

# **UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR**

Faculdade de Ciências Sociais e Humanas

Departamento de Ciências do Desporto



## **A Velocidade Crítica Anaeróbia em jovens nadadores**

### **Um estudo de caso em nadadores infantis nas quatro técnicas de nado**

Trabalho de investigação com vista à obtenção do Grau de Mestre  
em Ciências do Desporto

**Rui Alexandre da Mata Gomes Amorim**

Covilhã e UBI, Junho de 2010



**UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR**

Faculdade de Ciências Sociais e Humanas

Departamento de Ciências do Desporto

**A Velocidade Crítica Anaeróbia em jovens nadadores**

**Um estudo de caso em nadadores infantis nas quatro  
técnicas de nado**

Trabalho de investigação com vista à obtenção do Grau de Mestre  
em Ciências do Desporto

**Por: Rui Alexandre da Mata Gomes Amorim**

Orientação:

Professor Doutor Daniel Almeida Marinho

Covilhã e UBI, Junho de 2010

## **Ficha de catalogação**

Amorim, R.A.M.G. (2010). *A Velocidade Crítica Anaeróbia em jovens nadadores Um estudo de caso em nadadores infantis nas quatro técnicas de nado*. Covilhã: R.M.A.G. Amorim. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade da Beira Interior.

Palavras-Chave: NATAÇÃO; CONTROLO E AVALIAÇÃO DE TREINO; VELOCIDADE CRITICA ANAERÓBIA; JOVENS.

## **Agradecimentos**

Gostaria de expressar os meus sinceros agradecimentos a todos e em particular a algumas pessoas que me ajudaram na realização deste estudo.

Ao Professor Doutor Daniel Almeida Marinho pelo seu conhecimento e confiança que em mim depositou desde o primeiro momento. A sua disponibilidade, capacidade e profissionalismo, foram fundamentais para a elaboração deste estudo.

Ao Clube Fluvial Vilacondense pela disponibilidade e colaboração prestada.

À Ana pelo apoio e incentivo manifestado ao longo da elaboração deste estudo.

A todos o meu sincero,

Muito Obrigado.

## Resumo

O aumento da eficiência do processo de treino decorre de uma ocupação mais racional e consequente do tempo destinado à preparação desportiva, sendo este aspecto extremamente importante na Nataação Pura Desportiva. A velocidade crítica, conceito adaptado à Nataação Pura Desportiva, definido como a velocidade máxima de nado que pode ser mantida sem exaustão durante um longo período de tempo, tem sido cada vez mais utilizada pelos treinadores como um parâmetro de controlo e avaliação do treino. Após o vínculo deste conceito a performances aeróbias, recentes estudos, constatando uma grande importância do sistema anaeróbio na maioria das provas de nataação, iniciaram uma abordagem à relação deste conceito em performances anaeróbias. O objectivo deste estudo foi analisar e interpretar a velocidade crítica anaeróbia (VCAn) em jovens nadadores, para as quatro técnicas de nado, tentando assim obter um método simples, não invasivo e pouco dispendioso para a avaliação e controlo do treino anaeróbio. A amostra utilizada agrupou 20 nadadores (12 do género masculino e 8 do género feminino) pertencentes ao escalão de Infantis, de um clube representativo da nataação portuguesa. Para a determinação da VCAn, cada nadador, realizou à velocidade máxima, as distâncias de 10, 15, 20 e 25m, intervaladas por 30min de nados contínuos e livres de baixa intensidade. Na análise das relações da VCAn com as velocidades de prova nos 50, 100 e 200m, verificou-se uma elevada relação com as duas primeiras distâncias de nado, nas técnicas de bruços, crol e costas. Pela comparação entre a VCAn e as diferentes velocidades de prova, constatámos que os valores da VCAn, se assemelham significativamente com a velocidade de prova dos 200m para os 4 estilos de nado. Assim, podemos concluir que, no nosso estudo, com a utilização de distâncias muito reduzidas para o cálculo da velocidade crítica, obtemos um conjunto de dados, que nos fornecem importantes informações sobre a capacidade anaeróbia dos atletas, podendo desta forma, alcançar uma ferramenta prática para determinar intensidades de treino, monitorizar efeitos de treino e prever as performances.

**PALAVRAS-CHAVE:** NATAÇÃO; CONTROLO E AVALIAÇÃO DE TREINO; VELOCIDADE CRITICA ANAERÓBIA; JOVENS.

## Abstract

The increase of the efficiency in training process occurs from a more rational occupation of the time destined to the sporting preparation, being this aspect extremely important in Pure Sporting Swimming. The critical speed, concept adapted to Pure Sporting Swimming, defined as the maximum swimming speed that can be maintained for a long period of time without exhaustion, has been more often used by coaches as a parameter of control and evaluation of training. After attaching this concept to aerobic performances, recent studies, showing a high importance of the anaerobic system in the majority of the swimming trainings, began an approach relating this concept to anaerobic performances. The goal of this study was to analyze and comprehend the critical anaerobic speed (CAnS) in young swimmers, for the four techniques of swimming, thus trying to get a simple, non - invasive and cheap method, to evaluate and control anaerobic training. The used sample grouped 20 swimmers (12 male and 8 female) belonging to Children Classes of a representative team of portuguese swimming. For the calculation of the CAnS, each swimmer, performed at maximum speed, the distances of 10, 15, 20 and 25m, with a break of 30 min of continuous, free and low intensity swimming. In the analysis of the relationship of CAnS with the test speeds in the 50, 100 and 200m, there was a high relation with two first swimming distances in the techniques of breaststroke, crawl and back. Comparing the CAnS and the different test speeds, we concluded that the values of CAnS are significantly similar to the test speed of 200m for the 4 swimming styles. Thus, we can conclude that, in our study, using reduced distances in calculating critical speed, we get data, that can give us important information about the anaerobic capacity of the athletes, being able this way to achieve a practical tool to determine the training intensities, to follow up the training effects and to predict performances.

**KEY - WORDS:** SWIMMING; TRAINING CONTROL AND EVALUATION; CRITICAL ANAEROBIC SPEED; YOUTH.

## Résumé

Accroître l'efficacité du processus de formation fait suite à une occupation rationnelle et conséquente du temps consacré à la préparation sportive, ce qui est extrêmement important dans la natation sportive. La vitesse critique, un concept adapté pour la nage sportive, défini comme la vitesse maximum de la nage, peut être maintenu sans fatigue sur une longue période de temps, est de plus en plus utilisée par les entraîneurs comme un paramètre de suivi et d'évaluation de la formation. Après le lien de ce concept à la performance de l'aérobie, des études récentes, montre que la prédominance du système anaérobie dans les événements les plus nagés, montre une approche de la relation à cette notion de performances anaérobiques. Le but de cette étude était d'analyser et d'interpréter la vitesse critique d'anaérobie (VCAN) chez les jeunes nageurs pour les quatre techniques de nage, tentant ainsi d'obtenir une méthode simple, non invasive et peu coûteuse pour l'évaluation et le contrôle de l'entraînement anaérobie. L'échantillon regroupe 20 nageurs (12 du genre masculin et 8 du genre féminin) appartenant à la classe des aînés d'un club de natation représentative Portugaise. Pour déterminer la VCAN, chaque nageur réalise à la vitesse maximale, les distances de 10, 15, 20 et 25m, avec des intervalles de 30 mn continue supplémentaire de nage libre avec la possibilité de baisser l'intensité. Dans l'analyse des connexions importantes avec des vitesses VCAN la preuve est que dans 50, 100 et 200 m, il y avait une forte relation avec les deux premières distances de nage dans les techniques de la brasse, crawl et le dos. En comparant les VCAN et les différentes vitesses constatées, nous notons que les valeurs de VCAN se ressemblent de façon significative avec la vitesse de la course de 200 m pour les quatre styles de nage. Nous concluons que, dans notre étude avec l'utilisation de petites distances pour calculer la vitesse critique, nous obtenons un ensemble de données, qui nous fournissent des informations importantes sur la capacité anaérobie des athlètes et peut donc être un outil pratique pour déterminer l'intensité de formation, et de surveiller les effets de la formation et de prédire les performances.

**MOTS-CLÉS:** NATATION, LE SUIVI ET L'EVALUATION DE FORMATION, VITESSE CRITIQUE; EXERCICE ANAEROBIQUE; JEUNES.

## Índice

Agradecimentos .....	II
Resumo.....	III
Abstract.....	IV
Résumé.....	V
Índice.....	VI
Índice de Figuras e Quadros.....	VII
I – Introdução.....	- 1 -
II – Revisão da Literatura .....	- 5 -
2.1 Controlo de Treino .....	- 5 -
2.2 Bioenergética .....	- 6 -
2.2.1 Sistemas de produção de energia.....	- 7 -
2.2.1.1 Metabolismo Anaeróbio Aláctico.....	- 9 -
2.2.1.2 Metabolismo Anaeróbio Láctico .....	- 10 -
2.2.1.3 Metabolismo Aeróbio.....	- 12 -
2.2.2 Funcionamento Integrado dos Sistemas Energéticos .....	- 15 -
2.3 A Velocidade Crítica .....	- 18 -
III – Objectivos e Hipóteses.....	- 22 -
3.1 Objectivos.....	- 22 -
3.1.1 Geral .....	- 22 -
3.1.2 Específicos .....	- 22 -
3.2 Hipóteses.....	- 22 -
IV – Material e Métodos.....	- 24 -
4.1 Caracterização da Amostra.....	- 24 -
4.2 Metodologia .....	- 25 -
4.2.1 Protocolo Experimental .....	- 25 -
4.3 Procedimentos Estatísticos.....	- 25 -
V - Apresentação dos Resultados.....	- 27 -
VI - Discussão dos Resultados.....	- 31 -
V II - Conclusões.....	- 36 -
V III – Sugestões para Futuros Estudos .....	- 37 -
Referências Bibliográficas.....	- 38 -

