncias curtas de nado e distâncias competitivas essencialmente anaeróbias (Barden & Kell, 2009; di Prampero, 2008; Fernandes *et al.*, 2008; Garatachea *et al.*, 2006; Toubekis *et al.*, 2011; Zacca *et al.*, 2010).

Existem, atualmente, diversos procedimentos para avaliar e controlar o nível de desenvolvimento dos fatores bioenergéticos que influenciam o rendimento em

NPD. Destes, a análise do doseamento das concentrações de lactato sanguíneo  $[La^-]$  tem vindo a ser considerado como uma das tarefas fundamentais nos últimos anos (Bonifazi *et al.*, 1993; Laffite *et al.*, 2004; Simon, 1997; Vilas-Boas & Duarte, 1991).

O Limiar Anaeróbio (LAn) é o termo mais comum que é utilizado para expressar a mais elevada intensidade de exercício na qual existe equilíbrio entre a produção e remoção de lactato (Heck *et al.*, 1985). Assim, o LAn deve ser visto não como uma intensidade exata mas sim uma zona de transição entre o metabolismo predominantemente aeróbio e o metabolismo anaeróbio (Svedahl & MacIntosh, 2003), isto é, entre uma intensidade de exercício em que o metabolismo aeróbio começa a perder preponderância para o metabolismo anaeróbio (Wilmore & Costill, 2001).

Pyne *et al.* (2000) alertam para o facto de que apesar da avaliação das capacidades fisiológicas ter elevada importância, a NPD é uma modalidade mista, sendo fundamental a avaliação técnica em paralelo com as respostas fisiológicas. Keskinen & Komi (1993), relacionado com este aspeto, referem que existem evidências de que o aumento das  $[La^-]$  altera a técnica de nado de forma significativa.

Assim, o estudo dos parâmetros biomecânicos gerais parece ter elevada relevância na eficiência da técnica de nado do nadador, pois permite potenciar a sua performance desportiva, uma vez que a combinação da Frequência Gestual (FG) e da Distância de Ciclo (DC) na produção de velocidade (VN), é altamente individualizada (Chollet *et al.*, 1996).

Pretendeu-se com este trabalho, estudar o significado da VCA<sub>n</sub>, calculada com base em distâncias de nado de curta duração, em nadadores masculinos, na técnica de crol, parâmetro eventualmente passível de ser utilizado como instrumento de controlo e planeamento do treino anaeróbio em NPD. Especificamente, procurou-se relacionar a VCA<sub>n</sub> com a velocidade de prova nos 100m livres, essencialmente anaeróbia, e seus parciais. Procurámos, também, estudar se a  $[La^-]$  correspondente ao LAn registado num teste de 150 m à VCA<sub>n</sub>, se correlaciona de forma significativa com a VCA<sub>n</sub>.

## **CAPITULO II: REVISÃO DA LITERATURA**

---

## **2. Revisão da Literatura**

### **2.1 Sistemas de produção de energia**

Existem três processos bioquímicos que funcionam de forma integrada na produção de ATP (Adenosina Trifosfato), para satisfazer as necessidades energéticas de um músculo ou grupo muscular: o sistema ATP-CP (sistema anaeróbio alático), o sistema de glicose anaeróbia (sistema anaeróbio láctico) e o sistema de oxigénio (sistema aeróbio) (Gastin, 2001; Willmore & Costill, 1999).

Quando não é possível utilizar o metabolismo aeróbio nas reações celulares à razão necessária, denomina-se de metabolismo anaeróbio. O processo denominado de metabolismo aeróbio ocorre quando se consegue utilizar o oxigénio disponível na razão necessária (Willmore & Costill, 1999).

#### **2.1.1 Sistema anaeróbio alático**

A forma mais simples de obter energia é através deste sistema, permitindo o imediato restabelecimento do ATP muscular. De acordo com Gastin (2001) este é o primeiro processo energético celular.

Vilas-Boas (2000), sugere que este não é o primeiro sistema fornecedor de energia, mas sim como um armazenador de energia, fornecida pelo sistema de oxigénio durante a fase de repouso.

Para além do ATP, as células possuem outra molécula de alta energia que é a fosfocreatina (CP). A libertação de energia resultante da quebra de ligações da molécula de CP é facilitada pela enzima creatina kinase (CK), degradando-a em creatina e fósforo. Esta energia pode ser utilizada para juntar a molécula de Adenosina difosfato (ADP) (Willmore & Costill, 1999).

A capacidade de manter os níveis de ATP com a energia proveniente do CP é algo limitada, uma vez que as reservas de CP se esgotam rapidamente, podendo este processo ser utilizado apenas durante alguns segundos. (Willmore & Costill, 1999). Willmore & Costill (1999), referem que a duração



deste sistema é de 3s a 15s de esforços máximos. Gastin (2001), refere que a duração deste sistema pode chegar aos 20s de esforços de intensidade máxima.

### **2.1.2 Sistema anaeróbio láctico**

Este processo de produção de ATP envolve a libertação de energia pela degradação da glucose, através de enzimas glicolíticas, surgindo daí a designação de glicólise (Willmore & Costill, 1999).

A glucose presente no sangue, provém da desintegração dos hidratos de carbono, que através da glicogénese, é transformada em glicogénio, sendo armazenado no músculo-esquelético e fígado até que seja necessária a sua utilização (Willmore & Costill, 1999).

Neste processo anaeróbio, quando nos referimos à glucose, referimo-nos ao processo onde o ácido pirúvico é transformado em ácido láctico (Willmore & Costill, 1999).

Este sistema energético, apesar de não produzir grandes quantidades de ATP, permite, através da sua combinação com o sistema ATP-CP, que seja gerada força, mesmo com o fornecimento limitado de oxigénio, conseguindo funcionar à sua máxima intensidade durante 1 min a 2 min (Gastin, 2001; Willmore & Costill, 1999).

A acumulação de ácido láctico nos músculos é uma das principais limitações deste sistema energético, pois diminui a contração muscular (Willmore & Costill, 1999).

### **2.1.3 Sistema aeróbio**

Habitualmente, este é considerado o mais complexo dos três sistemas de produção de energia, e é denominado de sistema aeróbio pelo aproveitamento da presença de oxigénio, nas reações que ocorrem nas mitocôndrias celulares

para a formação de energia para as atividades corporais (Willmore & Costill, 1999).

O metabolismo aeróbio é considerado lento, uma vez que pressupõe um conjunto de vias metabólicas que integram cerca de trinta reações em cadeia, mas consegue funcionar durante várias horas sem interrupção, no entanto, permite apenas a realização de esforços ligeiros ou moderados (Willmore & Costill, 1999).

Apesar dos hidratos de carbono e dos lípidos serem os principais nutrientes maioritariamente utilizados pelo organismo humano, as proteínas também podem ser utilizadas como fonte de energia. Como um corpo saudável utiliza muito pouca quantidade de proteínas durante o repouso ou exercício (menos de 5 a 10% da energia total consumida), a estimativa de gasto energético normalmente não tem em conta este metabolismo (Willmore & Costill, 1999).

## **2.2 Funcionamento integrado dos sistemas de produção de energia**

É importante perceber que os sistemas energéticos funcionam de forma integrada, em termos de participação energética nos vários tipos de exercício, embora exista preponderância de um dos sistemas relativamente aos outros, dependendo de vários fatores, como a intensidade e duração do esforço e quantidade de reservas disponíveis em cada sistema (Gastin, 2001; Willmore & Costill, 1999).

De acordo com Gastin (2001), os sistemas de produção de energia respondem sequencialmente às necessidades energéticas em função do tipo de exercício, mas sobrepondo-se.

Vilas-Boas (2000), refere que é necessário compreender que os vários sistemas energéticos possuem potências energéticas diferenciadas e capacidades distintas para a formação de ATP.

Gastin (2001), diz-nos que o sistema anaeróbio, apesar de ser capaz de responder às necessidades energéticas do exercício de elevada intensidade a

sua capacidade é limitada. Dentro deste sistema, o mais limitado é o sistema anaeróbio alático, devido às reduzidas reservas musculares de CP (Willmore & Costill, 1999).

Já o sistema anaeróbio láctico, o principal fator limitativo é a acidose celular resultante da produção e rápida dissociação do ácido láctico. Este fator faz diminuir a capacidade de contração muscular, devido à diminuição de pH celular e correspondente inibição da ação das enzimas glicolíticas (Willmore & Costill, 1999).

Já os desempenhos de longa duração encontram-se limitados pelo sistema cardiovascular e pela capacidade de transporte de oxigénio para os músculos (Willmore & Costill, 1999).

### **2.3 Sistemas de produção de energia em natação pura desportiva**

A intensidade do esforço e a importância relativa dos sistemas anaeróbio e aeróbio variam consoante o tempo de exercício e a distância de nado, pelo que o regime de treino deve ser desenvolvido de acordo com a dependência de cada sistema (Olbrecht, 2000).

No início da prova, o fornecimento de energia é respondido pelo sistema ATP-CP. O metabolismo aeróbio entra em funcionamento logo desde o início também, contudo, como tem um início lento, não consegue fornecer a energia necessária para a manutenção de um esforço máximo, entrando por isso em funcionamento o sistema anaeróbio láctico, que irá fazer acumular ácido láctico nos músculos em atividade (Gastin, 2001).

Para impedir a formação exagerada de acidose muscular, a preponderância deste sistema diminui à medida que a concentração de acidose muscular aumenta, levando a uma diminuição da velocidade de nado. A duração do esforço é determinante para a contribuição do sistema anaeróbio láctico no fornecimento de energia (Olbrecht, 2000).

Um nadador de velocidade (50 a 100m) poderá utilizar o sistema anaeróbio láctico como sistema preponderante, sem correr o risco deste esgotar a sua capacidade de produção de energia durante a prova, contudo se o mesmo sistema energético for utilizado, com a mesma intensidade durante uma prova de 200m, o nadador terá bastante dificuldade em terminar a prova (Olbrecht, 2000).

**Quadro 1:** Valores dos diferentes sistemas energéticos nas distâncias competitivas em NPD

Tempos de competição	Distâncias típicas em NPD	Metabolismo anaeróbio (%)				
		Maglischo * (1993)	Troup & Trappe (1994)	Olbrecht ** (2000)	Gastin (2001)	Ogita (2006)
10-15 s	25m	80+20			88	78-86
19-30s	50m	50+48	70		73	64-71
40-60s	100m	25+65	55	50	63-55	50-52
90-120s	200m	10+60	40	30	44-37	32-30
4-6min	400m	5+45	20	20	21	15-16
7-10 min	800m	5+30	12			14-16
14-22 min	1500m	2+20	10			

\* Valores correspondentes à contribuição anaeróbia aláctica + anaeróbia láctica

\*\* Valores percentuais apenas do sistema anaeróbio láctico

O sistema anaeróbio atinge o seu máximo com 2-3min de exercício de intensidade máxima, sendo sugerido que este é recrutado ao máximo nas provas de 200m (Ogita, 2006).

Troup & Trappe (1994), sugerem que cerca de 80% dos eventos competitivos em NPD são até 200m, e portanto torna-se necessário o treino de velocidades máximas para a melhoria da utilização de energia anaeróbia, sendo o sistema anaeróbio predominante em NPD.

## **2.4 Treino anaeróbio em natação pura desportiva**

Em NPD considera-se que a melhoria da performance de nado é proporcional à energia total fornecida pelos três sistemas energéticos (anaeróbio láctico, anaeróbio alático e aeróbio), ou simplesmente, como propõe Olbrecht & Mader (2006), pelo metabolismo anaeróbio e aeróbio.

A capacidade metabólica e a performance de um nadador pode ser melhorada de forma mais eficaz se compreendermos a energética das diferentes provas em NPD, de forma a podermos planejar um estímulo de treino adequado para o sistema energético pretendido (Ogita, 2006).

De acordo com Vilas-Boas (2000), é então necessário que se analise o treino das diferentes capacidades e potências dos diferentes sistemas de produção de energia, reconhecendo a continuidade entre zonas bioenergéticas ou objetivos de treino, de forma a ser mais simples planejar não só a harmonização entre os diferentes programas de treino, como também a definição de soluções de sobrecarga e progressão.

Pelo fato do sistema ATP-CP prevalecer somente nos segundos iniciais de um esforço máximo e a preponderância do sistema anaeróbio láctico ser mais abrangente e mais relevante, apresentamos de seguida as principais recomendações para o treino da tolerância láctica e potência glicolítica, segundo os diferentes autores.

**Quadro 2:** Principais recomendações para o treino da tolerância láctica

Autores	Volume	Intervalo	Intensidade	[La] (mmol.l <sup>-1</sup> )	Exemplo
Maglischo (1986)	50-100 jardas	10-15s: repetições	85-95%	12-20	10x100 c/ 3'
	4-20 séries	3-5min: séries			
	4-10 repetições				
Maglischo (1988)	600-1000m	15 a 60s	85-95%	6-12	
	(50-200m)				
Costill <i>et al</i> (1992)	5 x 100m	3 min	Máximo		5 x 100m c/ 3'
	10 x 50m	1min30s			
Maglischo (1993)	300-1000m		V máx		
	3-6 séries	5-30s: repetições			
	2-12 repetições de 25-50s	5-15min: séries			
Troup & Trappe (1994)	4-15 min	1m10-s - 100m	180 FC		
	(100-200m)	1m40s - 200m			
	6 a 10 repetições				
Hellard (1998)	50-100m	1-3 min: repetições	95%		2 x (6 x 50m c/ 1min15s)
	1-4 séries	6 min: série			
	2-8 repetições				
Olbrecht (2000)	25-75 m	35s-1min30s	Quase máxima	5-10	20x6 c/ 40' 5,8,12,16,20 rápidas
		2 x esforço			
Vilas-Boas (2000)	2-3 séries	30s-2min: repetições	90%-95%	10-20	
	4-10 repetições de 30s-50min	10-20 min: séries	FC máxima	(máxima)	
Sweetnam & Atkinson (2003)	600-1200m	3-5 min	V = 2º parcial prova 200m		3 x 100 c/ 3'
	(50-100m)				6x100 c/ 5'

**Quadro 3:** Principais recomendações para o treino da potência glicolítica

Autores	Volume	Intervalo	Intensidade	[La] (mmol.l <sup>-1</sup> )	Exemplo
<b>Maglischo</b> <b>(1988)</b>	300-600m (50-200m)	5 a 15 min	95-100% FC máxima	12-20	
<b>Maglischo</b> <b>(1993)</b>	200-600m p/ série 1 a 3 séries (25,50 e 75m)	1-3 min	≤ 5s LAn		
<b>Troup &amp; Trappe</b> <b>(1994)</b>	2-12 min (25-150m) 4 a 8 repetições	1m45s a 2m40s	Máxima FC máxima		
<b>Olbrecht</b> <b>(2000)</b>	110%-90% prova Repetições 25-50 m	10-20 s	Máxima	9-15	4x50 c/ 10''
<b>Vilas-Boas</b> <b>(2000)</b>	2-4 séries 4-8 repetições de 15 a 35s	1 a 4 min: repetições 10 a 15 min: séries	Máxima FC irrelevante	8-10	2 x (6 x 25m c/ 1')
<b>Sweetnam &amp; Atkinson</b> <b>(2003)</b>	Repetições de 50-100m	2min30s-3 min	V ≥ 2º parcial prova 200m		10 x 50 c/ 2'30:3'

De acordo com os quadros relativos às recomendações do treino anaeróbio parece existir alguma controvérsia e alguma incoerência ao comparar-se as várias propostas de séries e repetições de nado, específicas para o desenvolvimento das características anaeróbias lácticas do nadador. Os autores diferem não só na própria construção da série, como na variação do volume total a realizar e nos intervalos, assim como nos valores relativos aos parâmetros de avaliação e controlo, como a frequência cardíaca (FC) e a [La].