## Índice de Figuras e Quadros

Figura 1: Contribuição relativa de cada sistema energético, em exercícios de intensidade máxima (Gastin, 2001, p.737). .....	16 -
Quadro 1: Valores médios e desvios-padrão ( $X \pm SD$ ), valores máximo e mínimo da idade e das características antropométricas .....	24 -
Quadro 2: Valores da Média e do Desvio-Padrão da Velocidade Crítica Anaeróbia e da Velocidade de Prova nos 50, 100 e 200m, para cada uma das técnicas de nado.....	27 -
Quadro 3: Valores da média e do desvio-padrão ( $X \pm DP$ ) para as diferenças entre as velocidades de prova e a velocidade crítica anaeróbia na técnica de Bruços.....	28 -
Quadro 4: Valores da média e do desvio-padrão ( $X \pm DP$ ) para as diferenças entre as velocidades de prova e a velocidade crítica anaeróbia na técnica de Costas. ....	28 -
Quadro 5: Valores da média e do desvio-padrão ( $X \pm DP$ ) para as diferenças entre as velocidades de prova e a velocidade crítica anaeróbia na técnica de Crol.....	28 -
Quadro 6: Valores da média e do desvio-padrão ( $X \pm DP$ ) para as diferenças entre as velocidades de prova e a velocidade crítica anaeróbia na técnica de Mariposa. ....	29 -
Quadro 7: Valores do coeficiente de correlação ( $r$ ), entre a velocidade crítica anaeróbia e a velocidade de prova nos 50, 100 e 200m, na técnica de Bruços. ....	29 -
Quadro 8: Valores do coeficiente de correlação ( $r$ ), entre a velocidade crítica anaeróbia e a velocidade de prova nos 50, 100 e 200m, na técnica de Costas.....	29 -
Quadro 9: Valores do coeficiente de correlação ( $r$ ), entre a velocidade crítica anaeróbia e a velocidade de prova nos 50, 100 e 200m, na técnica de Crol. ....	30 -
Quadro 10: Valores do coeficiente de correlação ( $r$ ), entre a velocidade crítica anaeróbia e a velocidade de prova nos 50, 100 e 200m, na técnica de Mariposa. ....	30 -

## I – Introdução

Após um período histórico em que o volume de treino cresceu de forma apreciável com a consequente melhoria dos resultados desportivos, mas com prejuízo dos momentos destinados ao repouso, torna-se fundamental para treinador e atletas rentabilizar o tempo destinado à preparação desportiva seleccionando parcimoniosamente os objectivos parcelares da formação do desportista, aconselhando-o e orientando-o, para que o seu investimento na modalidade seja potencializado (Vilas Boas, 1989).

Assim, o treino e a avaliação revelam-se muito importantes para o desenvolvimento do nadador, constituindo-se como uma unidade na organização e sistematização da preparação desportiva, para que o treinador possa dirigir correctamente o processo de preparação do atleta e conhecer as modificações exercidas pelo efeito da carga de treino no organismo (Gaspar e Bravo, 2004).

Como um programa de treino para natação deve ser altamente orientado para a especificidade deste desporto, é necessário encaminhar o treino no sentido de uma avaliação periódica de parâmetros fisiológicos e motores envolvidos na natação, tanto para adultos como para atletas jovens (Wells et. al., 2006).

Dos diversos factores que podem influenciar a prestação dos atletas, Vilas-Boas (2000) refere que aqueles a que é necessário prestar mais atenção é à quantidade e à velocidade com que o nadador consegue aceder à energia exigida, e às prestações técnicas de cada um.

Esta energia necessária para a prestação desportiva, e também fonte de energia do organismo humano provém dos nutrientes encontrados na nossa alimentação. Precisa de ser transformada num composto chamado adenosina trifosfato (ATP) antes que possa ser aproveitada pelo organismo para a acção muscular (Guyton e Hall, 2006)

O organismo possui três tipos de sistema diferentes para a produção de energia. Diferem consideravelmente entre si em complexidade, regulação, capacidade, força e tipos de exercícios para cada um dos sistemas de energia predominantes. Cada um é utilizado de acordo com a intensidade e duração dos exercícios (Brooks et. al., 2000).

São principalmente conhecidos na comunidade científica como: metabolismo anaeróbio aláctico (ATP-CP); metabolismo anaeróbio láctico (glicólise); e metabolismo aeróbio (Brooks, et. al., 2000; Guyton e Hall, 2006; Powers e Howley, 2007).

Importa então ao nadador e ao treinador debruçarem-se sobre o treino das diferentes capacidades e potências dos vários sistemas energéticos (Vilas-Boas, 2000). Nesta temática, é reconhecida a continuidade entre as zonas bioenergéticas, em que se verifica a preponderância de utilização de um sistema energético, para diferentes intensidades de exercício intenso (Guyton e Hall, 2006).

É através destes conhecimentos bioenergéticos, que se verifica a importância do sistema energético anaeróbio como maior contribuidor durante a competição uma vez que, sendo cerca de 80% dos eventos desportivos em Natação Pura Desportiva inferiores ou iguais a 200m, e apesar das diferentes opiniões existentes sobre o contributo de cada sistema para exercícios intensos, é consensual a predominância deste sistema em provas até aos 100, podendo inclusivamente alargar essa predominância até aos 200m (Fernandes et. al., 2008).

De forma a conhecer fisiologicamente o atleta, e assim contribuir para o alcance de melhores resultados, é importante possuir ferramentas que nos forneçam todos esses dados importantes e necessários para um correcto planeamento do treino.

Uma das ferramentas existentes para avaliar esses parâmetros são os testes de campo, que são de fácil aplicação e produzem resultados confiáveis para estabelecer as variáveis a serem trabalhadas durante o programa de treino (Leite et. al., 2007).

Um desses testes a aplicar no terreno foi apresentado por Wakayoshi em 1992, que se baseava no cálculo da velocidade crítica, adaptando o conceito de potência crítica de Monod e Scherrer (1965) para a Natação Pura Desportiva.

Apresenta-se como a velocidade máxima de nado que pode ser mantida sem exaustão durante um longo período de tempo, e que é dada pelo declive da recta de regressão entre a distância (d) percorrida à máxima velocidade e o respectivo tempo (t) necessário para a percorrer, obtida através de várias distâncias de nado. A equação da recta de regressão é do tipo  $y = ax + b$  (Wakayoshi, 1992).

Caracteriza-se também, como um critério de avaliação específico e individualizado, não colocando problemas éticos relacionados com a integridade física dos nadadores (método de avaliação não invasivo), adicionado ao facto de não requerer meios técnicos sofisticados e dispendiosos e de não implicar procedimentos de cálculo morosos e complexos (Vilas-Boas e Lamares, 1997), fornecendo indicadores das capacidades aeróbia e anaeróbia (Papoti et. al., 2005).

Actualmente, com o cálculo da velocidade crítica a ser efectuado com diferentes distâncias de nado, percebeu-se que quanto maior a distância de nado, maior a relação da velocidade crítica com regimes aeróbios e com as performances de longa distância, estando as distâncias mais curtas, relacionadas com regimes potentes, ou seja, com performances anaeróbias (Fernandes et. al., 2008).

No entanto, comparativamente com as estimativas realizadas sobre o sistema aeróbio, a avaliação do sistema energético anaeróbio, nomeadamente em atletas pré-púberes, é muito difícil (Soares et. al., 2003) e os resultados produzidos são limitados (Rowland, 1996).

Actualmente, alguns autores (Fernandes et. al., 2008; Neiva, 2008) direccionaram os seus estudos em velocidade crítica, para uma vertente de controlo e avaliação do treino anaeróbio, utilizando para o seu cálculo distâncias curtas de nado.

Uma vez que a capacidade anaeróbia constitui-se como um factor crucial em natação (Bompa, 1999), é de extrema importância caminhar no sentido de encontrar as melhores formas de acesso à avaliação do potencial anaeróbio dos nadadores. Atendendo aos problemas metodológicos, e especialmente éticos, da utilização de métodos invasivos para a avaliação da resposta anaeróbia em idades jovens, a tentativa de clarificar esta área de estudo ganha uma importância ainda maior.

Com este estudo, pretendemos analisar a importância e a validade da velocidade crítica anaeróbia como instrumento de avaliação da capacidade anaeróbia de jovens nadadores. Procurou-se também analisar a relação entre a velocidade crítica anaeróbia e a velocidade nas provas de 50, 100 e 200m para os quatro estilos.

A organização do presente estudo iniciou-se da seguinte forma: numa primeira parte, efectuámos uma revisão da literatura sobre Controlo de Treino, Bioenergética e Velocidade Crítica. Com esta, pretendeu-se enquadrar o tema da pesquisa, criando uma

sustentação teórica para a parte empírica, que permitisse a definição da metodologia e das técnicas a usar para a recolha, análise e interpretação dos dados. De seguida, apresentamos o objectivo geral e os objectivos específicos para este estudo, sustentados pelas hipóteses às quais queremos dar resposta. Posteriormente apresentámos a amostra que constituiu o nosso estudo, definimos a metodologia utilizada e descrevemos os procedimentos estatísticos utilizados. Após a apresentação e discussão dos resultados são expostas as conclusões finais e as recomendações para futuros estudos.

## II – Revisão da Literatura

### 2.1 Controlo de Treino

O desporto actual, é caracterizada pelo aumento de competitividade e pela consequente tentativa de alcançar cada vez melhores resultados, tendo para isso de se utilizar processos de treino também cada vez mais desenvolvidos e específicos (Fernandes et. al., 2008). São vários os autores (Maglischo, 2003; Fernandes et. al., 2008) que consideram que o controlo e avaliação do treino são uma ferramenta fundamental para aumentar a eficiência dos processos de treino.

O processo de controlo, avaliação e aconselhamento do treino, ao qual geralmente é atribuída a designação simplista de controlo de treino, tem vindo a ser considerado como um aspecto fundamental na planificação de qualquer desporto (Villanueva, 1994 cit Fernandes, 1998), constituindo desde alguns anos, uma tarefa primordial do processo de treino (Vilas-Boas, 1989 cit. Lmares, 1998). Foi definido como sendo o complexo de tarefas inerentes à avaliação do estado de desenvolvimento dos pressupostos de rendimento desportivo e, também, do resultado e adequação dos exercícios e programas de treino (Vilas-Boas, 1989 cit. Lmares, 1998).

Tanto o treino como a avaliação, são considerados por Gaspar e Bravo (2004), como uma unidade na organização e sistematização da preparação desportiva, para que o treinador possa dirigir correctamente o processo de preparação do atleta e conhecer as modificações exercidas pelo efeito da carga de treino no organismo.