## 2.5 Velocidade crítica anaeróbia

A velocidade crítica é um parâmetro de controlo do treino (CT) que tem vindo a ser investigado ao longo do tempo, merecendo cada vez mais interesse por parte dos investigadores nos últimos anos, e é cada vez mais utilizado pelos treinadores como um parâmetro de CT, por se tratar de um método simples e não invasivo, sendo adequado para um grande número de nadadores, podendo ser aplicado quer em testes laboratoriais, quer em testes de campo (Dekerle *et al.*, 2002; di Prampero, 2008).

Verifica-se, também, que os testes obtidos de forma indireta, como a VCA<sub>n</sub>, podem ser utilizados na avaliação e controlo do treino, principalmente ao nível das componentes fisiológicas, o que torna este instrumento muito importante, pois permite a obtenção de resultados, sem que seja necessário realizar métodos invasivos, e com baixos custos, o que torna bastante mais fácil o acesso do treinador a resultados muito importantes para o CT dos nadadores, podendo realizar os testes de controlo destes parâmetros a qualquer altura e sempre que seja necessário.

A velocidade crítica é calculada com base na construção de uma reta de regressão, e corresponde a uma intensidade limítrofe de esforço que pode ser mantida com estado estável de  $\dot{V}O_2$  Máx e lactato ( $[La^-]$ ), sem que o nadador entre em exaustão (Wakayoshi *et al.*, 1992).

Ainda segundo Wakayoshi *et al.* (1992), a velocidade crítica é definida como sendo a mais alta intensidade de exercício que pode ser mantida por longo período de tempo sem exaustão. Acreditam, também, que essa velocidade de nado corresponde ao *steady state* máximo de lactato.

A velocidade crítica corresponde ao declive da reta de regressão calculada entre um qualquer conjunto de pares de valores de distância de nado (d) e a respetiva duração (t), quando a primeira é percorrida à velocidade máxima (Wakayoshi *et al.*, 1992).

Desta forma, a equação da reta será:  $y = a * x + b$  (equação 1)



Em que  $y$  corresponde ao valor da ordenada, segundo o eixo dos  $yy$ , neste caso, o valor da distância percorrida,  $a$  é o valor do declive da reta,  $x$  é o valor da abcissa, segundo o eixo dos  $xx$ , representando o valor do tempo realizado e  $b$  é o valor da ordenada na origem.

Têm sido muitos os autores que estudaram este parâmetro de avaliação e controlo do treino aeróbio, na técnica de crol, relacionando-a com a intensidade máxima aeróbia, isto é, aquela que se encontra imediatamente inferior à que provocaria um desequilíbrio entre a produção e remoção de lactato (Dekerle *et al.*, 2002; Fernandes & Vilas-Boas, 1999; Vilas-Boas *et al.*, 1997; Wakayoshi *et al.*, 1992; Wright & Smith, 1994).

Fernandes *et al.* (2008), referem que os estudos realizados parecem indicar que quanto maior for a distância de nado nos testes aplicados para determinação da velocidade crítica, maior a relação desta com o limiar anaeróbio (LAN) e com as performances de longa distância. Ainda segundo o mesmo autor, pode-se sugerir que quando se utilizam distâncias maiores de nado para a avaliação da velocidade crítica, mais fortes são as relações com regimes aeróbios de nado, e para distâncias mais curtas, maiores são as relações com regimes potentes (Fernandes *et al.*, 2008).

Estudos recentes têm vindo a debruçar-se sobre esta nova vertente da velocidade crítica, utilizando distâncias mais curtas de nado e relacionando-a com performances anaeróbias (Aleixo *et al.*, 2008; Fernandes *et al.*, 2008).

Fernandes *et al.* (2008), estudaram a relação entre a velocidade crítica e a prova de 100m livres, utilizando para a determinação da velocidade crítica distâncias curtas de nado, isto é, até 50 m, em nadadores jovens e na técnica de crol. Encontraram relações elevadas entre a velocidade crítica e a velocidade de prova nos 100 m livres, em ambos os sexos. Verificaram, ainda que a velocidade crítica não foi diferente da velocidade de prova nos 100 m livres, podendo então este ser um parâmetro de avaliação anaeróbia do nadador.

Vários são os autores que referem que os processos anaeróbios contribuem de forma muito significativa para a produção de esforços máximos, em distâncias curtas de nado, nomeadamente até aos 50 m de nado (Gastin, 2001; Hólmer, 1983; Maglischo, 1993; Troup & Trappe, 1994).

O valor de **b** que alguns autores apresentam como sendo a distância de nado capacidade anaeróbia (Dekerle *et al.*, 2006; di Prampero *et al.*, 2008), foi considerado um valor muito controverso (Balonas, 2002; Dekerle *et al.*, 2006, 2002; di Prampero *et al.*, 2008; Hill *et al.*, 1995; Soares *et al.*, 2003, 2002; Toussaint *et al.*, 1998), poderá eventualmente ser substituído por este novo conceito de avaliação anaeróbia, a velocidade crítica anaeróbia (VCAn), uma outra vertente do conceito de velocidade crítica.

De acordo com vários autores (Fernandes *et al.*, 2008; Zacca *et al.*, 2010), a VCAn pode ser calculada recorrendo a vários modelos, com base em dois, três ou quatro parâmetros.

Marinho *et al.* (2011), estudaram a relação entre a VCAn e o melhor desempenho em distâncias curtas (50m, 100m e 200m) realizadas em competição por jovens nadadores. Os resultados apresentados apresentaram uma relação forte entre a VCAn e o desempenho nos 50m e 100m, nos estilos de costas, bruços e crol, e em bruços e crol na distância de 200 m. Verificou-se, também, não existirem diferenças significativas entre a velocidade de nado na prova de 200 m e a VCAn nas quatro técnicas de nado. Estes resultados sugerem que a VCAn pode ser um parâmetro relevante para o CT de jovens nadadores.

Neiva *et al.* (2011), tiveram como objetivo verificar se a VCAn é um bom indicador de controlo e avaliação do treino anaeróbio em NPD. Foi comparada a VCAn com o melhor tempo de prova nos 100 m e nos seus parciais, nas quatro técnicas de nado, através da relação tempo-distância e realizados 4 testes máximos (15m, 25m, 37,5m e 50 m). Obteve-se uma alta relação entre a distância e o tempo e verificou-se, também, que nas quatro técnicas de nado, 99% da variação da duração dos testes pode ser explicada através das variações das distâncias. Estes resultados sugerem que se pode utilizar a

relação linear entre as quatro distâncias de teste e os tempos correspondentes, para determinar a VCAN.

De acordo com o estudo de Marinho *et al.* (2009), no qual foi determinado para cada nadador a VCAN e  $F_{cri}$ , durante 12 semanas de treino em nadadores de um mesmo grupo de idades, verificou-se que entre a realização de duas provas distintas (sendo uma realizada no início da época e outra 12 semanas depois) a velocidade crítica aumentou, no entanto a frequência crítica de braçada diminuiu, pelo que parece que durante as 12 semanas de treino se melhorou a capacidade técnica.

Papoti *et al.* (2005) e Suzuki *et al.* (2005) utilizaram nos seus estudos as distâncias de 100m, 200m e 400m para determinação da VCAN e CTA.

Papoti *et al.* (2005), tiveram como objetivo no seu estudo comparar a velocidade crítica com o LAn e verificar as relações dessas variáveis e da CTA, com o desempenho dos nadadores nas distâncias de 15m, 25m, 50m, 100m, 200m e 400m, em nado de crol. Foram encontradas correlações entre a VCAN e o LAn. Concluíram, então que a VCAN é um parâmetro confiável na avaliação da capacidade aeróbia e na predição do desempenho nos 400m crol.

No estudo de Garatachea *et al.* (2006), avaliou-se a combinação de distâncias mais adequada para calcular a VCAN para nadadores com deficiências físicas, tentando determinar se a VCAN corresponde à intensidade de nado correspondente à  $[La^-]$  de 4 mmol.l<sup>-1</sup>. Não foram encontradas diferenças significativas entre as várias combinações de distâncias. Verificou-se, também, que os valores de  $[La^-]$  e frequência cardíaca aumentaram progressivamente com a intensidade do teste realizado. A  $[La^-]$  correspondente a 100% da VCAN foi muito próxima de 4 mmol.l<sup>-1</sup>. Tendo em conta os resultados obtidos, podem ser utilizadas qualquer uma das combinações de distâncias apresentadas (50m, 100m, 200m e 400m), uma vez que os valores de VCAN encontrados foram semelhantes independentemente da combinação utilizada.

di Prampero *et al.* (2008), no estudo sobre a VCAN na NPD, verificaram mais uma vez que o cálculo da VCAN é uma ferramenta útil para a avaliação do

desempenho em diferentes formas de locomoção, apesar de existirem algumas dificuldades na sua definição e avaliação. O objetivo do estudo foi comparar a VCA<sub>n</sub>, calculada com base no efeito de velocidade não constante, através do declive da reta, na NPD. Verificou-se, também, que a relação da distância com o tempo, utilizada através do declive da reta, para o cálculo da VCA<sub>n</sub> deve ser utilizada com precaução quando se avalia o desempenho dos nadadores.

Barden & Kell (2009), no estudo sobre a relação entre os parâmetros da braçada e a VCA<sub>n</sub>, propuseram-se determinar qual a relação existente entre a VCA<sub>n</sub> e o ponto em que ocorrem alterações substanciais na FG e DC. Foram realizados 3 percursos (200m, 400m e 1000m), na sua melhor técnica, de modo a determinar-se a VCA<sub>n</sub>. Os resultados obtidos sugerem que a relação linear entre velocidade e DC podem ser utilizados para prever a VCA<sub>n</sub>.

No estudo de Toubekis *et al.* (2011), sobre as respostas fisiológicas durante treino intervalado relativamente à VCA<sub>n</sub> em jovens nadadores, que teve como objetivo examinar as respostas fisiológicas em três intervalos de treino, realizados em intensidades de acordo com a VCA<sub>n</sub>, que foi calculada a partir da realização de duas distâncias (200m e 400m), os resultados do estudo mostraram que durante um plano de treino de 5 x 400m, os nadadores não conseguem manter a velocidade correspondente à VCA<sub>n</sub> calculada com base nas distâncias de 50 m e 100m. Em contraste, a VCA<sub>n</sub> calculada com base nas distâncias de 200m e 400m, pode ser mantida durante o mesmo plano de repetições (5 x 400m). Deste modo, verifica-se que a VCA<sub>n</sub> pode ser efetivamente utilizada para o planeamento de treino intervalado em NPD.

De acordo com Garatachea *et al.* (2006), a VCA<sub>n</sub> corresponde à intensidade do LAn, e por isso o método de cálculo da VCA<sub>n</sub> é válido para efetuar um planeamento de treino em natação. A VCA<sub>n</sub> pode ser também um critério relevante para a avaliação fisiológica do estado do treino anaeróbio e pode ser utilizada para a prescrição de uma intensidade de treino de modo a aumentar o LAn.

A VCA<sub>n</sub> é também utilizada como parâmetro de CT em diversos desportos em que a resistência anaeróbia é predominante, sendo o atletismo um desporto

onde este parâmetro é também muito utilizado (Berthoin *et al.*, 2006; Fukuda *et al.*, 2011).

Os estudos apresentados parecem confirmar que a VCA<sub>n</sub> é um parâmetro confiável na avaliação da capacidade anaeróbia e na predição do desempenho em distâncias até 400m, no estilo crol. No entanto, e de acordo com as conclusões de alguns estudos, deve ter-se em conta algumas das limitações e cuidados a ter no método e nas distâncias utilizadas para o cálculo do declive da reta, para efeitos da VCA<sub>n</sub>.

## 2.6 Limiar anaeróbio

A caracterização do perfil metabólico do nadador, com base na avaliação das  $[La^-]$ , permite que o treinador possa prescrever velocidades específicas de treino, o que resultará num desenvolvimento mais eficiente das capacidades aeróbia e anaeróbia ao nível da performance desportiva, podendo assim reduzir o tempo de treino necessário para as obter (Kelly *et al.*, 1992). Bonifazi *et al.* (1993) referem também que a  $[La^-]$  é um indicador muito útil do nível de performance desportiva individual dos nadadores, pois os resultados do estudo apresentaram uma clara correlação entre a velocidade de nado e a  $[La^-]$ .

Keskinen *et al.* (1989) indicam ainda que a determinação do LAn através do doseamento da  $[La^-]$  e a sua relação com a velocidade de nado é um dos procedimentos de avaliação mais frequentemente utilizados em NPD.

Segundo Fernandes *et al.* (2004) intensidades inferiores ao LAn desempenham um papel fundamental nas tarefas, unidades de treino e microciclos de recuperação em NPD, sendo o LAn frequentemente utilizado como instrumento de apoio na definição da intensidade das tarefas no treino da NPD.

O procedimento mais comum para determinar o LAn é o teste de duas velocidades proposto por Mader *et al.* (1978). No entanto este não é o estudo mais adequado para o problema em estudo uma vez que não nos dá valores individualizados, pois centra-se no valor “médio” de 4 mmol.l<sup>-1</sup>.

Sabendo-se da alta variabilidade do LAn em NPD (Fernandes *et al.*, 2005; Svedahl & MacIntosh, 2003;) parece-nos ser fundamental utilizar um método mais individualizado, a exemplo do teste dos 30 minutos de nado contínuo ( $T_{30}$ ) (Olbrecht, 1985), comumente utilizado pelos treinadores de NPD.

## 2.7 Variáveis cinemáticas na técnica de crol

Pyne *et al.* (2000) alertam para o facto de que apesar da avaliação das capacidades fisiológicas ter elevada importância, uma vez que a NPD é uma modalidade mista, sendo fundamental a avaliação técnica em paralelo com as respostas fisiológicas. Keskinen & Komi (1993), relacionado com este aspeto, referem que existem evidências de que o aumento das  $[La^-]$  altera a técnica de nado de forma significativa.

É então importante que para além da análise da VCA<sub>n</sub> e das  $[La^-]$ , se tenha também em conta a técnica de nado.

De acordo com Silva (1994), a Frequência Gestual (FG) é definida como o número de ciclos realizados pelos membros superiores, numa unidade de tempo. Segundo o mesmo autor, a velocidade de nado é insuficiente para determinar a eficácia do nadador, devendo-se associar-se a esta a FG.

Vasconcelos (1990), refere que o registo da FG permite que se encontrem valores favoráveis para a melhoria em treino de ritmos de nado em prova, que estejam adaptados às características do nadador.

Pai *et al* (1986), referem que em nadadores de elite, a combinação entre FG e distância de ciclo (DC), da qual resulta a velocidade de nado, pode sofrer muitas variações, e mesmo assim produzir velocidades similares. Podemos então sugerir que, de acordo com esta afirmação, não existem valores ótimos na relação entre FG e DC, existindo antes uma FG individual ótima (Keskinen & Komi, 1993).

Smith *et al* (1988), verificaram que um aumento FG estava sempre associado a um custo energético superior, independentemente da velocidade de nado e da massa corporal.

As propriedades técnicas dos sistemas de gestos podem ser diferenciadas em fases diferenciadas do movimento, onde distinguimos a exatidão das posturas e posições fundamentais no ciclo gestual, execução otimizada das trajetórias, amplitude do movimento, características temporais da FG por variação das velocidades do movimento composto, variação do ritmo por sucessão e ajustamento de diferentes tipos de esforço e continuidade de fluidez do movimento no seu todo (Campaniço, 2000).

Assim, como sugerem Spencer *et al.* (2001), a FG parece ser uma variável acentuadamente condicionada por mecanismos inatos de "temporização biológica", de tal forma que cada sujeito parece ser especialmente económico e eficiente quando realiza uma qualquer tarefa cíclica a cadência de opção livre.

A este respeito Nomura & Shimoyama (2002), indicam que existe um ponto máximo para a FG que é atingido pela relação entre a frequência de braçada e a velocidade de nado.

Assim, o estudo dos parâmetros biomecânicos gerais parece ter elevada relevância na eficiência da técnica de nado do nadador, pois permite potenciar a sua performance desportiva, uma vez que a combinação da Frequência Gestual (FG) e da Distância de Ciclo (DC) na produção de velocidade, é altamente individualizada (Chollet *et al.*, 1996).

Nomura & Shimoyama (2002), ao relacionarem os parâmetros da braçada com as respostas fisiológicas, de modo a "encontrar" as velocidades de nado mais eficientes e mais rápidas no decorrer de um treino aeróbio, verificaram que a FG aumenta exponencialmente com o aumento da velocidade de nado em todas as técnicas.

Diversos estudos têm sido desenvolvidos no sentido de compreender a dependência da eficiência propulsiva (*np*) de características biomecânicas e antropométricas, assim como a sua influência na performance. De acordo com

Toussaint & Hollander, (1994), verifica-se a existência de uma relação direta entre  $np$  com DC e inversa com a FG.

Uma vez que o presente estudo recaiu unicamente sobre a análise da técnica de crol, importante fazer uma breve apresentação desta técnica.

Assim, o crol é uma técnica de nado ventral, alternada e simétrica, durante a qual as ações motoras realizadas pelos membros superiores e pelos membros inferiores tendem a assegurar uma propulsão contínua (Vilas-Boas, 1991).

Numa perspetiva mecânica o crol poderá ser definido como uma técnica ventral, alternada e simétrica, o que globalmente a torna a técnica mais eficiente (Hólmer, 1974). A posição do corpo permite trajetos subaquáticos bem orientados, com resultantes muito próximas da direção do nado (Alves, 1993). A alternância, continuidade e fluidez das ações segmentares implicam uma menor variação intracíclica da velocidade, o que contribui para a economia do movimento (Hólmer, 1979).

O seu principal objetivo consiste, numa primeira abordagem, na sustentação propulsiva criada pelo nadador numa cadeia causal mais ampla permitir integrar as várias formas de resistência envolvidas no movimento real e de relevância para a intervenção prática, contrariando o que ocorre quando o ponto de partida é a aplicação globalizante do teorema de Bernoulli à locomoção aquática humana (Conceição, 2011).

Do ponto de vista mecânico, a técnica de Crol é a mais económica (Barbosa *et al.*, 2006a). Segundo Barbosa *et al.*, (2006b), este facto deve-se, inicialmente à alternância de movimentos, evitando-se desta forma a acentuação de oscilações intracíclicas da velocidade horizontal ao centro de massa, comparativamente com as técnicas simultâneas (Barbosa *et al.*, 2006b).

Depois, porque a posição do corpo que lhe é inerente permite trajetos subaquáticos bem orientados, criando resultantes propulsivas com direção e sentido muito próximos da direção de deslocamento do corpo (Marinho *et al.* 2009).



Num estudo realizado por Cappaert *et al.* (1995), na técnica de crol, a DC foi a variável mais discriminativa entre os dois grupos de nadadores estudados.

É reconhecido que indicadores cinemáticos como a FG, DC, Índice de Nado (IN), Velocidade de nado (VN) e  $np$  são critérios úteis para a avaliação técnica dos nadadores, e são frequentemente utilizados pelos treinadores (Minghelli & Castro, 2010).

De acordo com Minghelli & Castro (2010), verifica-se que a DC é um bom indicador de eficiência propulsiva e pode ser utilizado para avaliar o progresso do nível técnico do nadador. A FG depende do tempo gasto em cada fase da braçada (fase propulsiva e recuperação). Do produto entre a DC e a FG, num determinada distância resulta a VN. Verifica-se, então, que o aumento da VN é dado através da combinação do aumento da DC com a diminuição da FG.

Kjendlie (2006), refere no seu estudo que a performance de um nadador em prova, para além de outros fatores é influenciada pela forma como os nadadores definem a sua estratégia para controlar a sua VN, DC e FG, durante as várias fases da sua prova. De acordo com este autor, para provas de 200m e mais longas, a DC diminui com a fadiga e os nadadores mais rápidos compensam esta situação com o aumento da FG no final da prova.

Minghelli & Castro (2010), reforça também que a DC, a FG e a VN são parâmetros cinemáticos muito importantes para a eficiência de nado, na técnica de crol. Estes autores referem, também, que o IN é também um parâmetro importante, sendo calculado através do produto entre a DC e a VN.

Relativamente à eficiência propulsiva ( $np$ ), estima-se que seja de aproximadamente 50% na técnica de crol, em nadadores *experts* (Pendergast *et al.*, 2003; Toussaint *et al.*, 1998).

De acordo com Hollander *et al.* (1986), os membros superiores têm uma contribuição de 90% na  $np$ . Assim, e de acordo com este autor, para o cálculo da  $np$ , recorreremos à seguinte equação:

$$\eta_p = \left( \frac{v \cdot 0,9}{2\pi \cdot FG \cdot l} \right) \cdot \frac{2}{\pi} \quad (\text{equação 2})$$

Na equação:

$v$  = velocidade de nado

$l$  = comprimento do membro superior

$FG$  = Frequência Gestual

A equação 2 consiste na estimação da eficiência de Froude (Hollander, 1986). A diferença entre a eficiência de Froude e a eficiência propulsiva decorre da primeira não tomar em consideração o efeito do trabalho mecânico interno para o trabalho mecânico total produzido. Contudo, dada a amplitude de velocidades que os nadadores jovens atingem, o trabalho mecânico interno pode ser considerado negligenciável (Zamparo *et al*, 2005). Portanto, nesta circunstância, a eficiência propulsiva apresenta um valor próximo da eficiência de Froude.

Diversos estudos foram desenvolvidos no sentido de compreender a dependência da  $np$ , de características biomecânicas e antropométricas, assim como, a sua influência na performance. Teoricamente foi definida a existência de uma relação direta entre a  $np$  e a DC e inversa entre a  $FG$  (Toussaint & Hollander, 1994). Por outro lado, sugere-se a existência de uma associação significativa entre a  $np$  e diversas características antropométricas. Por exemplo, a envergadura pode induzir aumentos da DC e, consequentemente, aumentos na  $np$  (Toussaint, 1990). Paralelamente, verificou-se que os nadadores *experts* apresentavam valores superiores de  $np$  (Toussaint, 1990) e que esta era superior na prova em que o nadador era especialista (Cappaert *et al.*, 1992).

Para o cálculo da DC, utilizámos a seguinte equação (Craig & Pendergast, 1979):

$$DC = VN / FG \text{ (equação 3)}$$

A VN foi calculada através da seguinte equação:

$$VN = d / t \text{ (equação 4)}$$

Onde VN é a velocidade de nado ( $\text{m.s}^{-1}$ ),  $d$  é a distância percorrida (m) e  $t$  o tempo gasto para percorrer a distância nadada (s).

Para o IN foi utilizada a seguinte equação:

$$IN = VN * DC \text{ (equação 5)}$$

### **CAPITULO III: OBJETIVOS, HIPÓTESES, TIPO DE PESQUISA**

---

### **3. Objectivos, Hipóteses e Tipos de Pesquisa**

#### **3.1 Objectivos do estudo**

Este trabalho tem como propósito estudar o significado do parâmetro VCA<sub>n</sub> na natação pura desportiva, explorando diferentes distâncias para a sua determinação.

O objetivo geral do estudo consiste em aprofundar os conhecimentos relativos ao significado do conceito de VCA<sub>n</sub> na sua relação com o desempenho do nadador e como instrumento de avaliação e controlo do treino anaeróbio, em nadadores juniores e seniores.

Pretende-se, com este estudo, aplicar este novo conceito de VCA<sub>n</sub> numa série de treino anaeróbio, na técnica de crol, e assim verificar a resposta metabólica do nadador a uma série nadada nesta velocidade.

Em simultâneo serão analisadas as  $[La^-]$  no final de cada percurso, para determinação do LAn, assim como variáveis cinemáticas, como a frequência gestual, distância de ciclo, índice de nado, velocidade de nado e eficiência propulsiva.

#### **3.2 Hipóteses do estudo**

As hipóteses de estudo serão as seguintes:

H<sub>1</sub>: A VCA<sub>n</sub> é um parâmetro anaeróbio de controlo do treino e de predição do desempenho, na distância de 100m, na técnica de crol.

H<sub>2</sub>: A VCA<sub>n</sub> correlaciona-se de forma elevada e significativa com as velocidades de nado obtidas na distância de 100m, na técnica de crol.

H<sub>3</sub>: A VCA<sub>n</sub> corresponde à velocidade de nado de uma série de treino anaeróbio, com  $[La^-] > 4 \text{ m.mol.l}^{-1}$ .

H<sub>4</sub>: O aumento da distância nadada, altera a técnica de nado de forma significativa, no teste de 150m à VCA<sub>n</sub>.

### 3.3 Tipo de pesquisa

Os indivíduos que compõem a amostra realizaram dois testes, tendo sido realizado o primeiro teste para cálculo da VCA<sub>n</sub>, através de três distâncias de nado (15m, 25m e 50m) e o segundo teste para cálculo da distância nadada à VCA<sub>n</sub>, sendo este composto por uma distância de 150 m, nadada à VCA<sub>n</sub>.

As variáveis dependentes da pesquisa são a VCA<sub>n</sub>, na técnica de crol; a [La-], medida no final do percurso de 150m nadado à VCA<sub>n</sub> e as variáveis cinemáticas (FG, DC, VN, IN e *np*), medidas durante ambos os testes.

As variáveis independentes, as distâncias de nado: 15m, 25m, 50m, para o cálculo da VCA<sub>n</sub> e a distância de 150m, no teste de 150 m, nadado à VCA<sub>n</sub>.

Trata-se de um estudo quase experimental, pois a seleção da amostra foi do tipo não casual, em virtude do estudo se realizar na realidade específica da natação pura competitiva, e se pretender uma homogeneidade elevada no que respeita às principais características dos elementos observados.

## **CAPITULO IV: METODOLOGIA**

---

## **4. Metodologia**

### **4.1 Seleção da amostra**

A amostra deste estudo foi composta por dez (10) nadadores portugueses do sexo masculino inscritos na Federação Portuguesa de Natação, com um elevado nível competitivo de natação pura, pertencentes aos escalões de Juniores e Seniores.

Como referimos anteriormente, no ponto 3.3 deste trabalho, a seleção da amostra foi do tipo não casual, em virtude do estudo se realizar na realidade específica da natação pura competitiva, e se pretender uma homogeneidade elevada no que respeita às principais características dos elementos observados.

### **4.2 Caraterização da amostra**

Tendo como principal objetivo melhorar a caraterização do grupo em estudo, todos os nadadores pertencentes à amostra foram esclarecidos previamente relativamente a todos os procedimentos do estudo, tendo concordado em participar nos mesmos. Para isso, foi assinada pelos nadadores e treinador uma declaração de aceitação na participação do estudo. No caso dos nadadores menores, esta declaração foi assinada pelos encarregados de educação.

No quadro 4, apresentados os valores individuais (média e desvio padrão) correspondentes às características gerais dos nadadores que constituíram a amostra.



**Quadro 4:** Caracterização da amostra (n=10), através da média e desvio-padrão, para as variáveis Idade (anos), Altura (m), Comprimento do Membro Superior (cm), Envergadura (m), Peso (kg) e Marca Pessoal aos 100 m Livres (s)

	Idade (anos)	Altura (cm)	Comprimento do MS (cm)	Envergadura (cm)	Peso (kg)	Marca Pessoal 100m Livres (s)
<b>Média ±</b>						
<b>Desvio Padrão</b>	16,90±2,56	177±10,00	78,32±5,23	179±10,00	73,94±6,02	59,55±3,78

Cada sujeito realizou um conjunto de medições iniciais no que concerne à altura, envergadura e comprimento do membro superior. A avaliação do peso foi realizada através de uma balança eletrónica. Os procedimentos utilizados para as recolhas antropométricas foram de acordo com Fragoso & Vieira (2005). O tempo dos nadadores foi retirado no momento da recolha na base de dados das competições oficiais, disponível em [www.swimrankings.net](http://www.swimrankings.net).