Mais especificamente, em natação pura desportiva, o treino consubstancia-se num processo de estimulação que visa fomentar adaptações específicas no domínio do esforço de nado (Bompa, 1999).

Como nos refere Vilas-Boas (1991), o aumento da eficiência do processo de treino decorre de uma ocupação mais racional e consequente de tempo destinado à preparação desportiva, sendo este aspecto extremamente importante na Natação Pura Desportiva uma vez que, é já há muito tempo reconhecida, a impossibilidade de aumento do rendimento desportivo através do aumento do volume de treino (Vilas-Boas, 1989)

No entanto, é necessário ter em atenção as limitações reais existentes para a maioria dos nadadores, treinadores e clubes, ou seja limitações relacionadas com o tempo, custos e complexidade inerentes aos métodos de avaliação e controlo de treino (Balonas, 2002).

Como grandes objectivos do Controlo de treino, Fernandes e seus colaboradores (2003) destacam a aquisição de conhecimentos sobre o estado actual de desenvolvimento do atleta, a avaliação dos efeitos do treino em cada atleta, podendo também prognosticar o seu desempenho futuro.

## **2.2 Bioenergética**

Todos os processos e “actividades” do corpo humano, incluindo a contracção muscular, necessitam de energia (Barata et. al., 1997). Como nos dizem Wilmore e Costill (2001), durante o exercício, o corpo depara-se com diversas necessidades, que requerem múltiplos ajustes fisiológicos, sendo necessário um aumento da produção de energia.

Essa energia é adquirida pelo ser humano, pela ingestão dos nutrientes de plantas e animais, armazenados como hidratos de carbono, gorduras e proteínas. É posteriormente libertada quando as ligações químicas, ligações que mantêm os elementos juntos, são quebradas (Wilmore e Costill, 2001).

Como, os alimentos são compostos primariamente por Carbono, Hidrogénio, Oxigénio e Nitrogénio, e as ligações moleculares que mantêm estes elementos juntos são relativamente fracas, estes proporcionam pouca energia quando quebradas. Assim, verifica-se que os alimentos não são usados directamente para as operações celulares, sendo a energia das suas ligações moleculares, libertada quimicamente nas nossas células e posteriormente armazenadas sob a forma de um composto de alta energia, ATP. (Wilmore e Costill, 2001).

Este ATP proporciona a energia necessária para todos os processos, incluindo a contracção muscular. Como nas células não existem reservas de ATP sintetizado em quantidades significativas (Barata et. al., 1997), e a sua concentração na fibra muscular é muito baixa (Gastin, 2001), suficiente apenas para manter a contracção à máxima intensidade por apenas 1 a 2 segundos (Barata et. al., 1997; Guyton e Hall, 2006), o

ATP tem de se ir formando em cada instante, à medida que a actividade muscular se processa, e à velocidade dependente da intensidade e duração à qual o exercício se desenrola (Barata et. al., 1997).

Assim, esta compreensão daquilo que significa “energia” e da forma como o organismo a pode adquirir, converter, armazenar e utilizar, é a chave para compreender o funcionamento orgânico tanto nos desportos de rendimento, como nas actividades de recreação e lazer.

O estudo da bioenergética permite entender como a capacidade para realizar trabalho (exercício) está dependente da conversão sucessiva, de uma em outra forma de energias. Com efeito, a fisiologia do trabalho muscular e do exercício é, basicamente, uma questão de conversão de energia química em energia mecânica, energia essa que é utilizada pelas miofibrilas para provocar o deslize dos miofilamentos, resultando em acção muscular e produção de força.

### **2.2.1 Sistemas de produção de energia**

Em Natação Pura Desportiva, a performance dos atletas é determinada, como nos diz Vilas-Boas (2000), por dois factores: o “input” energético total; e “a razão entre a eficiência mecânica propulsiva total e a intensidade da força de arrasto hidrodinâmico oposta ao deslocamento do nadador”, que reflecte a habilidade técnica do nadador. No entanto, Fernandes (1999, ver figura) refere que esta performance, para além dos factores acima citados, poderá também ser influenciada por factores genéticos, por factores psicológicos e por factores condicionais (Fernandes, 1999).

No entanto, e apesar de cada um destes factores dever ser preferencialmente avaliado da forma mais isolada possível (Vilas-Boas e Fernandes, 2002) para um melhor controlo de treino, a capacidade metabólica tem sido considerada como um dos mais importantes determinantes da performance na natação, devendo assim o treino da natação, ser direccionado para melhorar a habilidade de libertação de energia (Ogita, 2006).

Como factores bioenergéticos condicionantes da performance, Vilas-Boas (2000) distingue:

- a) dois sistemas fornecedores de energia para o trabalho muscular;
- b) uma reserva energética rapidamente disponibilizável;
- c) a “capacidade” característica de cada sistema e da reserva de fosfagénios;
- d) a “potência” máxima a que, em cada circunstância e em cada ambiente fisiológico e celular, cada sistema e a reserva de fosfagénio conseguem operar;

Assim, as fontes de energia disponíveis para o trabalho muscular do nadador são identificadas como uma fonte aeróbia e uma outra anaeróbia. (Vilas Boas, 2000).

Complementarmente, o nadador dispõe ainda de muito pequenas quantidades de energia armazenadas sob a forma de fosfagénios (ATP e PC), volume que muitas vezes é referido como “primeiro sistema fornecedor de energia” (Vilas Boas, 2000).

Resumidamente, e pela análise da literatura actual são definidos três processos bioquímicos que actuam de forma integrada na produção de ATP:

- o sistema ATP-CP (Sistema dos Fosfagénios ou Metabolismo Anaeróbio Aláctico);
- a glicólise (Metabolismo Anaeróbio Láctico);
- o sistema Oxidativo (Metabolismo Aeróbio).

De forma simplificada, podemos referir que quando não se é capaz de utilizar o oxigénio nas reacções celulares à razão necessária, é denominado de metabolismo anaeróbio, sendo que o processo denominado de metabolismo aeróbio ocorre quando se consegue utilizar o oxigénio disponível na razão necessária (Wilmore e Costill, 2001).

Estes sistemas apresentam também diferenças, no que diz respeito às suas capacidades e potências. Cada metabolismo, apresenta potências e capacidades diferenciadas na aptidão de formação de ATP. De uma forma geral, a maior ou menor quantidade de energia disponibilizável para o trabalho muscular corresponde à capacidade dos sistemas fornecedores de energia, enquanto a velocidade de processamento dessa mesma energia é designada por potência (Vilas-Boas, 2000).

### 2.2.1.1 Metabolismo Anaeróbio Aláctico

Este sistema de produção de energia é caracterizado por processos simples, sem o envolvimento de oxigénio nas suas reacções, que permite o imediato restabelecimento de ATP muscular (Guyton e Hall, 2006).

É utilizado um composto armazenado nas células musculares, fosfocreatina, que contém uma ligação fosfato de alta energia, semelhante às ligações do ATP. A libertação de energia resultante da quebra das suas ligações e catalisada pela enzima creatina kinase, promove a fixação do ião fosfato ao ADP, reconstituindo assim o ATP. Esta via anaeróbia aláctica de produção de energia resume-se a apenas uma reacção enzimática, a hidrólise, pelo que, ao tratar-se de um processo simples, proporciona uma forma rápida de sintetização de ATP (Guyton e Hall, 2006).

No entanto, a capacidade de manter os níveis de ATP com a energia proveniente da fosfocreatina, é limitada, uma vez que as suas reservas se esgotam rapidamente, podendo este processo ser sustentado durante apenas alguns segundos (Wilmore e Costill, 2001).

No que diz respeito à duração específica deste sistema metabólico, a literatura encontrada diverge um pouco nas suas opiniões. Powers e Howley (2007) referem que este sistema pode suprimir grande parte da energia necessária para o trabalho em esforços máximos de 1 a 5s, enquanto Barata e os seus colaboradores (1997) e Guyton e Hall (2006) mencionam a sua durabilidade entre os 7 e os 10s. Paralelamente, Brooks et. al. (2000), estabelecem a durabilidade deste metabolismo entre os 5 e os 15s, enquanto Gastin (2001) refere que o envolvimento do metabolismo Anaeróbio aláctico em exercícios de intensidade máxima pode ir até aos 20s.

A restauração dos depósitos de fosfocreatina segue um comportamento exponencial, numa primeira fase mais rápida, até aos 10-20s e numa segunda fase, mais lenta, que poderá durar cerca de 3min (Grosser, 1992).

Na Natação Pura Desportiva, este sistema de produção de energia, pode ser treinado através do desenvolvimento da capacidade dos fosfagénios - Treino da Capacidade Aláctica. Trata-se de um treino com uma intensidade máxima, que visa

aumentar as concentrações de fosfagénios, disponibilizando assim mais energia para o funcionamento dos músculos (Vilas-Boas, 2000).

Para um melhor aproveitamento deste sistema deve-se também exercitar a sua potência (Treino de Potência Aláctica), ou seja, desenvolver a actividade enzimática responsável pelo processamento dos compostos fosfatados de alta energia. Mais especificamente, este treino, tentará aumentar a actividade das ATPases – Mioquinase e Creatinaquinase, através de exercícios muito curtos e de intensidade máxima, com intervalos de repetição entre cada repetição muito reduzidos. (Vilas-Boas, 2000).

### **2.2.1.2 Metabolismo Anaeróbio Láctico**

Os esforços de intensidade elevada com uma duração entre 30s e 1min – por ex: disciplinas de resistência de velocidade, tais como uma corrida de 400m, ou uma prova de nado de 100m livres - apelam a um sistema energético claramente distinto, caracterizado por uma grande produção e acumulação de ácido láctico. (Brooks et. al., 2000).

Este método de produção de ATP, que resulta na formação de ácido láctico, envolve a libertação de energia pela degradação dos hidratos de carbono, armazenados sobre a forma de glicogénio, utilizando enzimas glicolíticas durante o processo, designa-se de glicólise (Wilmore e Costill, 2001).

È um processo que requer um conjunto de 12 reacções enzimáticas, que converte rapidamente uma molécula de glucose em 2 de piruvato, e que na falta de oxigénio é reduzido pela desidrogenase (LDH) formando ácido láctico. Estas reacções formam paralelamente 2 ATP, sem necessidade da utilização do oxigénio (Brooks et. al., 2000; Gastin, 2001; Guyton e Hall, 2006; Powers e Howley, 2007).