### 4.3 Condições de execução

A recolha dos dados foi realizada na piscina 50m coberta e climatizada de Rio Maior, com a água a uma temperatura de 27°.

Os nadadores realizaram um aquecimento prévio, de 1000 m em regime aeróbio ligeiro, e após 10 m de repouso realizaram os testes para cálculo da VCA individual.

#### 4.3.1. Velocidade crítica anaeróbia

Apresentamos de seguida, a equação de determinação da Velocidade Crítica:

$$y = a * x + b \text{ (equação 1)}$$

A VCA<sub>n</sub> foi calculada através da reta de regressão linear entre a distância e o tempo de nado, registados aos 15 m, 25 m, e 50 m, de acordo com Wakayoshi *et al.*, (1992). Estas distâncias foram realizadas à máxima velocidade e na técnica de crol. A partida foi efetuada dentro de água sem impulso na parede.

Os testes para cálculo da VCA<sub>n</sub> individual foram realizados no período da manhã, e os testes para o cálculo da distância nadada à VCA<sub>n</sub> foram realizados no período da tarde.

Entre cada patamar para o cálculo da VCA<sub>n</sub> (15m, 25m e 50m), os nadadores efetuaram um intervalo de 30 min, procurando a recuperação completa, para que os nadadores pudessem realizar todas as distâncias à velocidade máxima, uma vez que de acordo com (Wilmore & Costill, 2000), o organismo necessita de 30 m para que o pH celular volte ao nível de repouso após a realização de um exercício máximo.

Para efeitos de medição da distância nadada à VCA<sub>n</sub> cada um dos nadadores realizaram uma distância máxima de 150m de nado com 9 pontos intermédios de controlo (50 m, 62,5 m, 75 m, 87,5 m 100 m, 112,5 m, 125 m, 137,5 m e 150m), à VCA<sub>n</sub> previamente calculada. Após a realização de 2 percursos com velocidade de nado inferior à VCA<sub>n</sub> terminaram o protocolo. Para efeitos de VCA<sub>n</sub> foi considerada a primeira distância onde o nadador realizou uma velocidade de nado inferior à VCA<sub>n</sub>.

A velocidade de nado foi controlada através de sinal acústico a cada 12,5 m.

Foram avaliados e registados os seguintes dados:

- Cálculo da VCA<sub>n</sub> com base em diferentes distâncias de nado, na técnica de crol (calculada através da reta de regressão linear entre a distância e o tempo de nado, de acordo com Wakayoshi *et al.*, 1992, registados aos 15 m, 25 m, e 50 m).

- O melhor tempo de prova nos 100 m livres, realizado em competição oficial na época anterior, em piscina de 50 m ([www.swimravings.net](http://www.swimravings.net)), na época desportiva 2010-2011. Foram retirados os seguintes dados:

- V prova 100 m livres: Para este parâmetro foram utilizados os últimos tempos de nado em competição, em piscina de 50m, na prova de 100m.
- V 1º 50m: Relativamente a este parâmetro, foram utilizados os tempos do primeiro parcial de 50 m da prova de 100 m livres utilizada para o cálculo da V prova 100 m livres.
- V 2º 50m: Relativamente a este parâmetro, foram utilizados os tempos do segundo parcial de 50 m da prova de 100 m livres utilizada para o cálculo da V prova 100 m livres.

#### 4.3.2. Concentração de lactato

No final do percurso de 150 m às VCAn, procedeu-se à recolha de sangue capilar para determinação da [La-], aos 3º e 5º min de forma a obter o valor mais elevado de [La-]. O parâmetro basal foi retirado antes do início dos testes.

Foram avaliados e registados os seguintes dados:

- Avaliação da acumulação de lactato sanguíneo (Accutrend Lactate, da AccuSport, e tiras reagentes enzimáticas BMLactate, Roche®. O equipamento utilizado encontra-se referenciado em estudos como os de Silva *et al.*, 2007, e Guedes *et al.*, 2011). No final do percurso de 150 m à VCAn, procedeu-se à recolha de 3 amostras sangue capilar para determinação da [La-], de acordo com os seguintes momentos:

- 0: Basal; 1- Após o 1º minuto- 2: Após o 3º minuto; - 3: Após o 5º minuto.

Pretendeu-se com esta medição de [La-] determinar o valor máximo dos nadadores em cada um dos testes.

#### 4.3.3. Parâmetros antropométricos

- Altura, envergadura e comprimento do membro superior (Antropómetro de *Rudolf Martin*).

Neste trabalho as medidas Antropométricas foram obtidas seguindo os pontos de referência definidos pelo ISAK (Fragoso & Vieira, 2005):

- Altura Total ou Estatura – é a distância do vértex (ponto superior da cabeça) ao solo (cm), medida com os nadadores descalços;
- Envergadura – é a distância entre os dois dactylions (ponta do dedo médio) medida em linha reta (cm);
- Comprimento do Membro Superior (*Acromial-Dactylion*) – é a distância medida em linha reta entre o ponto acromial e o ponto dactylion (cm);

Para estas recolhas foi utilizado o Antropómetro de *Rudolf Martin*, que é constituído por uma haste metálica graduada de zero a 2,10m, que para facilidade de transporte está separada em quatro partes iguais. Sobre a haste graduada desliza um cursor a que se pode fixar uma régua que fica numa posição perpendicular em relação à haste. A régua movimenta-se com o cursor tanto de cima para baixo como da esquerda para a direita. A leitura é feita na haste graduada, dentro da janela do cursor, devendo zero ficar colocado no solo. A mão não dominante mantém o antropómetro na posição desejada enquanto a mão dominante orienta a ponta da régua para o ponto de referência. Destina-se a medidas obtidas no sentido vertical, normalmente alturas. Os examinados colocaram-se em posição vertical.

- Peso, segundo os procedimentos definidos pelo ISAK (Fragoso & Vieira, 2005), (Balança eletrónica marca “Thompson”).

- Idade (apresentação de documento oficial, para registo da idade).

#### 4.3.4. Parâmetros cinemáticos

Foram registados os seguintes dados cinemáticos:

- Frequência Gestual (FG), registadas em 3 ciclos de nado (Crono frequencímetro, marca “Seiko”, base 3). Numa distância de 10m, foi registada a

FG e o tempo gasto para percorrer a distância acima mencionada. A DC foi calculada através da equação 3.

Os dados cinemáticos, necessários para o cálculo de cada uma das variáveis, foram medidos numa distância de 10m, em cada um dos seguintes percursos:

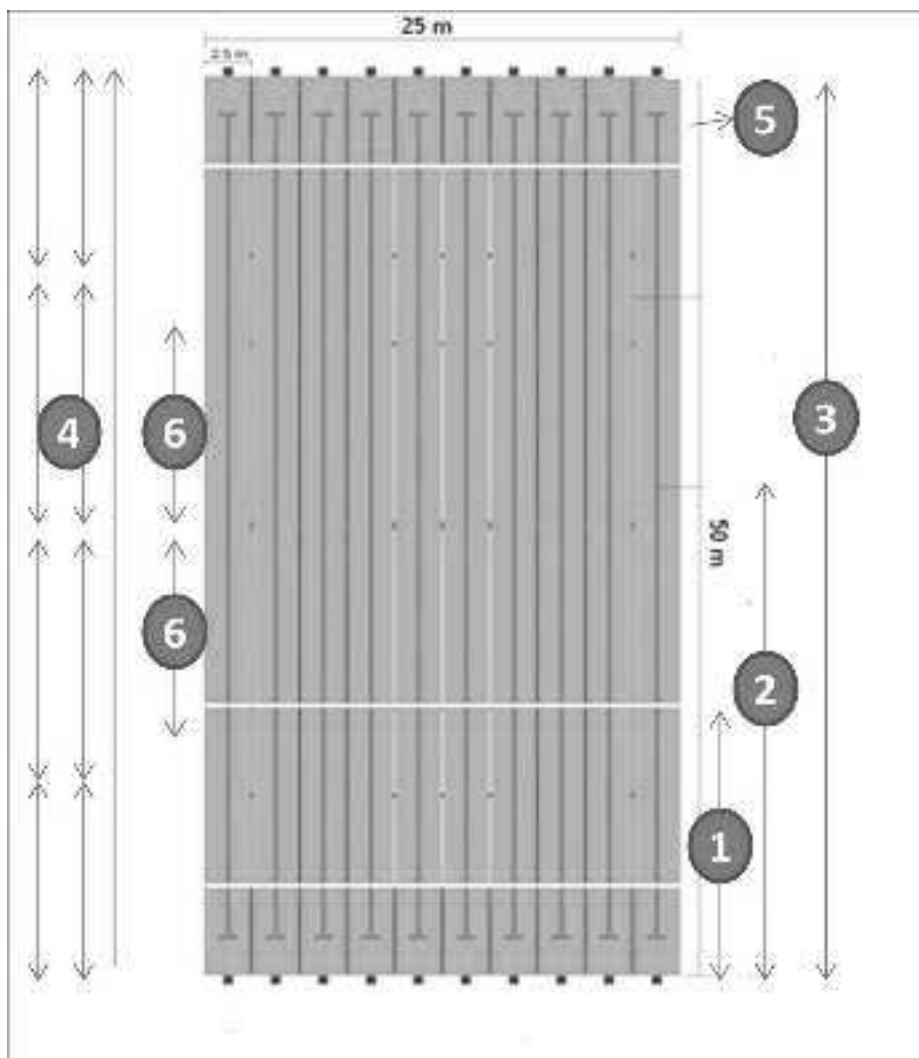
- Teste dos 25m para o cálculo da VCA<sub>n</sub> (medição efetuada entre os 15 e os 25m);
- Teste dos 50m para o cálculo da VCA<sub>n</sub> (medição efetuada entre os 15 e os 25m);
- Teste dos 150m nadado à VCA<sub>n</sub> previamente calculada:
  - 1º Percurso - 50m (medido entre os 15 e os 25m);
  - 2º Percurso – 100m (medido entre os 65 e 75m);
  - 3º Percurso – 150m (medido entre os 115 e os 125m).

Os dados cinemáticos analisados foram:

- FG, DC, VN, IN e *np*.

De seguida, na Figura 1, apresentamos a esquematização das várias variáveis medidas.

**Figura1:** Esquematização das várias variáveis medidas nos protocolos de recolhas



Legenda:

- 1 – Teste de 15 m para cálculo da VCA<sub>n</sub>
- 2 – Teste de 25 m para cálculo da VCA<sub>n</sub>
- 3 – Teste de 50 m para cálculo da VCA<sub>n</sub>
- 4 – Teste de 150 m, nadado à VCA<sub>n</sub>
- 5 – Recolha de lactatos, após o teste de 150 m à VCA<sub>n</sub>
- 6 – Medição da FG e tempo de nado, em 10 m (entre os 15 e os 25 m, e entre os 65 e os 75m), para cálculo das variáveis cinemáticas

### 4.3 Tratamento e análise estatística dos dados

A análise estatística dos dados foi realizada através do package específico SPSS 18.0 (Science, Chicago, USA) para Windows e os gráficos elaborados no Microsoft Excel para Windows.

Os procedimentos estatísticos, do presente estudo, consistiram em:

- a) Análise descritiva de todos os dados obtidos, utilizando como medida de tendência central a média e de dispersão o desvio-padrão com o intuito de caracterizar a amostra relativamente às variáveis em estudo.
- b) A análise dos dados relativos à construção da reta de regressão linear da VCA<sub>n</sub> média, com respetiva representação gráfica, com as respetivas distâncias anaeróbias e respetivos tempos de nado, permitiu a obtenção de uma reta do tipo  $y = ax + b$ , em que  $y$  equivale à distância (m),  $a$  é o declive da reta correspondente à VCA<sub>n</sub> (m.s<sup>-1</sup>),  $x$  corresponde ao tempo (s) e  $b$  é o valor da ordenada na origem.
- c) Utilização da técnica estatística coeficiente de correlação de *Spearman*, para relacionar a VCA<sub>n</sub> e a velocidade de prova aos 100 m livres e respetivos parciais, para a VCA<sub>n</sub> com a [La<sup>-</sup>] e para relacionar a  $np$  com as variáveis antropométricas e cinemáticas. Foi utilizada a correlação de *Spearman*, uma vez que o  $n$  da amostra é reduzido, pelo que é recomendado a utilização de um coeficiente não paramétrico, baseado no número de ordem dos pares das observações em cada uma das variáveis. As diferenças foram consideradas significativas quando  $p \leq 0,05$  ou quando  $p \leq 0,01$ , para os casos devidamente assinalados.
- d) Para garantir que os resultados sejam generalizáveis e aplicáveis a grupos fora deste enquadramento experimental vamos procurar controlar as ameaças à validade externa, nomeadamente a interferência de tratamentos múltiplos, a especificidade das variáveis, os efeitos resultantes do investigador e sentimentos e atitudes dos sujeitos.

## **CAPITULO V: APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS**

---



## 5 Apresentação dos resultados

No presente capítulo irá ser efetuada a apresentação dos resultados, para todas as variáveis, sempre de acordo com a ordem dos procedimentos utilizados.

Inicialmente para cada categoria de parâmetros serão apresentados os resultados relativos à estatística descritiva no que concerne às variáveis:

- Valores absolutos das diferentes velocidades: VCA<sub>n</sub> e V 100 m máx;
- Valores absolutos dos tempos e respetivas distâncias realizadas;
- Valores absolutos de [La<sup>-</sup>];
- Correlações entre a VCA<sub>n</sub> e V 100 m máx;
- Correlações entre a VCA<sub>n</sub> e [La<sup>-</sup>];
- Valores absolutos de DC, FG, VN, IN e *np*, no teste de 150m à VCA<sub>n</sub>.

### 5.1 Relação entre distância de nado e tempo de nado

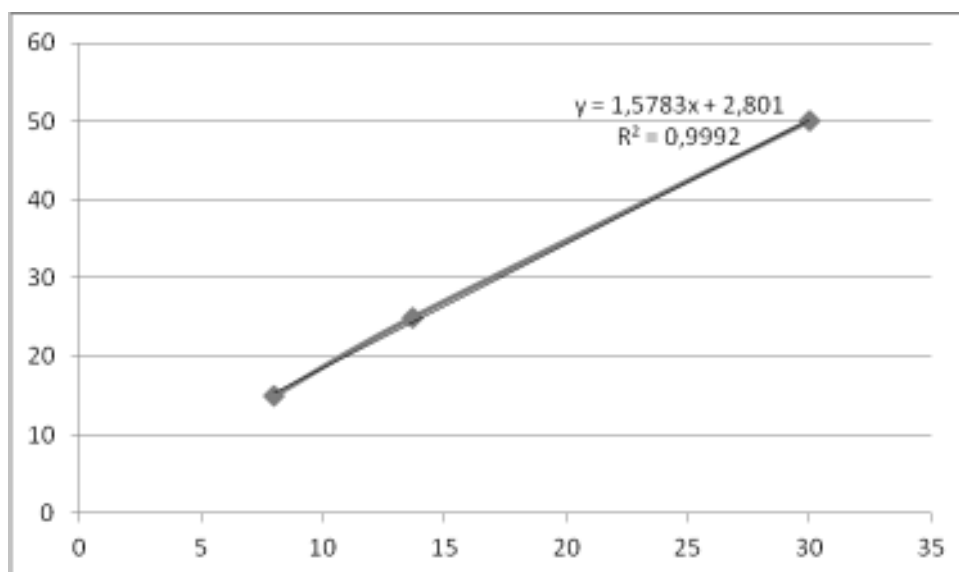
No quadro 5 são apresentados os valores obtidos nos testes realizados no primeiro momento, na técnica de crol, através dos quais pudemos determinar a VCA<sub>n</sub>, recorrendo à regressão linear, individualmente, obtendo assim uma reta do tipo  $Y = a x + b$ , com um coeficiente de correlação de  $r^2$ .

**Quadro 5:** Valores médios e respetivo desvio-padrão de: velocidade crítica anaeróbia (VCA<sub>n</sub>), valores da ordenada na origem, (b) e coeficiente de correlação ( $r^2$ ), na técnica de crol.

	VCA <sub>n</sub> (m.s <sup>-1</sup> )	b (m)	$r^2$
<b>Média ± desvio-padrão</b>	1,58±0,08	2,80±0,98	0,99±0,00

Recorrendo aos valores médios e seus respetivos desvios-padrão, obtemos o gráfico representado na figura 2.

**Figura2:** Crescimento médio da distância (m) em função do tempo de nado (s), na técnica de crol



A relação encontrada na técnica de crol entre as distâncias nadadas à velocidade máxima (15m, 25m e 50m), e o tempo poderá ser traduzida por uma função linear com uma correlação próximo de 1, como podemos verificar através do quadro 5 e no gráfico dos valores médios apresentados na figura 2.

O valor médio de **a** (que corresponde à VCA<sub>n</sub>) foi de  $1,58 \pm 0,08$  (m.s<sup>-1</sup>), o valor de **r**<sup>2</sup> de  $0,9992 \pm 0,0023$  e o valor de **b** de  $2,80 \pm 0,98$  m.

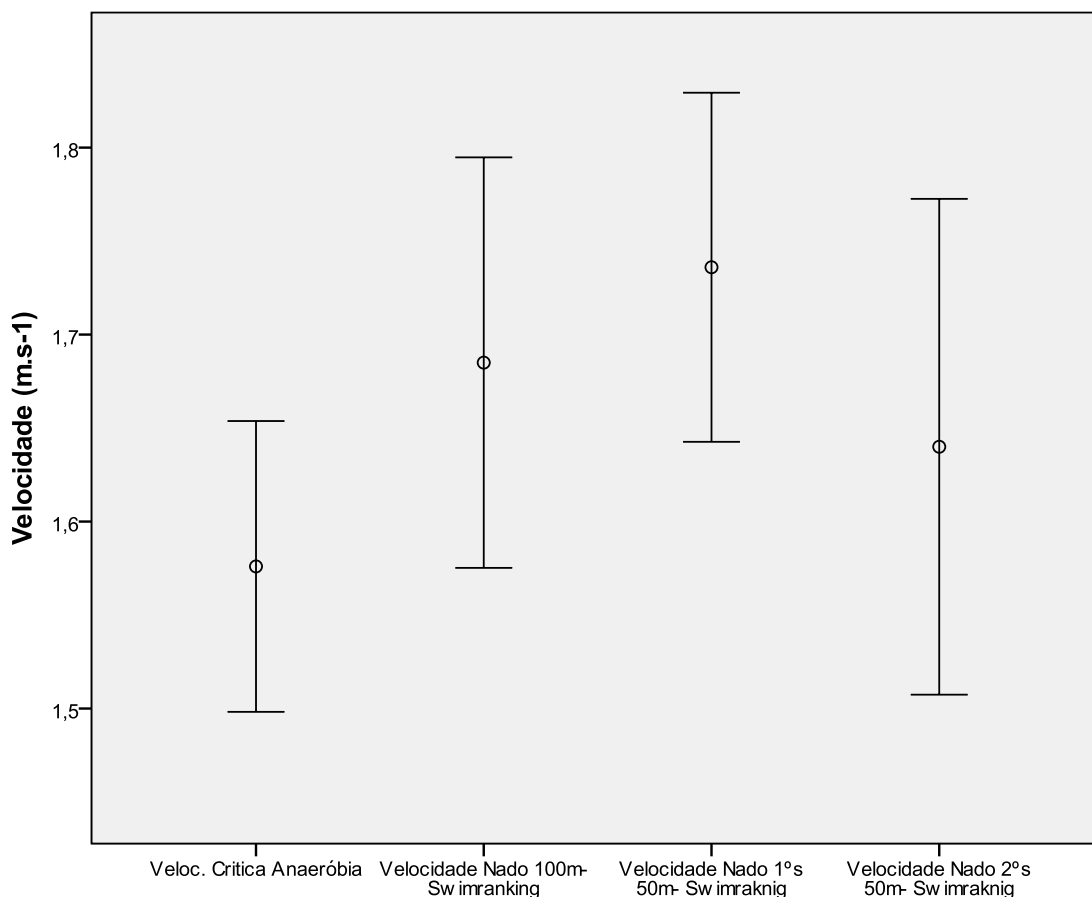
## 5.2 Valores da velocidade crítica anaeróbia e velocidade da prova de 100 m livres

No quadro 6 apresentamos os valores médios ( $\pm$  desvio-padrão) da VCA<sub>n</sub> e dos tempos de nado à VCA<sub>n</sub>, na técnica de crol, assim com os valores de 100 m e seus parciais.

**Quadro 6:** Médias e respetivos desvios-padrão dos valores de VCA<sub>n</sub> e dos tempos de prova de 100 m livres.

Parâmetros	Crol (n=10)
VCA <sub>n</sub> (tempo aos 100 m)	$63,59 \pm 3,10$
Prova 100 m (s)	$59,93 \pm 4,58$
VCA <sub>n</sub> (tempo aos 50 m)	$31,80 \pm 1,55$
Prova 100 m – 1º parcial 50 m (s)	$28,75 \pm 1,79$
Prova 100 m – 2º parcial 50 m (s)	$30,98 \pm 2,88$
VCA <sub>n</sub> (m.s <sup>-1</sup> )	$1,58 \pm 0,08$
Prova 100 m (m.s <sup>-1</sup> )	$1,68 \pm 0,12$
Prova 100 m – 1º parcial 50 m (m.s <sup>-1</sup> )	$1,73 \pm 0,10$
Prova 100 m – 2º parcial 50 m (m.s <sup>-1</sup> )	$1,63 \pm 0,15$

**Figura 3:** Valores de média e respetivo desvio-padrão da VCA<sub>n</sub> ( $\text{m.s}^{-1}$ ), V prova 100 m ( $\text{m.s}^{-1}$ ), 1º percurso de 50 m da V prova 100 m ( $\text{m.s}^{-1}$ ) e 2º percurso da V prova 100 m ( $\text{m.s}^{-1}$ ).



Na figura 3, são apresentados os valores das médias  $\pm$  desvio-padrão das velocidades obtidas ( $\text{m.s}^{-1}$ ), nas seguintes variáveis:

- VCA<sub>n</sub>: Para o cálculo da reta de regressão foram medidos os tempos de nado em três distâncias (15m, 25m e 50 m).

- V prova 100 m livres;

- 1º parcial de 50m da V prova 100 m livres;

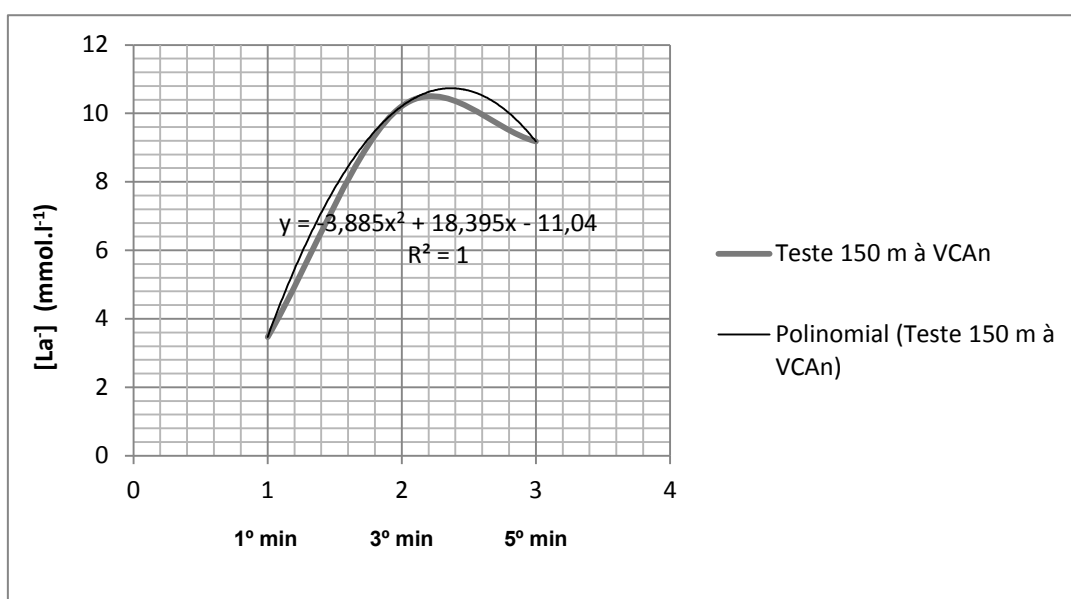
- 2º parcial de 50m da V prova 100 m livres.

Como já referimos anteriormente, o valor da VCA<sub>n</sub> foi de  $1,58 \pm 0,08$  ( $\text{m.s}^{-1}$ ), o valor de V prova 100 m livres foi de  $1,68 \pm 0,12$  ( $\text{m.s}^{-1}$ ), o do 1º parcial de 50 m da V prova 100 m livres foi de  $1,73 \pm 0,10$  ( $\text{m.s}^{-1}$ ) e o do 2º parcial de 50 m da V prova 100 m livres foi de  $1,63 \pm 0,15$  ( $\text{m.s}^{-1}$ ).

O valor máximo de velocidade foi atingido no 1º parcial de 50 m da V prova 100 m livres, atingindo o valor de  $1,73 \pm 0,10$  (m.s<sup>-1</sup>). O valor mais próximo da VCAN foi atingido no 2º parcial de 50 m da V prova 100 m livres, atingindo o valor de  $1,63 \pm 0,15$  (m.s<sup>-1</sup>)

### 5.3 Valores de Concentração de lactato

**Figura 4:** Gráfico da [La<sup>-</sup>] no teste de 150 m à VCAN e respetiva reta polinomial



O ponto 1 representa o parâmetro basal, o ponto 2 a medição ao 3º minuto e o ponto 3 a medição ao 5º minuto, após a realização do teste de 150 m à VCAN.

Na figura 4, é apresentada a reta que representa da tendência evolutiva do [La<sup>-</sup>], medida no teste de 150 m à VCAN.

No teste 150 m à VCAN o ponto médio de [La<sup>-</sup>] foi de 10,21 m.mol.l<sup>-1</sup>, medido ao terceiro minuto após a realização do percurso estabelecido. O valor médio de [La<sup>-</sup>] basal medido antes da realização do teste foi de 3,47 m.mol.l<sup>-1</sup>.

#### 5.4 Relação entre velocidade crítica anaeróbia e velocidade da prova dos 100 m livres e seus parciais

Através do quadro 7 podemos observar as correlações entre a VCA<sub>n</sub> e a velocidade da prova de 100 m, e os seus parciais, na técnica de crol.

Foi utilizado o método do coeficiente de correlação de *Spearman*. O objetivo foi verificar o nível de correlação entre as variáveis acima apresentadas.

A Diferença entre a data das recolhas da VCA<sub>n</sub> e dos tempos dos 100 m livres, realizados em competição oficial, foi de  $3,77 \pm 0,76$  meses.

**Quadro 7:** Correlações entre a VCA<sub>n</sub> e a velocidade de prova dos 100 m, 1º e 2º parcial de 50 m.

	V prova 100 m livres	1º 50 m da	2º 50 m da
		V prova 100 m livres	V prova 100 m livres
VCA <sub>n</sub> – Crol	0,83 (p=0,003)	0,89 (p=0,001)	0,86 (p=0,003)

No quadro 7 verificámos a correlação existente entre as seguintes variáveis:

- VCA<sub>n</sub> e V prova 100 m livres;
- VCA<sub>n</sub> e 1º percurso de 50m da V prova 100 m livres;
- VCA<sub>n</sub> e 2º percurso de 50m da V prova 100 m livres.

Podemos verificar que existe uma correlação forte e significativa entre a VCA<sub>n</sub> e a velocidade de nado dos primeiros 50 m, dos segundos 50 m e a velocidade de nado dos 100 m.

### 5.5 Relação entre velocidade crítica anaeróbia e concentração de lactato

No quadro 8 podemos observar as correlações existentes entre a VCAN e a  $[La^-]$  medida após a realização dos 150 m nadados à VCAN.

Foi utilizado o método do coeficiente de correlação de *Spearman*. O objetivo foi verificar o nível de correlação entre as variáveis acima apresentadas.

**Quadro 8: Correlações entre VCAN e  $[La^-]$**

	$[La^-]$
VCAN – Crol	0,68 (p=0,032)

No quadro 8 verificámos a correlação existente entre as seguintes variáveis:

- VCAN e  $[La^-]$ .

Podemos verificar que existe uma correlação moderada e significativa entre a VCAN e a  $[La^-]$ , o que poderá indicar que o parâmetro de VCAN é um bom preditor de desempenho da performance dos nadadores, em regime anaeróbio.