Como foi referido, este sistema energético não produz uma larga quantidade de ATP, mas apesar desta limitação, a combinação com o sistema ATP-CP permite gerar força mesmo com fornecimento limitado de oxigénio, conseguindo funcionar à sua máxima intensidade durante 1 a 2 minutos (Maughan et. al., 1997; Brooks et. al., 2000; Gastin, 2001; Wilmore e Costill, 2001; Guyton e Hall, 2006).

A acumulação de lactato nos músculos e nos fluidos corporais, é uma das maiores limitações deste sistema fornecedor de energia, e esta acidificação impede o funcionamento normal das enzimas glicolíticas, assim como a acção do cálcio e por isso diminui a contracção muscular (Wilmore e Costill, 2001).

Durante a realização de exercício intenso, as quantidades significativas de ácido láctico que se vão acumulando no músculo, provocam uma acidose intensa (libertação de H<sup>+</sup>) que conduz a uma fadiga progressiva. Este último fenómeno resulta de alterações do ambiente físico-químico dentro da fibra, nomeadamente da diminuição do pH, na diminuição da actividade de enzimas glicolíticas, acabando por bloquear progressivamente os próprios processos de formação de ATP na fibra esquelética. De uma forma geral, a depleção dos sistemas energéticos e a acumulação de produtos do catabolismo, provocam a falência do mecanismo contráctil da fibra esquelética. (Brooks et. al., 2000)

Na recuperação, o metabolismo aeróbio funciona a uma taxa elevada, sendo requisitado para restaurar o processo de retorno do organismo à sua condição anterior ao exercício repondo os fosfatos de alta energia e reutilizando o ácido láctico (Gladden, 2000).

O treino deste sistema de produção de energia pode também ser realizado através de 2 formas. O Treino de Potência Glicolítica, caracterizado pela tentativa de elevar a actividade das enzimas glicolíticas, responsáveis pela degradação do glicogénio até ao ácido láctico. Neste treino, o intervalo de tempo entre repetição deve ser suficiente para repor as reservas de ATP e CP e alguma glicólise, mas fundamentalmente para limpar os resíduos fortes (metabolitos) do sistema glicolítico (lactato), devendo a recuperação permitir a realização de cada repetição à mesma intensidade da anterior, a uma intensidade máxima ou muito perto da intensidade máxima (Vilas-Boas, 2000).

O outro treino deste sistema metabólico diz respeito à exercitação da capacidade glicolítica, sobretudo a capacidade muscular para dar continuidade ao trabalho em ambientes fisiológicos e celulares adversos, nomeadamente devido à acidose metabólica (tolerância láctica), mas também o aumento das reservas musculares de glicogénio,

principalmente nas fibras musculares tipo II. Neste treino, o objectivo é reduzir a sensibilidade das enzimas à acidose metabólica por aumento da capacidade de tamponamento, realizando uma sequência de exercícios com concentrações de lactato máximas (Vilas-Boas, 2000).

### **2.2.1.3 Metabolismo Aeróbio**

Já há muito tempo assumido que o sistema de energia aeróbio responde lentamente às exigências dos exercícios de alta intensidade e tem um papel pouco importante nas performances dos atletas, em percursos de duração reduzida (Gastin, 2001).

No entanto, verifica-se que esta via metabólica, com esforços de duração superior a 2min e com a possibilidade de funcionamento por várias horas seguidas, permitindo apenas esforços ligeiros ou moderados, assegura a produção de ATP maioritariamente pela mitocôndria (organelos especializados que existem no interior da fibra muscular esquelética, responsáveis pelo catabolismo aeróbio dos principais compostos provenientes da alimentação, pelo consumo de oxigénio na fibra e pela homeostasia das concentrações celulares de ATP-CP), pelo que esses esforços são apelidados de oxidativos ou, simplesmente, aeróbios. (Wilmore e Costill, 2001; Guyton e Hall, 2006)

Contrariamente à glicólise, no metabolismo anaeróbio, que utiliza exclusivamente hidratos de carbono, os mecanismos celulares oxidativos, permitem a continuação do catabolismo dos hidratos de carbono, bem como dos ácidos gordos (lípidos) e dos aminoácidos (proteínas) (McArdle, 2009).

No que diz respeito à produção de ATP pela degradação dos hidratos de carbono, na presença de oxigénio é, como já foi referido, um mecanismo lento que comporta cerca de trinta reacções em cadeia, envolvendo a glicólise, o ciclo de Krebs e a cadeia transportadora de electrões, produzindo na totalidade 36 a 38 ATP por cada molécula de glicose degradada (McArdle, 2009).

Após o funcionamento da glicólise, anteriormente apresentado, e na presença de oxigénio, o ácido pirúvico pode ser transportado para dentro das mitocôndrias através dos shuttles mitocondriais e continuar a disponibilizar energia via oxidação (ciclo de Krebs e cadeia transportadora de electrões), formando 34 a 36 moléculas de ATP. (McArdle, 2009).

A molécula de piruvato, entra na mitocôndria e é irreversivelmente convertida numa forma de ácido acético, a acetil-CoA, iniciando-se a segunda fase da degradação do hidrato de carbono, denominada de Ciclo de Krebs. A principal função do ciclo de Krebs é degradar a molécula de acetil-CoA em dióxido de carbono e em átomos de hidrogénio dentro da matriz mitocondrial, sendo posteriormente utilizadas as “moléculas transportadoras” nicotinamida adenina dinucleotídeo (NAD) e flavina adenina dinucleotídeo (FAD) para transportar os hidrogénios e a energia associada, para a cadeia de transporte de electrões. (McArdle, 2009).

Nesta cadeia de transporte, depois da separação em electrões e protões, e como resultado final, o H<sup>+</sup> combina-se com o oxigénio formando água e prevenindo a acidificação do ambiente celular. A energia libertada durante a cadeia transportadora de electrões é utilizada para a fosforilação do ADP transformando-o em ATP, e daí o nome deste processo: fosforilação oxidativa (Wilmore e Costill, 2001).

No que diz respeito à produção de energia pela degradação dos lipídios, esta ocorre principalmente devido à degradação dos triglicerídeos. Esta molécula é hidrolizada, degradando-se em glicerol e em três moléculas de ácidos gordos livres, utilizando neste processo a enzima lipase, ficando assim o processo a ser denominado de lipólise. (McArdle, 2009).

A molécula de glicerol é introduzida directamente para a glicólise, onde ocorre, como já foi referido anteriormente, a sua degradação em piruvato. (McArdle, 2009).

Os ácidos gordos depois de libertados, entram nas fibras musculares por difusão e são activados por enzimas, preparando-os para o catabolismo dentro da mitocôndria, num processo denominado de Beta-oxidação. Neste processo, cada molécula de ácido gordo é sucessivamente separada em fragmentos de Acetil com 2 carbonos. É usado ATP para fosforilar as reacções, é adicionada água, os hidrogénios passam para o NAD<sup>+</sup> e para o FAD e o fragmento de acetil junta-se à Coenzima A, formando a Acetil-

CoA. Esta é a mesma Acetil-CoA da degradação da glucose que entrará no ciclo de Krebs para um posterior metabolismo. Todo este processo é repetido até que seja degradada a molécula completa de ácido gordo. Como cada molécula de ácido gordo é composta por 18 carbonos, através desta beta-oxidação serão formadas 9 moléculas de acetil-CoA o que resultará posteriormente numa maior quantidade de ATP. (McArdle, 2009).

A utilização das proteínas, apesar de não ser maioritariamente utilizado pelo organismo é outra das formas de fornecimento de energia utilizada pelo organismo. No entanto trata-se de um fenómeno complexo, uma vez que apresenta nitrogénio nos aminoácidos que a constituem, nitrogénio esse que não pode ser oxidado. Após a remoção do nitrogénio, os diferentes aminoácidos podem ser transformados num dos vários intermediários do metabolismo oxidativo (piruvato, oxaloacetato ou malato), iniciando assim mais uma forma de produção de energia. No entanto, a remoção do grupo amino que contém nitrogénio, para ser extraída do organismo tem de estar dissolvida em fluidos (urina). Por esta razão, o excessivo catabolismo das proteínas aumenta também a necessidade de ingestão de fluidos. (McArdle, 2009).

O sistema metabólico aeróbio apresenta, como já foi referido anteriormente, um treino dirigido para o aumento da capacidade de produção de ATP e outro dirigido para o desenvolvimento da sua potência.

O treino da potência aeróbia envolve o “desenvolvimento da actividade enzimática das enzimas do ciclo de Krebs e da cadeia de transporte de electrões e do demais capital enzimático e mecanismos responsáveis pela difusão e perfusão periférica de oxigénio e pelo processamento intracelular de fosfagénio entre a mitocôndria e o citosol” (Villas-Boas, 2000). Para além deste aspecto, o treino de potência aeróbia tem também como objectivo o desenvolvimento da capacidade de disponibilização de Oxigénio à célula muscular, que é referido por Di Prampero (1999) como o principal factor condicionante (70%) do consumo máximo de Oxigénio do sujeito.

O treino da capacidade oxidativa, diz respeito ao treino de uma capacidade que poderia ser entendida como a quantidade total de energia, mas que, em natação, “nos parece ser entendida predominantemente em termos de quantidade máxima de energia

susceptível de ser disponibilizada por unidade de tempo em equilíbrio metabólico oxidativo (sem acumulação de lactato e de iões H<sup>+</sup>, inibidores a prazo do metabolismo da glicose) (Villas-Boas, 2000).

### **2.2.2 Funcionamento Integrado dos Sistemas Energéticos**

Como nos referem diversos autores (Brooks et. al., 2000; Olbrecht, 2000; Powers e Howley, 2007) as diversas formas de produção de energia são complementares e operam simultaneamente, não sendo possível recrutar energia proveniente de uma única via energética.

Esta interacção e as contribuições relativas dos três sistemas energéticos durante períodos de exercício exaustivo é de um interesse considerável tanto teórico como prático (Gastin, 2001).

Como nos refere também Gastin em 2001, em todas as actividades físicas, é utilizada a energia dos três processos de fornecimento, não havendo dúvida de que cada sistema está mais adaptado para providenciar energia para diferentes tipos de actividades, não implicando necessariamente exclusividade. A participação dos 3 sistemas energéticos ocorre em simultâneo e de forma integrada, verificando-se a preponderância de um determinado sistema em relação aos restantes (Brooks et. al., 2000; Guyton e Hall, 2006; Powers e Howley, 2007).

Esta preponderância de utilização de um determinado processo e a importância de cada um na produção do ATP necessário para determinado esforço muscular, depende de factores como a natureza e a duração de actividade, disponibilidade de substratos, e intensidade do exercício (Gollnick e Hodgson, 1986, cit. Aleixo, 2006).

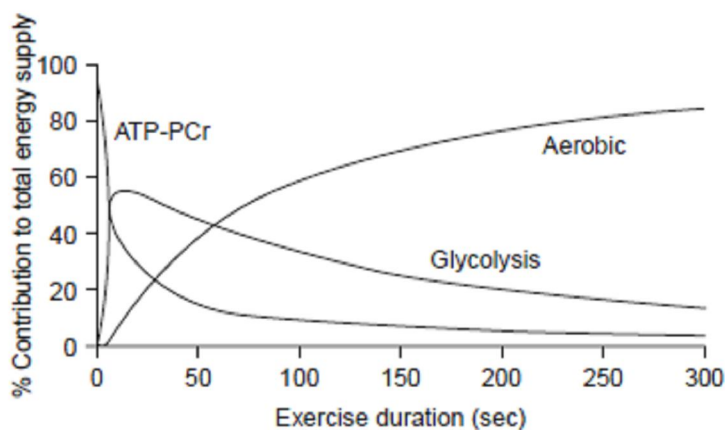
No que diz respeito ao sistema anaeróbio, este é capaz de responder imediatamente às necessidades energéticas do exercício e está pronto a suportar exigências extremamente altas de potência muscular (Gastin, 2001). Como nos refere Brooks e seus colaboradores (2000), o sistema ATP-CP apresenta mais do dobro da potência da glicólise e quatro vezes a potência do sistema oxidativo, razão pela qual é preferencialmente utilizado nos esforços de intensidade máxima e de curta duração.

Como nos refere Ogita (2006) de uma forma geral, o exercício exaustivo de curta duração é reconhecido como “exercício anaeróbio”.

No entanto, este sistema anaeróbio é limitado na sua capacidade, verificando-se uma paragem do exercício ou uma redução da sua potência para níveis que vão de encontro ao metabolismo aeróbio, em exercícios com períodos longos de altas intensidades (Gastin, 2001), devendo-se esta ocorrência principalmente ao esgotamento das reservas de fosfocreatina e à acumulação de ácido láctico (Brooks et. al., 2000; Wilmore e Costill, 2001).

O sistema energético aeróbio, apesar de responder surpreendentemente rápido às necessidades do exercício intensivo, é incapaz de colmatar as necessidades energéticas no início do exercício. Parece-nos assim evidente que este sistema aeróbio desenvolve um papel importante nas performances durante exercícios de alta intensidade, uma vez que tem uma contribuição aproximadamente igual ao sistema energético anaeróbio num exercício máximo de 75 segundos, tendo posteriormente uma importância cada vez maior (Gastin, 2001).

Toda esta interacção entre os sistemas energéticos é apresentada de uma forma simples por Gastin (2001), na fig 1.



**Figura 1: Contribuição relativa de cada sistema energético, em exercícios de intensidade máxima (Gastin, 2001, p.737).**

Gastin (2001) atribuiu uma percentagem de 73% de energia disponibilizada pelo metabolismo anaeróbio para esforços até aos 30 segundos, descendo esta contribuição dos 55% para os 37% na passagem de 1 para 2 minutos de esforço intensivo.

Olbrecth, em 2000, atribuiu ao metabolismo anaeróbio láctico, uma percentagem de utilização de 50%, para exercícios com a duração entre 40 e 60 segundos, sendo nos exercícios entre 90 e 120s de 30%.

No entanto Ogita, num estudo em 2006, indicou que a importância relativa dos processos de energia anaeróbia em três estilos decresceu de 78-85% aos 15s, para 50% em 1min, 30% em 2-3 min, quando as reservas de energia anaeróbia estavam no máximo. Para além disso, era somente de ~5% na duração de 8-10min. De uma forma geral, exercício exaustivo de curta duração é reconhecido como “exercício anaeróbio”. Este autor revela também que até nos exercícios intensivos de 15s, as reservas de energia aeróbia cobriam pelo menos 15-20% da energia necessária, assim como cobria mais de 65% em exercícios de 2-3min. Concluindo, a contribuição relativa dos sistemas energéticos aeróbio e anaeróbio foram quase iguais em exercícios com a duração de 1min, sugerindo então que ambos os processos de energia devem ser fortalecidos para melhorar a performance nas provas de 100 e 200m.

Concluindo, os sistemas de fornecimento de energia têm um funcionamento complementar entre si, respondendo da forma mais eficiente aos diferentes tipos de exigências físicas. Cada sistema tem os seus factores limitativos, o que proporciona a preponderância de um regime em relação a outro durante o exercício intenso. Com o aumento da duração do exercício, a preponderância de utilização vai passando do sistema anaeróbio para o sistema aeróbio, sendo a homogeneidade de utilização entre os dois sistemas alcançada aproximadamente aos 75s de exercício máximo.

Analisando agora, mais especificamente, a interacção entre os diferentes sistemas e o contributo energético durante as provas competitivas de Natação, constatámos que, uma vez que a maioria das provas existentes tem menos de 200 metros, e consequentemente menos de 2 minutos e trinta, mesmo quando realizado por jovens nadadores, o sistema energético anaeróbio será o maior contribuidor para os esforços durante a competição (Fernandes et. al., 2008).

Assim, sem descurar a importância da capacidade aeróbia na performance na natação, uma larga capacidade anaeróbia, com elevados níveis de quebra de glicogénio

e de actividade de enzimas glicolíticas no músculo, pode ser um pré-requisito para um nado rápido (Trappe, 1996, cit. Fernandes et. al., 2008).

Com tudo o que já foi referido sobre os diferentes sistemas de produção de energia, é fácil compreender que para a obtenção dos melhores resultados em Natação Pura Desportiva, os nadadores terão de “dosear” a intensidade com que realizam as provas, de acordo com a duração de cada prova. Em distâncias curtas, as intensidades serão máximas, mas com o aumento das distâncias de nado, cada nadador deverá tentar retardar ao máximo a acumulação das concentrações de lactato.

### 2.3 A Velocidade Crítica

A velocidade crítica é um parâmetro que tem vindo a ser investigado ao longo dos anos e é cada vez mais utilizado pelos treinadores como um parâmetro de controlo e avaliação do treino, sendo um método simples, não invasivo, pouco dispendioso e que pode ser aplicado no local próprio do treino (Dekerle et. al., 2002).

Teoricamente, a potência/velocidade crítica é definida como sendo a mais alta intensidade de exercício que pode ser mantida por um longo período de tempo sem exaustão (Monod, 1965). Como nos diz também Dekerle e Carter (2006), diz respeito ao limite superior no domínio da alta intensidade, isto é, a intensidade mais alta que não permite o VO<sub>2</sub>máx de ser atingido durante um exercício de carga constante.

Foi um conceito adaptado à Natação Pura Desportiva por Wakayoshi et. al. em 1992, que o apresentou como a velocidade máxima de nado que pode ser mantida sem exaustão durante um longo período de tempo, e que é dada pelo declive da recta de regressão entre a distância (d) percorrida à máxima velocidade e o respectivo tempo (t) necessário para a percorrer, obtida através de várias distâncias de nado. A equação da recta de regressão é do tipo  $y = ax + b$ .

Esse conceito adaptado surge, uma vez que, comparativamente com as corridas nas passadeiras ou ciclismo no laboratório, é inconveniente medir as concentrações de lactato no sangue ou os parâmetros de trocas nos gases na piscina, e assim, a aplicação da potência crítica ou velocidade crítica irá dar informações valiosas aos nadadores para

estimar o potencial de nado com um método não invasivo e sem custos (Abe et. al., 2006).

Como nos diz também Dekerle, em 2006, este conceito tem sido aplicado na natação, de forma a poder oferecer as bases para analisar os efeitos no treino, predizer futuras performance competitivas e providenciar recomendações para um contínuo treino condicional.

Seguindo os conceitos iniciais de Wakayoshi et. al. (1992), Fernandes e os seus colaboradores, em 2008, referem que a equação da linha de regressão, obtida pela relação entre as distâncias de nado e os respectivos tempos de duração tem sido utilizada para estimar os valores de velocidade crítica. Este valor é considerado um bom indicador indirecto do limiar anaeróbio, e conseqüentemente, uma medida da capacidade aeróbia fundamental dos nadadores.

Assim podemos concluir que, o conhecimento actual da aplicação deste conceito de velocidade crítica parece ser o suficiente para demonstrar o seu interesse para o treino. A relação distância-tempo (D-T) parece ser uma ferramenta prática para determinar intensidades de treino, monitorizar efeitos de treino, e predizer as performances (Dekerle, 2006).

Ao analisar esta temática verificámos que vários autores (Wakayoshi et. al., 1992; Dekerle et. al., 1999; Dekerle et. al., 2002; Fernandes e Vilas-Boas, 2002; Greco et. al., 2007) associaram os valores da velocidade crítica, à ideia de intensidade máxima aeróbia, imediatamente inferior à que provocaria um desequilíbrio entre a produção e a remoção de lactato, ou seja, associável à avaliação do limiar anaeróbio.

No entanto, outros investigadores tentaram estabelecer uma ligação entre a velocidade crítica e a velocidade correspondente ao máximo consumo de oxigénio. Dekerle et. al. (2005) rejeitou as ideias da relação entre a velocidade crítica e velocidade máxima que pode ser mantida sem um aumento da concentração de lactato, tendo Di Prampero et. al. (2008), correspondido os valores de velocidade crítica à velocidade de consumo máximo de oxigénio.

Com a existência de alguma controvérsia e inconsistência na abordagem desta temática, vários autores continuaram as suas investigações, tendo optado pela utilização de protocolos metodológicos diferentes.

Abe et. al. em 2006, estabeleceram uma forte relação entre a velocidade crítica, determinada a partir da performance em distâncias de nado de bruços em 75, 100 e 150 metros, e a performance nos 50 metros, apesar da velocidade dos 50 metros ser cerca de 25% maior que a velocidade crítica.