### 5.6 Distância nadada à velocidade crítica anaeróbia

Para a medição da distância nadada à VCAN foram medidos os tempos em cada um dos parciais (50m, 62,50m, 75m, 87,50m, 100m, 112,50m, 125m, 137,50m e 150m).

No quadro 9 podemos observar os valores médios e respetivo desvio-padrão da distância nadada à VCAN pela totalidade dos sujeitos da amostra.

**Quadro 9:** Valores médios e respetivo desvio-padrão da distância nadada à VCA<sub>n</sub>, na técnica de crol.

	Valor
Distância nadada à VCA <sub>n</sub> (m)	96,25±25,03

A distância média nadada à VCA<sub>n</sub>, que foi de 96,25 m ± 25,03 m.

### 5.7 Variáveis cinemáticas

No quadro 10, são apresentados os valores médios e o respetivo desvio-padrão, relativos às seguintes variáveis cinemáticas:

- Frequência Gestual (FG); - Distância de Ciclo (DC); - Índice de Nado (IN); - Velocidade de Nado (VN); - Eficiência Propulsiva (*np*).

**Quadro 10:** Valores médios e desvio-padrão de Frequência Gestual (FG), Distância de Ciclo (DC), Velocidade de Nado (VN), Índice de Nado (IN) e Eficiência propulsiva (*np*)

	Teste 150 m				
	Teste 25 m	Teste 50 m	1º	2º	3º
	(1)	(2)	Percurso	Percurso	Percurso
			(3)	(4)	(5)
FG (hz)	0,93±0,06	0,82±0,08	0,72±0,08	0,65±0,05	0,62± 0,07
DC (m)	1,58±0,13	1,35±0,14	1,15±0,13	0,93±0,09	0,84±0,08
IN (m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> )	2,69±0,28	2,22±0,28	1,84±0,26	1,33±0,21	1,13±0,21
VN (m.s <sup>-1</sup> )	1,70±0,07	1,64±0,07	1,60±0,09	1,43±0,11	1,35±0,07
<i>np</i> (%)	21,87±1,38	23,71±2,25	26,65±3,18	25,87±2,69	25,46±4,46



Os valores apresentados, no geral, estão dentro das referências existentes na literatura, sendo que a  $np$ , apresenta valores bastante inferiores aos 50% referenciados na literatura.

De acordo com os dados apresentados no Quadro 10, iremos realizar duas análises distintas:

1 – Análise do comportamento das várias variáveis cinemáticas no primeiro percurso de nado em cada um dos testes (25 m, 50 m e 150 m), isto é, utilizando as mesmas distâncias de medição (entre os 15 m e os 25 m) para a análise da variação das variáveis cinemáticas. Foi então verificada a diferença em primeiro lugar entre o teste de 25 m e o teste de 50 m e de seguida entre o teste de 50 m e o primeiro percurso do teste de 150 m.

Assim, verificamos que a Frequência Gestual diminuiu primeiro em 11,83%, e posteriormente em 13,89%.

Relativamente à Distância de Ciclo, diminuiu primeiro em 14,56% e posteriormente em 17,39%.

Já a Velocidade de Nado, diminuiu primeiro em 3,53%, e posteriormente em 2,50%.

No que diz respeito ao Índice de Nado, diminuiu primeiro 17,47%, e posteriormente em 20,65%.

A Eficiência Propulsiva, aumentou primeiro 8,41%, e posteriormente em 11,03%.

2 – Análise do comportamento das várias variáveis cinemáticas entre cada percurso do teste de 150 m nadado à VCA<sub>n</sub> previamente calculada. Foi-se então verificar a diferença em primeiro, segundo e terceiro percurso do teste de 150m.

Assim, verificamos que a Frequência Gestual diminuiu primeiro em 10,77%, e posteriormente em 6,56%.

Relativamente à Distância de Ciclo, diminuiu primeiro em 23,66%, e posteriormente em 10,71%.

Já a Velocidade de Nado, diminuiu primeiro em 11,89%, e posteriormente em 5,93%.

O Índice de Nado, diminuiu primeiro em 38,35%, e posteriormente em 17,71%.

A Eficiência Propulsiva, diminuiu primeiro em 3,02%, e posteriormente aumentou em 0,46%.

Verifica-se que existem variações mais elevadas entre o 1º e o 2º percurso do teste de 150 m, sendo que entre o 2º e o 3º percurso as variações são bastante inferiores.

O quadro 11 apresenta a associação entre a eficiência propulsiva com as variáveis antropométricas, cinemáticas e de velocidade de nado, e respetiva significância estatística.

Foi utilizado o método do coeficiente de correlação de *Spearman*. O objetivo foi verificar o nível de correlação entre a *np* e as variáveis apresentadas no quadro 11.

Para efeitos de correlação, foi utilizado primeiro percurso do teste de 150 m, por ser ter sido o único que foi realizado à VCA<sub>n</sub> por todos os nadadores.

Como podemos observar no quadro 11, verifica-se a correlação existente entre a *np* e a FG (-0,87 e  $p \leq 0,01$ ) e a DC (-0,73 e  $p \leq 0,05$ ).

**Quadro 11:** Associação entre a eficiência propulsiva (*np*), no primeiro percurso do teste de 150 m, as variáveis cinemáticas e as restantes variáveis, medidas no mesmo percurso e respetiva significância estatística

<b>Variáveis correlacionadas com a <i>np</i></b>	<b>Correlação de <i>Spearman</i></b>	<b><i>P</i></b>
<b>Altura</b>	0,21	<i>ns</i>
<b>Peso</b>	0,29	<i>ns</i>
<b>Envergadura</b>	-0,55	<i>ns</i>
<b>Idade</b>	0,47	<i>ns</i>
<b>Cump. MS</b>	-0,33	<i>ns</i>
<b>VCA<sub>n</sub></b>	0,29	<i>ns</i>
<b>FG</b>	-0,87*	$p \leq 0,01$
<b>DC</b>	-0,73**	$p \leq 0,05$
<b>IN</b>	-0,55	<i>ns</i>
<b>VN</b>	0,15	<i>ns</i>
<b>V100m prova</b>	0,12	<i>ns</i>

\*  $p \leq 0,01$

\*\*  $p \leq 0,05$

*ns*: Não significativo

## **CAPITULO VI: DISCUSSÃO DE RESULTADOS**

---

## 6 Discussão de resultados

### 6.1 Relação entre o valor da distância e tempo de nado

Como referimos nos objetivos do estudo, um dos nossos propósitos prendeu-se em estudar o significado do parâmetro VCA<sub>n</sub> em NPD, explorando diferentes distâncias para a sua determinação, e analisar a relação da VCA<sub>n</sub> com o desempenho do nadador em distâncias iminentemente curtas (entre os 50m e os 150m), bem como a sua aplicabilidade como instrumento de avaliação e controlo de treino anaeróbio.

No nosso estudo a VCA<sub>n</sub> foi calculada recorrendo à reta de regressão linear entre a distância de nado e o tempo correspondente, através das distâncias de 15m, 25m e 50m, nadadas à velocidade máxima, com partida dentro de água. O protocolo utilizado foi adaptado do cálculo da velocidade crítica, proposto por Wakayoshi *et al.* (1992), que verificaram existir uma elevada linearidade entre *d* e *t* de nado, também verificada através da utilização de 2, 3 ou 4 distâncias de nado e em distâncias curtas de nado (Fernandes *et al.*, 2008).

A distância máxima utilizada para o cálculo da reta de regressão linear encontra-se dentro do espectro de esforços máximos predominantemente anaeróbios, uma vez que a distância máxima utilizada no nosso protocolo foi de 50 m. (Gastin, 2011; Maglischo, 1993; Troup & Trappe, 1994). Assim, o nosso protocolo situou-se predominantemente dentro do espectro anaeróbio.

Antes de iniciar a discussão dos resultados diretamente relacionados com os objetivos do estudo, importa referir que os dados obtidos no teste de 15m, 25m, e 50m, permitiram a obtenção de uma função linear entre a distância e o tempo, essencial para a determinação dos valores da VCA<sub>n</sub>, estando de acordo com Fernandes *et al.* (2008). Efetuámos apenas um pequeno ajuste na primeira distância de nado, substituindo a distância de 12,5m utilizada por Fernandes *et al.* (2008), pela distância de 15 m, uma vez que a distância de 12,5m nos pareceu demasiado curta para nadadores juniores e seniores. Utilizámos a distância de 15 m, uma vez que esta é a distância máxima que o

regulamento de NPD permite para que o nadador inicie o nado à superfície, nas provas de livres.

Entre cada patamar, para cálculo da VCA<sub>n</sub>, os nadadores efetuaram um intervalo de 30 m, para que pudessem recuperar totalmente do esforço máximo (Wilmore & Costill, 2001).

No nosso estudo obtivemos regressões lineares individuais entre os valores de **d** e **t** de nado correspondentes, associados a valores de correlação muito elevados para todos os nadadores, na técnica de crol, apesar de Vilas-Boas *et al.* (1997), sugerirem o ajuste polinomial para distâncias inferiores a 50 m.

Na técnica de crol, os valores de VCA<sub>n</sub> registaram elevada linearidade individual entre a distância percorrida e o tempo correspondente ( $r^2 \geq 0,99$  para todos os nadadores). Os valores de correlação encontrados estão de acordo com estudos recentes, que para a totalidade da amostra registaram valores de  $r^2$  superiores a 0,99 (Fernandes *et al.*, 2008; Neiva *et al.*, 2011). O estudo de Fernandes *et al.* (2008), que fora realizado em jovens nadadores, regista valores médios de VCA<sub>n</sub> inferiores aos da nossa amostra, o que se justifica pelo menor nível competitivo e idades dos sujeitos da amostra, enquanto que o estudo de Neiva *et al.* (2011), que foi realizado com nadadores adultos de nível nacional, apresentou valores de VCA<sub>n</sub> ligeiramente superiores aos da nossa amostra, no estilo de crol, o que se justifica pela diferença de nível competitivo dos sujeitos da amostra.

A elevada linearidade encontrada no nosso estudo, entre os valores de **d** e **t** de nado correspondentes, foi também encontrada em estudos que se debruçaram sobre a VCA<sub>n</sub> (di Prampero *et al.*, 2008; Neiva *et al.*, 2011; Wakayoshi *et al.*, 1992) e demonstra, tal como Fernandes *et al.* (2008) sugerem, ser possível avaliar a VCA<sub>n</sub> usando uma relação linear entre a distância e o tempo de nado correspondentes, podendo utilizar-se os três pontos de referência utilizados no estudo.

Apesar do propósito do nosso estudo não se debruçar sobre os valores de “**b**” podemos verificar que este apresenta-se como um valor que varia entre 1 m e

4 m, sendo esta uma distância demasiado pequena para corresponder à capacidade anaeróbia do nadador, que alguns autores defendem, aquando da determinação da VCA<sub>n</sub> (Dekerle *et al.*, 2006; di Prampero *et al.*, 2007). No entanto, mesmo aquando da determinação da VCA<sub>n</sub>, vários autores mostraram o valor de “b” como muito controverso (Balonas, 2002; Dekerle *et al.*, 2006, 2002; Hill *et al.*, 1995; Soares *et al.*, 2003, 2002; Toussaint *et al.*, 1998), podendo variar de acordo com a metodologia utilizada (Soares *et al.*, 2003). No nosso estudo, este valor corresponde a parte da distância em que os nadadores ainda se encontram na fase de deslize, após o impulso na parede.

## 6.2 Relação entre velocidade crítica anaeróbia e velocidade de prova

Tendo em conta os objetivos específicos do nosso estudo, iremos agora analisar os resultados obtidos relativamente à relação entre a VCA<sub>n</sub> na técnica de crol e a velocidade de prova, nos 100m livres.

Hólmer (1983), refere que para provas de 50m e 100m, a contribuição anaeróbia ronda os 80% ou ainda mais. Assim sendo, seria de esperar alguma relação entre a velocidade da prova dos 100m livres, ou ainda mesmo das velocidades parciais de 50 m com a VCA<sub>n</sub>, já que esta foi calculada recorrendo a distâncias e tempos de nado essencialmente anaeróbios. Foram encontradas relações lineares entre a velocidade de prova dos 100m e a VCA<sub>n</sub>, a velocidade do primeiro parcial de 50m na prova de 100m livres e a VCA<sub>n</sub> e a velocidade do segundo parcial de 50m na prova de 100m livres e a VCA<sub>n</sub>.

Os valores de relação entre a VCA<sub>n</sub> e a velocidade de nado do primeiro parcial e segundo parcial da prova de 100m livres, são idênticos aos descritos na literatura (Fernandes *et al.*, 2008; Neiva *et al.*, 2011), com nadadores do sexo masculino (0,86,  $p \leq 0,01$  e 0,89,  $p \leq 0,01$ ). Verifica-se, também uma elevada correlação entre a VCA<sub>n</sub> e a velocidade na prova de 100m livres (0,83,  $p \leq 0,01$ ), sendo em tudo idênticos aos encontrados por Neiva *et al.* (2011).

A VCA<sub>n</sub> subestima a velocidade dos 100m livres, em prova, em 6,33% na totalidade da amostra do estudo, sendo também um valor em tudo similar ao verificado por Neiva *et al.* (2011).

A velocidade de nado dos 50m de uma prova de 100m, para além de incluir a partida no bloco, aproxima-se muito da velocidade máxima de uma prova de 50m. As relações mais fortes encontradas entre os primeiros 50m da prova de 100m e a VCA<sub>n</sub>, podem relacionar-se com o fato de os valores serem próximo de uma prova de 50m, e a sua componente anaeróbia ser bastante elevada, sendo que os processos anaeróbios contribuem de forma significativa para a produção de esforços máximos e curtos de 30 s (Bouchard *et al.*, 1991; Maglischo, 1993; Troup & Trappe, 1994).

Os tempos dos segundos 50m da prova de 100m aproximam-se mais dos tempos à VCA<sub>n</sub>, sendo que correlação encontrada superior à verificada no primeiro percurso. Tal fato poder-se-á dever ao treino individual de cada nadador, que lhe permite realizar uma segunda parte da prova de 100 m melhor ou pior. Aleixo (2006), num estudo com jovens nadadores de nível regional, sugere que quanto maior é o nível desportivo menor é a relação entre o segundo parcial de 50 m e a VCA<sub>n</sub>, o que vem a ser confirmado no nosso estudo, já que os nadadores são de nível desportivo superior e a relação apresentada inferior.