Por sua vez, Di Prampero et. al. (2008), alcançou os seus resultados, da ligação da velocidade crítica com o  $VO_{2max}$ , utilizando para o cálculo da velocidade crítica, distâncias de 45,7m, 91,4m e 182,9m.

Outros estudos, concluíram sobre a sobrestimação das velocidades de nado do limiar anaeróbio com a utilização da velocidade crítica, tendo no entanto sido utilizados distâncias de 200 e 400m (Wakayoshi et. al., 1992b; Wakayoshi et. al., 1993; Hill et. al., 1995; Fernandes et. al., 2001; Greco et. al., 2007)

No entanto, as maiores relações entre a velocidade crítica e o limiar anaeróbio foram alcançadas em estudos que utilizaram distâncias maiores para o cálculo da velocidade crítica (Wakayoshi et. al., 1992a; Dekerle et. al., 1999; Fernandes et. al., 1999; Brickley et. al., 2004).

Estas diferenças no resultado dos dados pode ser explicada, como nos refere Fernandes em 2008, pela metodologia usada para a obtenção do valor de velocidade crítica, ou seja, pela distância de nado nos testes aplicados. Assim, quanto maior a distância de nado, maior a relação da velocidade crítica com regimes aeróbios, com o limiar anaeróbio e com as performances de longa distância. E com a utilização de distâncias mais curtas, maior a relação com regimes potentes, ou seja, com performances anaeróbias.

Actualmente, alguns investigadores têm vindo a explorar esta nova tendência da velocidade crítica, utilizando para a sua determinação distâncias curtas de nado e relacionando-a com performances anaeróbias (Fernandes et. al., 2008, Neiva, 2008).

Fernandes et. al. (2008) ao utilizar no seu estudo, distâncias de 12,5m, 25m e 50m para o cálculo da velocidade crítica, e atribuindo a esta velocidade, pela primeira

vez o termo, Velocidade Crítica Anaeróbia, concluiu que este valor pode ser usado como medida do potencial de nado anaeróbio. Este autor ao converter o valor da velocidade crítica anaeróbia para os 100m, e comparando-o com o valor de prova dos 100m, verificou que a diferença era de menos de 1m/s, atribuindo assim uma grande importância a este conceito, sugerindo a sua utilização para o alcance de um índice da performance anaeróbia de jovens competidores de Natação.

Neiva (2008) utilizou distâncias de 15, 25, 37,5 e 50 para o cálculo da velocidade crítica e, neste estudo, concluiu que a velocidade crítica anaeróbia correlaciona-se de forma significativa com a velocidade de prova dos 100m e com os seus parciais de 50m. Este autor observou também uma grande semelhança entre os valores da VCA<sub>n</sub> e o 2º parcial de 50m na prova de 100m.

## **III – Objectivos e Hipóteses**

### **3.1 Objectivos**

#### **3.1.1 Geral**

O objectivo do presente estudo foi analisar a velocidade crítica anaeróbia em jovens nadadores.

#### **3.1.2 Específicos**

1. Determinar a velocidade crítica anaeróbia em jovens nadadores nas quatro técnicas de nado.

2. Analisar a relação entre a velocidade crítica anaeróbia e a velocidade em provas de 50m, 100m e 200m nas quatro técnicas de nado.

3. Verificar a existência de diferenças entre a velocidade crítica anaeróbia e a velocidade em provas de 50m, 100m e 200m nas quatro técnicas de nado

### **3.2 Hipóteses**

1. A velocidade crítica anaeróbia apresenta valores mais elevados na técnica de crol, seguindo-se as técnicas de costas, mariposa e bruços.

2. Existe uma relação positiva entre a velocidade crítica anaeróbia e a velocidade em provas de 50m, 100m e 200m nas quatro técnicas de nado.

3. Não existem diferenças entre a velocidade crítica anaeróbia e a velocidade em provas de 50m, 100m e 200m nas quatro técnicas de nado



## IV – Material e Métodos

### 4.1 Caracterização da Amostra

A amostra para este estudo foi constituída por 12 nadadores do género masculino e por 8 nadadores do género feminino, pertencentes ao escalão de Infantis, de um clube representativo da natação portuguesa. A contribuição dos nadadores, reflectiu-se em dados referentes aos 4 estilos de nado, distribuídos da seguinte forma: crol (n = 20), costas (n = 6), bruços (n = 6), mariposa (n = 7).

De seguida (Quadro 1) estão dispostos os valores médios e os respectivos desvios-padrão, apresentados pelo conjunto de nadadores da amostra, no que se refere às Idades, Pesos, Alturas, complementarizadas com as informações sobre os seus Índices de Massa Corporal e os anos de prática em Natação Pura Desportiva.

**Quadro 1: Valores médios e desvios-padrão ( $X \pm SD$ ), valores máximo e mínimo da idade e das características antropométricas**

	<b>X<math>\pm</math>SD</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
<b>Idade (anos)</b>	12,10 $\pm$ 0,72	13	11
<b>Altura (cm)</b>	1,56 $\pm$ 0,10	1,78	1,40
<b>Peso (kg)</b>	45,49 $\pm$ 11,75	78,7	33
<b>Índice de Massa Corporal</b>	18,36 $\pm$ 2,76	24,84	14,52
<b>Anos de Prática em NPD (anos)</b>	3,70 $\pm$ 1,26	5	2

A recolha destes dados, importantes para a definição da nossa amostra de estudo, foi realizada através de contactos pessoais com os atletas, em que foi aferido inicialmente a idade e os anos de Prática de cada um. Posteriormente, foi utilizado um antropómetro para a medição da altura e uma balança digital para o controlo do peso, tendo o Índice de Massa Corporal sido obtido com a utilização da fórmula matemática<sup>1</sup> mais comumente utilizada.

<sup>1</sup>  $IMC = \text{Peso} / \text{Altura}^2$

## 4.2 Metodologia

O protocolo de avaliação foi aplicado em piscina coberta de 25m, à temperatura de 28° C e com humidade média inferior a 75%.

A recolha de dados foi realizada perto do final da época desportiva, retirando para cada elemento da amostra, os melhores tempos de 50, 100 e 200m, realizados durante provas competitivas. Foram analisadas as 4 técnicas de nado sempre que possível, tendo todos os tempos sido registados em placard electrónico.

Inicialmente foram realizados os testes em diferentes patamares (10, 15, 20 e 25m), nadados à velocidade máxima, para determinação da Velocidade Crítica Anaeróbia. Estes testes foram realizados nas melhores técnicas individuais de nado, de forma crescente em relação à sua distância, e controlados por dois cronómetros.

### 4.2.1 Protocolo Experimental

Para uma correcta aplicação deste protocolo experimental, e tentando proporcionar as melhores condições aos atletas, cada nadador foi informado das condições de aplicação do teste, alertando-os para a necessidade de concentração e entrega máxima.

Cada elemento pertencente ao grupo amostral foi sujeito a uma activação geral de 600m, tendo posteriormente, 10m de intervalo antes da realização do protocolo Experimental.

Cada nadador iniciava a sua prova, para determinação da Velocidade Crítica Anaeróbia, após o sinal sonoro (apito), realizando as repetições de 10m, 15m, 20m e 25m com saída da parede, na melhor técnica de nado e à velocidade máxima. Entre cada repetição cumprida fizeram um intervalo de 30 minutos em nado contínuo livre de baixa intensidade.

## 4.3 Procedimentos Estatísticos

Para análise dos dados recolhidos foi utilizado o programa Microsoft Excel para Windows. A análise estatística realizada para o tratamento dos dados do nosso estudo,

foi efectuada através do programa SPSS 15.0 para Windows, tendo esta análise se iniciado com a realização do teste estatístico Shapiro-Wilk, que nos permitiu verificar se as variáveis utilizadas seguiam uma distribuição normal.

Com a análise descritiva efectuada, foram calculadas as médias e respectivos desvios-padrão dos valores da VCAn e das velocidades de prova em cada técnica de nado.

A análise estatística dos dados compreendeu a representação gráfica das distâncias anaeróbias e respectivos tempos de nado individuais, obtendo rectas do tipo  $y=ax+b$ , em que  $y$  equivale à distância (m),  $a$  é o declive da recta correspondente a uma velocidade ( $m.s^{-1}$ ),  $x$  corresponde ao tempo (s) e  $b$  é o valor da ordenada na origem.

As velocidades críticas anaeróbias calculadas foram relacionadas com as velocidades das provas de 50m, 100m e 200m utilizando o coeficiente de correlação de Pearson. Para comparar a VCAn e a velocidade de prova em cada técnica de nado procedeu-se à aplicação do t-teste de medidas repetidas.

A comparação entre a VCAn e a velocidade do teste foi verificada através do t-teste de medidas repetidas, para cada repetição, bem como se determinou o coeficiente de correlação de Pierson.

As diferenças foram consideradas significativas quando  $p \leq 0,05$  ou quando  $p \leq 0,01$ , para os casos devidamente identificados.

## V - Apresentação dos Resultados

Começamos com a apresentação dos valores médios e respectivos desvios-padrão (Quadro 2) de cada um dos parâmetros que foram analisados neste estudo (Velocidade Crítica Anaeróbia, Velocidade de Prova nos 50m, Velocidade de Prova nos 100m e Velocidade de Prova nos 200m), diferenciado esses valores por cada uma das técnicas de nado.

**Quadro 2: Valores da Média e do Desvio-Padrão da Velocidade Crítica Anaeróbia e da Velocidade de Prova nos 50, 100 e 200m, para cada uma das técnicas de nado.**

Parâmetros	Bruços	Costas	Crol	Mariposa
	(n=6)	(n=6)	(n=20)	(n=7)
	X ± DP	X ± DP	X ± DP	X ± DP
<b>VCA<sub>n</sub></b>	0,886 ± 0,161	1,072 ± 0,100	1,266 ± 0,164	1,103 ± 0,225
<b>V50</b>	1,090 ± 0,164	1,206 ± 0,095	1,452 ± 0,179	1,355 ± 0,177
<b>V100</b>	1,038 ± 0,135	1,173 ± 0,093	1,392 ± 0,171	1,233 ± 0,144
<b>V200</b>	0,929 ± 0,115	1,128 ± 0,092	1,291 ± 0,143	1,078 ± 0,111

**Legenda:** V50m – velocidade média na prova de 50m; V100 - velocidade média na prova de 100m; V200m – velocidade média na prova de 200m; VCA<sub>n</sub> – Velocidade Crítica Anaeróbia; X – média; DP – desvio-padrão; n – número de nadadores.

De seguida apresentamos os resultados da técnica de bruços, relativamente às diferenças entre as diferentes velocidades de prova e a velocidade crítica anaeróbia.

Ao analisar o Quadro 3 verificamos que na técnica de bruços, apenas as diferenças entre as velocidades de prova nos 50 e 100m com a velocidade crítica anaeróbia são estatisticamente significativas.

**Quadro 3: Valores da média e do desvio-padrão (X ±DP) para as diferenças entre as velocidades de prova e a velocidade crítica anaeróbia na técnica de Bruços.**

<b>Bruços</b>			
	<b>X</b>	<b>DP</b>	<b>P</b>
<b>V50m - VCAn</b>	0,204	0,063	0,001*
<b>V100m - VCAn</b>	0,153	0,069	0,003*
<b>V200m - VCAn</b>	0,077	0,076	0,086

**Legenda:** V50m – velocidade média na prova de 50m; V100 - velocidade média na prova de 100m; V200m – velocidade média na prova de 200m; VCAn – Velocidade Crítica Anaeróbia; X – média; DP – desvio-padrão; p – significância; \* - representa diferenças estatisticamente significativas com um valor de significância de  $p \leq 0,05$ .

Assim como na técnica de Bruços, as diferenças referentes às técnicas de Costas (Quadro 4) e de Crol (Quadro 5), foram significativas apenas nas velocidades de prova dos 50 e 100m.

**Quadro 4: Valores da média e do desvio-padrão (X ±DP) para as diferenças entre as velocidades de prova e a velocidade crítica anaeróbia na técnica de Costas.**

<b>Costas</b>			
	<b>X</b>	<b>DP</b>	<b>P</b>
<b>V50m - VCAn</b>	0,134	0,542	0,002*
<b>V100m - VCAn</b>	0,101	0,510	0,005*
<b>V200m - VCAn</b>	0,054	0,064	0,133

**Legenda:** V50m – velocidade média na prova de 50m; V100 - velocidade média na prova de 100m; V200m – velocidade média na prova de 200m; VCAn – Velocidade Crítica Anaeróbia; X – média; DP – desvio-padrão; p – significância; \* - representa diferenças estatisticamente significativas com um valor de significância de  $p \leq 0,05$ .

**Quadro 5: Valores da média e do desvio-padrão (X ±DP) para as diferenças entre as velocidades de prova e a velocidade crítica anaeróbia na técnica de Crol.**

<b>Crol</b>			
	<b>X</b>	<b>DP</b>	<b>P</b>
<b>V50m - VCAn</b>	0,186	0,095	0,000*
<b>V100m - VCAn</b>	0,126	0,070	0,000*
<b>V200m - VCAn</b>	0,025	0,071	0,132

**Legenda:** V50m – velocidade média na prova de 50m; V100 - velocidade média na prova de 100m; V200m – velocidade média na prova de 200m; VCAn – Velocidade Crítica Anaeróbia; X – média; DP – desvio-padrão; p – significância; \* - representa diferenças estatisticamente significativas com um valor de significância de  $p \leq 0,05$ .

No quadro 6 verificamos que, na técnica de Mariposa, apenas o resultado da diferença entre a velocidade prova de 50m com a velocidade crítica anaeróbia apresentou valores significativos.

**Quadro 6: Valores da média e do desvio-padrão (X  $\pm$ DP) para as diferenças entre as velocidades de prova e a velocidade crítica anaeróbia na técnica de Mariposa.**

<b>Mariposa</b>			
	<b>X</b>	<b>DP</b>	<b>P</b>
<b>V50m - VCA<sub>n</sub></b>	0,252	0,241	0,033*
<b>V100m - VCA<sub>n</sub></b>	0,130	0,220	0,170
<b>V200m - VCA<sub>n</sub></b>	- 0,081	0,182	0,378

**Legenda:** V50m – velocidade média na prova de 50m; V100 - velocidade média na prova de 100m; V200m – velocidade média na prova de 200m; VCA<sub>n</sub> – Velocidade Crítica Anaeróbia; X – média; DP – desvio-padrão; p – significância; \* - representa diferenças estatisticamente significativas com um valor de significância de  $p \leq 0,05$ .

No quadro 7 verificamos que na técnica de bruços, existe uma forte correlação entre os valores da velocidade crítica anaeróbia e as diferentes velocidades de prova (V50, V100, V200), sendo estes valores significativos ( $p \leq 0,05$ ).

**Quadro 7: Valores do coeficiente de correlação (r), entre a velocidade crítica anaeróbia e a velocidade de prova nos 50, 100 e 200m, na técnica de Bruços.**

<b>Bruços</b>	<b>r</b>	<b>p</b>
<b>V50m &amp; VCA<sub>n</sub></b>	0,924	0,008*
<b>V100m &amp; VCA<sub>n</sub></b>	0,904	0,013*
<b>V200m &amp; VCA<sub>n</sub></b>	0,885	0,046*

**Legenda:** V50m – velocidade média na prova de 50m; V100 - velocidade média na prova de 100m; V200m – velocidade média na prova de 200m; VCA<sub>n</sub> – Velocidade Crítica Anaeróbia; r - coeficiente de correlação; p – significância; \* - representa diferenças estatisticamente significativas com um valor de significância de  $p \leq 0,05$ .

Para a disciplina de Costas os valores encontrados (Quadro 8) revelaram uma boa correlação entre a velocidade crítica anaeróbia e a velocidade de prova nos 50, 100 e 200m. No entanto, só existem diferenças significativas nas provas de 50 e 100m ( $p=0,034$  e  $p=0,027$ ).

**Quadro 8: Valores do coeficiente de correlação (r), entre a velocidade crítica anaeróbia e a velocidade de prova nos 50, 100 e 200m, na técnica de Costas.**

<b>Costas</b>	<b>r</b>	<b>P</b>
<b>V50m &amp; VCA<sub>n</sub></b>	0,846	0,034*
<b>V100m &amp; VCA<sub>n</sub></b>	0,863	0,027*
<b>V200m &amp; VCA<sub>n</sub></b>	0,819	0,090

**Legenda:** V50m – velocidade média na prova de 50m; V100 - velocidade média na prova de 100m; V200m – velocidade média na prova de 200m; VCA<sub>n</sub> – Velocidade Crítica Anaeróbia; r - coeficiente de correlação; p – significância; \* - representa diferenças estatisticamente significativas com um valor de significância de  $p \leq 0,05$ .

A relação encontrada entre os valores da velocidade crítica anaeróbia e o das diferentes velocidades de prova (Quadro 9) foi muito forte na técnica de crol. Os valores de significância foram os mais baixos encontrados neste estudo.

**Quadro 9: Valores do coeficiente de correlação (r), entre a velocidade crítica anaeróbia e a velocidade de prova nos 50, 100 e 200m, na técnica de Crol.**

<b>Crol</b>	<b>r</b>	<b>P</b>
<b>V50m &amp; VCA<sub>n</sub></b>	0,849	0,000*
<b>V100m &amp; VCA<sub>n</sub></b>	0,913	0,000*
<b>V200m &amp; VCA<sub>n</sub></b>	0,901	0,000*

**Legenda:** V50m – velocidade média na prova de 50m; V100 - velocidade média na prova de 100m; V200m – velocidade média na prova de 200m; VCA<sub>n</sub> – Velocidade Crítica Anaeróbia; r - coeficiente de correlação; p – significância; \* - representa diferenças estatisticamente significativas com um valor de significância de  $p \leq 0,05$ .

No quadro 10 podemos observar que os valores da correlação encontrados são extremamente baixos, não apresentando relações significativas em nenhuma das provas, verificando-se a falta de ligação entre a velocidade crítica anaeróbia em Mariposa e as velocidades de provas nos 50, 100 e 200m.

**Quadro 10: Valores do coeficiente de correlação (r), entre a velocidade crítica anaeróbia e a velocidade de prova nos 50, 100 e 200m, na técnica de Mariposa.**

<b>Mariposa</b>	<b>r</b>	<b>P</b>
<b>V50m &amp; VCA<sub>n</sub></b>	0,298	0,516
<b>V100m &amp; VCA<sub>n</sub></b>	0,352	0,439
<b>V200m &amp; VCA<sub>n</sub></b>	0,446	0,452

**Legenda:** V50m – velocidade média na prova de 50m; V100 - velocidade média na prova de 100m; V200m – velocidade média na prova de 200m; VCA<sub>n</sub> – Velocidade Crítica Anaeróbia; r - coeficiente de correlação; p – significância.

## VI - Discussão dos Resultados

O propósito deste estudo foi analisar a velocidade crítica anaeróbia em jovens nadadores, comparando esta velocidade com a velocidade de prova nos 50, 100 e 200m, para os 4 estilos de nado. Constatámos relações entre a VCA<sub>n</sub> e as velocidades de prova nos 50 e 100m nas técnicas de bruços, crol e costas, o que nos permitiu atribuir a esta velocidade crítica anaeróbia uma importância elevada na preparação de jovens nadadores. Como o cálculo desta VCA<sub>n</sub> foi alcançado utilizando distâncias do espectro anaeróbio (10, 15, 20 e 25m), as correlações encontradas permitem-nos definir esta velocidade, como um parâmetro interessante, para contribuir para o desenvolvimento dos processos de treino anaeróbios em jovens nadadores. Neste sentido, esta velocidade poderia ser utilizada para programar tarefas de treino no âmbito do desenvolvimento da capacidade e potência anaeróbia dos nadadores que compõem a amostra. Este método de avaliação e de controlo do treino poderá assim, como nos diz Balonas (2002), ajudar a eliminar as limitações reais existentes para a maioria dos nadadores, treinadores e clubes, relacionadas com o tempo, custos e complexidade inerentes aos métodos de avaliação e controlo de treino.