Tal como Fernandes *et al.* (2008) apontam, o salto de partida não é tido em conta, o que poderá retirar entre 1s a 2s do tempo final de prova, ou até ao tempo do primeiro percurso de 50 m e, apesar de não afetar a correlação entre as velocidade de nado e a VCA<sub>n</sub>, poderá sim reduzir as diferenças existentes entre a VCA<sub>n</sub> e o tempo de prova do primeiro percurso de 50 m ou dos próprios 100 m.

Parece, então, que a VCA<sub>n</sub> pode ser vista como um parâmetro de avaliação anaeróbia, ou mesmo uma forma de predição dos resultados desportivos



### 6.3 Relação entre Velocidade Crítica Anaeróbia e o Limiar Anaeróbio

A ligação da VCA<sub>n</sub> e do LAn tem sido uma das principais temáticas de estudo associadas à VCA<sub>n</sub>, nos últimos anos (Fernandes *et al.*, 2005; Ikuta *et al.*, 1996; Neiva *et al.*, 2011; Wright & Smith, 1994). Nos estudos referidos, constata-se relações fortes entre o teste de VCA<sub>n</sub> e o LAn, provando que a VCA<sub>n</sub> é um ótimo meio de controlo e avaliação da capacidade anaeróbia.

Os resultados por nós apresentados vão ao encontro da literatura, onde a VCA<sub>n</sub> e as variáveis ligadas ao LAn, apresentam correlações positivas e elevadas ( $r=0,68$ ,  $p\leq 0,05$ ), correspondentes a uma elevada linearidade (Dekerle *et al.*, 2006; Dekerle *et al.*, 2002; Fernandes & Vilas-Boas, 1999; Ikuta *et al.*, 1996; Pelayo *et al.*, 2000; Vilas-Boas *et al.*, 1997; Wakayoshi *et al.*, 1992; Wright & Smith, 1994).

O nosso estudo, como os estudos acima referidos, apresenta coeficientes de correlação elevados e positivos, assim como uma elevada linearidade, associada às correlações.

Os valores de incremento da  $[La^-]$  variam ao longo do tempo, segundo uma função quadrática de concavidade virada para baixo, com  $r^2 = 1$ , o que significa que os valores de  $[La^-]$  evoluíram de forma linear ao longo dos tempos das recolhas.

Os valores de  $[La^-]$ , apresentados na figura 4, atingem valores próximos de  $10,5 \text{ mmol.l}^{-1}$ , encontrando-se no espetro de valores de referência de tolerância láctica, dos 8 aos  $20 \text{ mmol.l}^{-1}$ , mencionados por Vilas-Boas (2000) e Maglischo (1984).

Quando nos reportamos às percentagens da velocidade máxima, utilizada por alguns investigadores como referência para a intensidade das séries de treino, podemos verificar que a intensidade média da distância nadada à VCA<sub>n</sub>, corresponde a 94,05% da velocidade de prova de 100m, passando para 91,33% quando comparamos com a velocidade do primeiro parcial de 50 m.

Assim, podemos referir que a série foi realizada a intensidades entre os 90% e os 95%, correspondendo às recomendações para o treino anaeróbio de

tolerância láctica, já que na generalidade, a intensidade recomendada para o treino da tolerância láctica varia entre os 85% e os 95% (Maglischo, 1993, 1986; Olbrecht, 2000; Troup & Trappe, 1994; Vilas-Boas, 2000).

Na realização dos 150m nadados à VCA<sub>n</sub>, podemos verificar que os nadadores conseguiram nadar  $96,25 \text{ m} \pm 25,03 \text{ m}$ .

Apesar de alguma controvérsia encontrada nos autores quanto às recomendações para o treino anaeróbio (Costill *et al.*, 1992; Maglischo, 1993; Olbrecht, 2000; Troup & Trappe, 1994; Vilas-Boas, 2000), parece-nos que a distância nadada à VCA<sub>n</sub>, se encontra dentro do espectro de treino de resistência anaeróbia, numa vertente de treino de curta duração.

Pela análise dos resultados obtidos, parece-nos que esta VCA<sub>n</sub> será uma velocidade máxima que o nadador consegue realizar esta distância, acumulando valores elevados de concentração de lactato, contudo sem prejudicar a velocidade de nado até concluir a distância.

Este valor serve de indicador para a elaboração das séries de treino anaeróbio, podendo no entanto recorrer-se aos valores individuais da distância nadada à VCA<sub>n</sub> de cada nadador.

Assim, e de acordo com vários estudos (Dekerle, 2006; Fernandes *et al.*, 2005; Fernandes & Vilas-Boas, 1999; Maclaren e Coulson, 1998) a VCA<sub>n</sub> parece ser um ótimo elemento de avaliação e controlo de treino, sendo um indicador útil e válido no intervalo de velocidades a que se deve reportar o treino de resistência anaeróbia de nadadores.

Deste modo, a contribuição da VCA<sub>n</sub> como fator de planificação e elaboração de séries de treino ao LAn é de fato uma realidade e poderá completar a elaboração das séries baseadas no tempo de prova aos 100 m dos nadadores (Fernandes & Vilas-Boas, 1999; Vilas-Boas, *et al.*, 1997).

Assim, torna-se mais pertinente o uso da VCA<sub>n</sub> no treino de anaeróbio em NPD, por ser um método não evasivo, não sendo necessário recorrer-se a meios técnicos sofisticados e dispendiosos e não implicando procedimentos de cálculo morosos e complexos (Neiva *et al.*, 2011; Vilas-Boas, *et al.*, 1997).

#### 6.4 Análise das variáveis cinemáticas

A análise das variáveis cinemáticas incidiu inicialmente sobre a análise da variação dos vários parâmetros cinemáticos, analisados nos vários testes.

Confirma-se, através dos resultados apresentados, que um aumento na FG e DC, provoca um aumento na VN em nadadores de nível nacional, em distâncias iminentemente curtas (entre 25m e 150m).

Os valores apresentados indicam, à exceção da *np*, uma diminuição de todas as variáveis cinemáticas, à medida que a distância de nado aumentou. Verifica-se, então, que esta diminuição, principalmente da FG e da DC influenciou a VN, fazendo-a diminuir.

Posteriormente, incidiu-se a análise ao nível da *np* e nas variáveis cinemáticas e antropométricas, uma vez que segundo a literatura, um dos melhores marcadores do nível competitivo é a *np*, como sugere o estudo de Toussaint (1990).

Os valores médios de *np* variaram entre  $21,87\% \pm 1,38$ , Teste de 25 m e  $26,65\% \pm 3,18$ , no primeiro percurso do teste de 150 m à VCAN. Os valores obtidos mostram-se bastante inferiores aos descritos na literatura para nadadores de competição, devendo estar estes próximos dos 50% (Toussaint *et al.*, 1998).

Ao associarmos a *np* com as restantes variáveis, podemos ver que na amostra selecionada os fatores antropométricos não tiveram grande relação estatística. Uma das variáveis antropométricas mais associadas à performance (Grimston & Hay, 1986) e à resposta hidrodinâmica (Kjendlie & Stallman, 2008) é a estatura. Os dados obtidos não vão de encontro com estes estudos o que pode explicar a razão da *np* apresentar valores abaixo do descrito na literatura para nadadores deste nível competitivo e escalão etário.

Na equação de Froude (2), as variáveis independentes da *np* são a VN, FG e o comprimento do membro superior. Os dados analisados permitem-nos afirmar que não houve relação significativa entre o comprimento do membro superior e a *np* e a VN e a *np*. No nosso estudo houve apenas relação estatisticamente

significativa entre a FG e a  $np$  e a DC e a  $np$ . Dado que a  $np$  é estimada com base na VN e na FG, seria de esperar uma relação significativa também com a VN.

Ainda relacionado com a equação de Froude (3), depreendemos que a baixa VN pode estar relacionada com a baixa estatura da amostra. Algumas dimensões antropométricas estão associadas à performance e à eficiência ou ao custo energético de nado (Grimston & Hay, 1986; Meira *et al.*, 2008). Desde logo, sujeitos mais altos tendem a apresentar uma maior envergadura, o que por sua vez impõe uma maior DC para a mesma VN, e consequentemente, menor custo energético ou uma maior  $np$ . A baixa estatura da amostra pode explicar esta baixa VN e explicar o porquê da VN não se correlacionar com a  $np$ .

A idade e o peso não apresentaram relação estatística com a  $np$ .

Os parâmetros biomecânicos nos testes realizados, não apresentaram associações significativas com a  $np$ . Mais uma vez, dado que a  $np$  é estimada com base na VN e na FG, seria de esperar que as correlações fossem significativas. A DC é obtida através da divisão entre a VN e a FG, e como se pode observar no quadro 11, existe relação significativa entre a DC e a  $np$  (Craig & Pendergast, 1979). Ainda assim, na literatura, descreve-se que a  $np$  está positivamente associada a níveis superiores de VN e de DC (Toussaint & Hollander, 1994; Zamparo *et al.*, 2005). Por outro lado, sabe-se ainda que existe uma relação inversa entre o custo energético e a  $np$ , (Barbosa *et al.*, 2006a). Logo valores superiores de custo energético decorrem de maiores FG e/ou DC para uma dada VN (Barbosa *et al.*, 2006a). Estes dados pode explicar o fato de a  $np$  e a VN não se correlacionarem, pois de alguma forma o custo energético, associado a uma menor VN e a baixa estatura, leva a uma menor  $np$ , como se verificou neste estudo.

### **6.5. Exemplo prático de treino anaeróbio através da velocidade crítica anaeróbia**

Podemos verificar que este tipo de estudo pode ter implicações práticas no treino anaeróbio em NPD, por se tratar de um método simples e não invasivo, sendo adequado para um grande número de nadadores, podendo ser aplicado quer em testes laboratoriais, quer em testes de campo (Dekerle *et al.*, 2002; di Prampero, 2008).

No anexo 9, apresentamos uma proposta de treino anaeróbio, através da VCA<sub>n</sub> e da distância nadada à VCA<sub>n</sub>.

O treino anaeróbio pode estar integrado numa sessão de treino com a seguinte estrutura:

A1 – Ativação geral – 1.000m a velocidade ligeira

A2 – Tarefa secundária – 1.500m – Treino técnico

A3 – Tarefa principal – 1.000m - 1.500m -Treino anaeróbio através da VCA<sub>n</sub>

A4 – Tarefa secundária – 1.500m – Partidas e viragens

A5 – Relaxamento – 1.000m a velocidade ligeira

Total da sessão: 5.000m a 7.000m

A proposta apresentada enquadra-se dentro das recomendações do treino da tolerância láctica, pois quando nos reportamos à percentagens de velocidade máxima, utilizada por alguns autores (Maglischo, 1986; 1988; 1993; Hellard, 1998; Olbretch, 2000; Vilas-Boas, 2000), podemos verificar que a intensidade média das repetições corresponde a 90%-95% da velocidade de prova de 100m. De acordo com Sweetnam & Atkinson (2003), a velocidade das repetições deverá corresponder à velocidade do 2º parcial de 50m da prova de 100m, o que também se verifica, uma vez que verificámos que a VCA<sub>n</sub> não foi diferente da velocidade do 2º parcial de 50m da prova de 100m livres.

Apesar de alguma controvérsia encontrada nos autores quanto às recomendações para o treino anaeróbio (Quadros 2 e 3), parece-nos que esta

série, nadada à VCA<sub>n</sub>, encontra-se dentro do intervalo de treino da resistência anaeróbia, podendo corresponder a velocidade limite do treino da tolerância láctica, pois pelos resultados obtidos parece-nos que a VCA<sub>n</sub> será uma velocidade máxima em que o nadador consegue realizar esta série de treino com o melhor rendimento, acumulando valores elevados de concentração de lactato, contudo sem prejudicar a velocidade de nado até concluir cada repetição.

Pode também ser explorada no treino a capacidade dos nadadores aumentarem a distância nadada à VCA<sub>n</sub>. Para tal, é necessário que seja utilizada esta metodologia em treino, durante um número de sessões suficiente, que permita aos nadadores manterem o metabolismo anaeróbio durante mais tempo, sem redução da velocidade de nado.

## CAPITULO VII: CONCLUSÕES

---

## 7. Conclusões

Através da análise da utilização de distâncias curtas de nado para determinação da velocidade crítica anaeróbia, na técnica de crol, da medição das concentrações de lactato após um teste de 150m nadado à VCA<sub>n</sub>, e da medição das variáveis cinemáticas nos testes de 15m, 25m e 50m para determinação da velocidade crítica anaeróbia e no teste de 150m nadado à VCA<sub>n</sub>, podemos concluir que:

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

A VCA<sub>n</sub> 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<sub>n</sub> como um parâmetro avaliação e controlo do treino anaeróbio.

Verificamos que a VCA<sub>n</sub> 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<sub>n</sub> 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<sub>n</sub> (10,21 mmol.l<sup>-1</sup>), cujas intensidades de nado correspondem ao intervalo de 90%-95% da intensidade máxima, sugerem que estaremos perante uma série de treino eminentemente anaeróbio.

Os valores das variáveis cinemáticas FG e DC, decrescem à medida que a distância de nado aumenta, no teste de 150m nadado à VCA<sub>n</sub>, alterando significativamente a técnica de nado e fazendo diminuir a VN.



## **CAPÍTULO VIII: RECOMENDAÇÕES FUTURAS**

---

## 8. Recomendações Futuras

A existência de uma velocidade crítica anaeróbia e o seu significado para a avaliação e controlo do treino é uma área de intervenção bastante recente, e que deverá continuar a ser alvo de investigação nos próximos tempos.

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho foram surgindo limitações ao estudo, de igual forma enunciamos um conjunto de aspetos que deverão de ser incluídos em futuros estudos dentro da temática abordada.

Relativamente ao estudo:

Realizar a análise com nadadores com melhor performance desportiva, nadadores do género feminino, nadadores de escalões de formação, aumentando o número da amostra, em vários períodos competitivos ao longo da época e nos vários estilos de nado, verificando as relações existentes entre cada estilo.

Acompanhar um grupo de nadadores durante algum período de tempo, utilizando a VCA<sub>n</sub> como uma velocidade de treino anaeróbio e a verificação posterior de alterações de rendimento ou mesmo alterações nos valores de VCA<sub>n</sub> e da distância nadada à VCA<sub>n</sub>, poderá também ser um caminho a seguir.

Verificar de que forma e que tipos de associações se estabelecem entre a  $np$  e a performance em natação

## CAPITULO IX: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

## 9. Referências Bibliográficas

- 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 13<sup>th</sup> 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. (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 intra-cyclic 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*. Jyväskylä, Finland: University of Jyväskylä, 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 10<sup>th</sup> 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 reliability 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. Huijing 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. Jyväskylä: University of Jyväskylä - 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. In: K. Keskinen, P. Komi, L. Pitkanen (eds.), *Book of the VIII International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*, 227-231. Gummerus Printing House, Jyväskylä, 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.; Aidar, 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). *Stroking 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.; Dekerle, 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., Cerrettelli, 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 9<sup>th</sup> 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. & Gatin, P. (2001). Energy system contribution during 200 to 1500 m running in highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercice*, 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 9<sup>th</sup> 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.



## **Anexos**

### **Anexo 1: Termo de Responsabilidade – Nadadores adultos**

#### ***Termo de Responsabilidade – Nadadores Adultos***

Eu, \_\_\_\_\_,  
portador do BI/CC n.º \_\_\_\_\_, declaro que fui  
suficientemente informado das finalidades, benefícios esperados e riscos  
associados com a realização dos testes inerentes ao estudo “Velocidade  
Crítica Anaeróbia em Natação Pura Desportiva”.

Foi-me dada oportunidade de formular questões e colocar dúvidas e estou na  
posse de informação suficiente para poder assinar o termo de consentimento.

Assumo a responsabilidade de eventuais lesões ou situações de risco de  
saúde que possam resultar do não cumprimento das indicações prestadas.

É da minha inteira responsabilidade o não cumprimento do programa de  
exercícios e/ou recomendações fornecidas pelos técnicos responsáveis pelo  
estudo, associados à ESDRM.

Rio Maio, 5 de Novembro de 2011

Assinatura

**Anexo 2: Termo de Responsabilidade – Nadadores menores*****Termo de Responsabilidade – Nadadores Menores***

Eu, \_\_\_\_\_,  
portador do BI/CC n.º \_\_\_\_\_, encarregado de  
educação de \_\_\_\_\_,  
declaro que fui suficientemente informado das finalidades, benefícios  
esperados e riscos associados com a realização dos testes inerentes ao estudo  
“Velocidade Crítica Anaeróbia em Natação Pura Desportiva”.

Foi-me dada oportunidade de formular questões e colocar dúvidas e estou na  
posse de informação suficiente para poder assinar o termo de consentimento.  
Assumo a responsabilidade de eventuais lesões ou situações de risco de  
saúde que possam resultar do não cumprimento das indicações prestadas ao  
meu educando.

É da minha inteira responsabilidade o não cumprimento do programa de  
exercícios e/ou recomendações fornecidas ao meu educando pelos técnicos  
responsáveis pelo estudo, associados à ESDRM.

Rio Maio, 5 de Novembro de 2011

Assinatura



**Anexo 3:** Caracterização da amostra (n=10), através dos valores de cada sujeito, respetiva Média e Desvio Padrão, para as variáveis Idade (anos), Altura (m), Comprimento do Membro Superior (cm), Envergadura (m), Peso (kg) e Marca Pessoal aos 100 m Livres (s)

<b>Sujeito</b>	<b>Idade (anos)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Comprimento do MS (cm)</b>	<b>Envergadura (cm)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Marca Pessoal 100m Livres (s)</b>
<b>1</b>	18	175	76	177	72,80	57,55
<b>2</b>	20	190	84	190	78,40	58,92
<b>3</b>	19	180	76	183	71,80	59,01
<b>4</b>	21	192	85	192	75,00	52,90
<b>5</b>	17	176	74	176	62,90	62,47
<b>6</b>	16	183	85	191	77,20	55,61
<b>7</b>	16	161	70	163	52,30	58,89
<b>8</b>	14	174	81	179	61,40	63,64
<b>9</b>	14	174	81	176	60,50	60,89
<b>10</b>	14	166	78	166	46,30	65,62
<b>Média ±</b>	<b>16,90±</b>	<b>177±</b>	<b>78,32±</b>	<b>179±</b>	<b>73,94±</b>	<b>59,55±</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>2,56</b>	<b>10,00</b>	<b>5,23</b>	<b>10,00</b>	<b>6,02</b>	<b>3,78</b>

**Anexo 4:** Valores de velocidade crítica anaeróbia (VCAn), valores da ordenada na origem, (b) e coeficiente de correlação ( $r^2$ ), seus valores médios e respetivo desvio-padrão, na técnica de crol

	VCAn ( $\text{m.s}^{-1}$ )	b (m)	$r^2$
Nadador 1	1,58	4,11	0,9998
Nadador 2	1,58	4,11	0,9998
Nadador 3	1,64	2,65	0,9994
Nadador 4	1,60	3,29	0,9997
Nadador 5	1,48	2,75	0,9997
Nadador 6	1,73	1,97	0,9985
Nadador 7	1,58	4,11	0,9980
Nadador 8	1,51	1,31	0,9991
Nadador 9	1,56	1,91	0,9991
Nadador 10	1,51	1,80	0,9993
X $\pm$ SD	1,58 $\pm$ 0,08	2,80 $\pm$ 0,98	0,9992 $\pm$ 0,0023

## Anexo 5: Estatística descritiva (média, desvio padrão, máximo e mínimo)

### Dados antropométricos

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Idade	10	14	21	16,90	2,558
Altura	10	161,00	192,00	177,1000	9,65459
Peso	10	46,30	78,40	65,8600	10,93762
Envergadura	10	163,00	192,00	179,3000	9,97831
Cumprimento Membro Superior	10	70,30	85,00	78,3200	5,22575
Valid N (listwise)	10				

### Velocidades, concentrações de lactato e distância nadada à VCan

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Veloc. Crítica Anaeróbia	10	1,46	1,73	1,5760	,07777
Lactato 0	10	1,30	5,20	3,4700	1,34829
Lactato 1	10	6,00	12,70	8,6800	2,43393
Lactato 2	10	7,20	13,80	10,2100	2,31874
Lactato 3	10	6,00	12,50	9,1800	2,27635
Distância nadada à VCan	10	75,00	150,00	96,2500	25,03470
Velocidade Nado 1ºs 50m-Swimranknig	10	1,56	1,88	1,7360	,09336
Velocidade Nado 2ºs 50m-Swimranknig	10	1,49	1,94	1,6400	,13258
Velocidade Nado 100m-Swimranking	10	1,52	1,89	1,6850	,10977
Diferença entre tempo prova e recolhas	10	3,00	5,80	3,7700	,76456
Valid N (listwise)	10				

## Variáveis cinemáticas

### Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Frequencia Gestual 1	10	,85	1,03	,9250	,05949
Frequencia Gestual 2	10	,73	,98	,8220	,07714
Frequencia Gestual 3	10	,60	,86	,7170	,08097
Frequencia Gestual 4	10	,60	,78	,6530	,05438
Frequencia Gestual 5	10	,48	,73	,6180	,06925
Distancia Ciclo 1	10	1,34	1,78	1,5780	,12577
Distancia Ciclo 2	10	1,15	1,64	1,3490	,13715
Distancia Ciclo 3	10	,95	1,33	1,1450	,13023
Distancia Ciclo 4	10	,81	1,10	,9300	,09068
Distancia Ciclo 5	10	,71	,96	,8350	,08073
Indice de Nado 1	10	2,14	3,09	2,6900	,27797
Indice de Nado 2	10	1,79	2,76	2,2180	,27820
Indice de Nado 3	10	1,41	2,26	1,8360	,25954
Indice de Nado 4	10	1,07	1,72	1,3280	,21033
Indice de Nado 5	10	1,00	1,32	1,1290	,12206
np 1	10	,19	,24	,2190	,01524
np 2	10	,20	,27	,2390	,02283
np 3	10	,21	,32	,2700	,03528
np 4	10	,20	,32	,2620	,03225
np 5	10	,21	,36	,2640	,04142
Velocidade de Nado 1	10	1,59	1,80	1,7040	,06687
Velocidade de Nado 2	10	1,52	1,75	1,6410	,07264
Velocidade de Nado 3	10	1,49	1,74	1,6010	,09024
Velocidade de Nado 4	10	1,30	1,61	1,4250	,10814
Velocidade de Nado 5	10	1,28	1,46	1,3530	,06881
Valid N (listwise)	10				

# Anexo 6: Ficha de registo das recolhas

Ficha de Registos Final																		
Data:																		
Ordem	15 m	Vel-15 m	25 m	Vel-25 m	50 m	Vel-50 m	VCAN	Lactato 0	Lactato 1	Lactato 2	Lactato 3	Distância VCAN	Peso	Altura	Cump MS	Energia <sub>m</sub>	Idade	Sexo
1	00:07,1	2,11	00:13,4	1,87	00:29,0	1,72	1,59	2,9	12,3	11,2	10,3	100	72,8	173	75,5	177	18	M
2	00:07,2	2,08	00:13,1	1,91	00:28,6	1,73	1,59	3,2	6,7	13,8	12	100	78,4	190	84,2	190	20	M
3	00:07,8	1,92	00:13,4	1,87	00:28,7	1,74	1,64	1,3	12,7	11,5	12,5	100	71,8	180	76	183	19	M
4	00:07,4	2,03	00:13,6	1,84	00:29,0	1,72	1,60	2,3	7,8	12,2	9,8	150	75	192	83	192	21	M
5	00:08,3	1,76	00:14,4	1,74	00:31,9	1,57	1,49	3,3	8	8,4	6	75	62,9	176	74	176	17	M
6	00:07,6	1,97	00:13,1	1,91	00:27,7	1,81	1,73	1,8	7,3	12,7	10,7	75	77,2	183	83	191	16	M
7	00:07,9	1,90	00:13,7	1,82	00:28,5	1,69	1,59	4,2	11,2	8,2	7,2	87,5	91,3	181	79,3	183	18	M
8	00:08,3	1,76	00:14,5	1,72	00:30,9	1,62	1,51	4,6	7,7	8,7	8,6	129	61,4	174	81,1	179	14	M
9	00:08,3	1,76	00:14,1	1,77	00:30,6	1,63	1,56	4,6	6	7,2	8,5	75	60,3	174	78	176	14	M
10	00:08,1	1,81	00:14,6	1,71	00:31,6	1,58	1,46	4,5	7,1	8,2	6,2	75	46,1	166	74,1	166	14	M
3	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/mo-1	m/mo-1	m/mo-1	m/mo-1	m	kg	cm	cm	cm	anos	

**Anexo 7:** Valores de individuais da distância nadada à VCA<sub>n</sub>, seus valores médios e respetivo desvio-padrão, na técnica de crol.

<b>Distância nada à VCA<sub>n</sub> (m)</b>	
<b>Nadador 1</b>	100 m
<b>Nadador 2</b>	100 m
<b>Nadador 3</b>	100 m
<b>Nadador 4</b>	150 m
<b>Nadador 5</b>	75 m
<b>Nadador 6</b>	75 m
<b>Nadador 7</b>	87,5 m
<b>Nadador 8</b>	125 m
<b>Nadador 9</b>	75 m
<b>Nadador 10</b>	75 m
<b>X ± SD</b>	96,25±25,03

**Anexo 8:** Quadro com tempos, velocidades de nado e diferença entre o data das recolhas e a data da prova, para a prova de 100m livres, retirado de [www.swimrankings.net](http://www.swimrankings.net)

N.º	Data Nasc.	Distância	Piscina	1º 50m	V1º 50m	2º 50m	V 2º 50m	Tempo 100m	V100m	Data	Data	Diferença
1	26-11-1992	100m	20 m	28,24	1,77	29,31	1,71	57,55	1,74	16-07-2011	09-11-2011	3,7
2	17-04-1991	100m	20 m	28,23	1,79	30,37	1,63	58,92	1,70	16-07-2011	09-11-2011	3,7
3	17-09-1992	100m	20 m	28,38	1,75	30,43	1,64	59,01	1,69	16-07-2011	09-11-2011	3,7
4	08-08-1990	100m	20 m	27,13	1,84	29,75	1,94	62,90	1,89	07-08-2011	09-11-2011	3,0
5	14-02-1994	100m	20 m	30,24	1,63	32,23	1,35	62,47	1,60	16-07-2011	09-11-2011	3,7
6	16-07-1993	100m	20 m	26,23	1,88	29,06	1,72	59,61	1,80	09-08-2011	09-11-2011	3,1
7	20-01-1993	100m	20 m	28,13	1,76	30,74	1,63	58,69	1,70	16-07-2011	09-11-2011	3,7
8	04-03-1997	100m	20 m	29,87	1,67	31,67	1,49	63,64	1,37	13-07-2011	09-11-2011	3,8
10	07-03-1997	100m	20 m	29,18	1,71	31,71	1,38	60,89	1,64	24-07-2011	09-11-2011	3,5
11	07-04-1997	100m	20 m	31,98	1,36	31,64	1,49	63,62	1,32	12-09-2011	09-11-2011	2,8

**Anexo 9:** Recomendações práticas para o treino anaeróbio através da VCAN individual em NPD

	Velocidade de nado ( $\text{m.s}^{-1}$ )	Volume (m)	Tempo aos 50m (s)	Intensidade (% FC Máx)	Intervalo (min)
<b>Nadador 1</b>	1,58	2 Séries: 4 x 100 m	31,65	90% - 95 %	Série: 10 min Repetição: 1min15s
<b>Nadador 2</b>	1,58	2 Séries: 4 x 100 m	31,65	90% - 95 %	Série: 10 min Repetição: 1min15s
<b>Nadador 3</b>	1,64	2 Séries: 4 x 100 m	30,49	90% - 95 %	Série: 10 min Repetição: 1min15s
<b>Nadador 4</b>	1,60	2 Séries: 4 x 150 m	31,25	90% - 95 %	Série: 10 min Repetição: 1min15s
<b>Nadador 5</b>	1,48	2 Séries: 4 x 75 m	33,78	90% - 95 %	Série: 10 min Repetição: 1min15s
<b>Nadador 6</b>	1,73	2 Séries: 4 x 75 m	28,90	90% - 95 %	Série: 10 min Repetição: 1min15s
<b>Nadador 7</b>	1,58	2 Séries: 4 x 87,5 m	31,65	90% - 95 %	Série: 10 min Repetição: 1min15s
<b>Nadador 8</b>	1,51	2 Séries: 4 x 125 m	33,11	90% - 95 %	Série: 10 min Repetição: 1min15s
<b>Nadador 9</b>	1,56	2 Séries: 4 x 75 m	32,05	90% - 95 %	Série: 10 min Repetição: 1min15s
<b>Nadador 10</b>	1,51	2 Séries: 4 x 75 m	33,11	90% - 95 %	Série: 10 min Repetição: 1min15s