Fernandes et al (2008) ao abordar este conceito de velocidade crítica, baseando-se em estudos recentes, referiu que quanto maior a distância de nado, maior a relação da velocidade crítica com regimes aeróbios, com o limiar anaeróbio e com as performances de longa distância, estando a utilização de distâncias mais curtas, relacionado com regimes potentes, ou seja, com performances anaeróbias. Partindo deste pressuposto, e pela análise dos nossos dados, e da nossa VCA<sub>n</sub>, obtida através de curtas distâncias, o nosso estudo poderá contribuir para a atribuição de uma elevada importância a este método de controlo de treino, que poderá ajudar a monitorizar a evolução da capacidade e potência anaeróbia dos nadadores.

Através de uma análise global dos dados podemos observar que as VCA<sub>n</sub> calculadas se distribuem de forma decrescente pelas seguintes técnicas de nado: Crol, Mariposa, Costas, Bruços. É um resultado expectável, e também já verificado no estudo de Neiva (2008).

No entanto, apesar de nas três velocidades de prova utilizadas no estudo, esta distribuição decrescente também se verificar, existe uma excepção na prova dos 200m, sendo a V200 em Costas superior à V200 em Mariposa. Esta excepção pode ser justificada pelo nível desportivo dos nadadores da amostra, que não apresentam um tão elevado desempenho na prova dos 200m Mariposa.

Comparativamente com outro estudo apresentado nesta temática (Fernandes et. al., 2008), direccionado para uma idêntica faixa etária na técnica de crol, observámos que os valores obtidos de Velocidade Crítica Anaeróbia do nosso estudo são um pouco inferiores. Estes valores podem-se justificar porque, enquanto neste estudo, os atletas que compõem a amostra pertencem a um clube local, no estudo de Fernandes et. al. (2008) os atletas sujeitos aos testes pertencem a uma Elite Regional, pelo que é expectável que apresentem também um mais elevado desempenho desportivo na variável em análise.

A análise realizada, para verificar as diferenças entre os valores das velocidades de prova e os da VCAN, indicou-nos que, nos quatro estilos, os valores da VCAN foram muito semelhantes ao das provas de 200m, o que pode indicar a VCAN como um indicador importante da prestação nas provas de 200m. Pela análise dos recordes nacionais nos 4 estilos de nado, verificámos que mesmo em jovens nadadores, a duração das provas de 200m se situa entre as 2 e os 3 minutos. Como nos refere Gastin (2001), para este período de tempo, a utilização do sistema anaeróbio varia entre os 37 e os 27%, apresentando ainda uma importância significativa na performance dos nadadores, nas distâncias de 200m. Assim, podemos conferir a esta VCAN a possibilidade de ser utilizada como um referencial de “ritmo” de treino para este tipo de provas.

Na técnica de Mariposa, os valores da VCAN foram também muito idênticos aos da prova de 100m. Todas as diferenças nas outras técnicas de nado apresentaram diferenças estatisticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ).

A VCAN na técnica de bruços correlaciona-se significativamente com todas as diferentes velocidades de prova, com os seus valores a decrescerem à medida que aumenta a distância da prova. No entanto, é com a V200 que a VCAN apresenta valores mais semelhantes, e a única velocidade que não apresenta diferenças estatisticamente

significativas, o que vai de encontro ao referido anteriormente sobre a aplicação desta variável no treino desportivo.

Podemos observar alguma relação entre os valores encontrados no nosso estudo para esta técnica, com os resultados do estudo de Neiva (2008). Nos dois estudos, os valores mais elevados de correlação encontrados foram entre a VCA<sub>n</sub> e a V50, apresentando, no entanto em ambos os estudos, diferenças estatisticamente significativas entre a V50 e a VCA<sub>n</sub>.

Comparando com o estudo de Abe et. al. (2006) na técnica de Bruços, verificam-se valores muito idênticos ao do nosso estudo entre as Velocidades Críticas (0,855m/s – Abe et al (2006); e 0,886m/s), apesar das diferentes idades dos sujeitos de cada grupo (19,7 e 12,1anos respectivamente). Nos dois estudos, verificou-se também uma correlação elevada entre os valores da VCA<sub>n</sub> e a V50, sendo no nosso estudo, um pouco mais elevada (0,924,  $p \leq 0,01$ ; 0,85,  $p \leq 0,05$ ). Este pode ser um caso para o qual contribuem a utilização de diferentes metodologias no cálculo da Velocidade Crítica. No nosso estudo utilizamos distâncias que variam entre os 10 e os 25m, enquanto Abe et al. (2006) utilizou distâncias entre os 75 e os 150m para o cálculo da velocidade crítica, pelo que é expectável que os valores encontrados por Abe et al. (2006) fossem menos elevados, o que não acontece porque o nível desportivo é superior, esbatendo as diferenças que poderiam ocorrer.

As correlações apresentadas na técnica de costas verificaram-se com a V50 e com a V100, sendo esta a mais elevada. No entanto, é a V200 que apresenta os valores mais idênticos com a VCA<sub>n</sub>. Estes dados vão de encontro com os de Neiva (2008), uma vez que, apesar de existirem elevadas correlações entre as V50 e V100 com a VCA<sub>n</sub>, as duas velocidades de prova diferem da VCA<sub>n</sub>.

Já para a técnica de crol, as relações encontradas entre a VCA<sub>n</sub> e as diferentes velocidades de prova foram elevadas, bem acima dos encontrados por Fernandes et. al. (2008) e Neiva (2008) nos primeiros 50m da prova de 100m e no valor médio da prova de 100m.

Para a técnica de Mariposa não se verificou correlação entre os valores da VCA<sub>n</sub> e as diferentes velocidades de prova.

De uma forma geral, no nosso estudo, encontramos relações lineares entre a VCA<sub>n</sub> e as provas de 50 e 100m nas técnicas de bruços, costas e crol, tendo esta relação com a prova de 200m sido observada apenas nas técnicas de crol e bruços. A VCA<sub>n</sub> na técnica de Mariposa não apresentou nenhuma correlação com as diferentes velocidades de prova. No entanto, podemos observar, em quase todos os estilos, uma diminuição da correlação entre a VCA<sub>n</sub> e as velocidades de prova à medida que aumenta a distância e nos aproximamos da prova de 200m. Este facto pode ser justificado, como nos dizem Gastin (2001), Olbrechth (2000) e Ogita (2006), pelo decréscimo da preponderância do sistema energético anaeróbio nos esforços intensivos com duração de aproximadamente 2 minutos. Como a VCA<sub>n</sub> foi calculada com distâncias de 10, 15, 20 e 25m, do espectro anaeróbio, e com a performance dos atletas a ser influenciada cada vez mais pelo metabolismo aeróbio, a relação entre a VCA<sub>n</sub> e as velocidades nos 200m, deverá ser cada vez menos significativa.

Pela análise das diferenças entre a VCA<sub>n</sub> e as diferentes velocidades de prova, constatámos que os valores da VCA<sub>n</sub>, se assemelham significativamente com a velocidade de prova dos 200m para os 4 estilos de nado. Não havendo estudos que comparem a VCA<sub>n</sub> com a velocidade de prova nos 200m, na literatura encontrada sobre as relações estabelecidas com a VCA<sub>n</sub>, destaca-se um estudo de Fernandes et al (2008), em que o tempo aos 100m crol da VCA<sub>n</sub> diferia menos de 1s do tempo de prova dos 100m, e um estudo de Neiva (2008), em que os valores da VCA<sub>n</sub> se assemelharam muito com os do 2º parcial de 50m nas 4 técnicas de nado.

Ao reflectir sobre os diferentes estudos nesta temática da velocidade crítica, e de acordo com o que já foi anteriormente referido por Fernandes et. al. (2008), em que, à medida que se diminui as distâncias de nado para o cálculo da velocidade crítica, maior a relação com performances anaeróbias, podemos afirmar que no nosso estudo, com a utilização de distâncias muito reduzidas para o cálculo da velocidade crítica, adquirimos um conjunto de dados, que nos fornecem importantes informações sobre a capacidade anaeróbia dos atletas. Esta informação deverá ser utilizada para uma melhor prescrição de intensidades de treino e, com o passar do tempo, observar as alterações ocorridas após a aplicação de adequados planos de treino.

Concluindo, com a utilização deste método, conseguimos contornar as dificuldades da realização de testes invasivos, complexos e dispendiosos, obtendo de igual forma, como nos diz Dekerle et. al. (2006), uma ferramenta prática para determinar intensidades de treino, monitorizar efeitos de treino e prever as performances.

## V II - Conclusões

Após uma análise atenta aos resultados do nosso estudo podemos concluir que:

1 - a VCA<sub>n</sub> apresenta valores mais elevados na técnica de crol, seguindo-se as técnicas de mariposa, costas e bruços.

2 - a VCA<sub>n</sub> correlaciona-se positivamente, principalmente com as velocidades de prova dos 50 e dos 100m, nas técnicas de crol, costas e bruços.

3 - Os valores da VCA<sub>n</sub> assemelham-se aos valores da velocidade de prova dos 200m.

### **V III – Sugestões para Futuros Estudos**

Na sequência deste estudo apresentamos algumas sugestões para futuros estudos que nos parecem complementar os conhecimentos nesta temática.

Acreditamos que seria interessante aplicar esta metodologia com um grupo de nadadores de elite, que apresentam uma técnica mais evoluída, justificando as diferenças dos resultados, mais concretamente, pelas respostas fisiológicas e bioenergéticas.

Outra proposta interessante seria a aplicação desta metodologia em nadadores com uma idade superior, para analisar as limitações dos sistemas energéticos.

## Referências Bibliográficas

- A\_\_\_\_\_
- Abe, D.; Tokumaru, H.; Niihata, S.; Muraki, S.; Fukuoka, Y.; Usui, S.; Yoshida, T. (2006). Assessment of short-distance breaststroke swimming performance with critical velocity. *Journal of Sports Science and Medicine* – Vol. 5, pp.340-348.
- Aleixo, I. (2006). *Avaliação do desempenho e dos indicadores do metabolismo anaeróbio em testes de nado máximo e duração crescente*. Porto: I. Aleixo. Monografia apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- B\_\_\_\_\_
- Balonas, A. (2002). Velocidade crítica – o comportamento da função distância/tempo considerado distancias inferiores a 50metros. Porto: A. Balonas. Monografia apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto.
- Barata, T. (1997). *Actividade física e medicina moderna*. Odivelas: Europress.
- Brickley, G.; Carter, H.; Deckerle, J.; Clark, S. (2004). Physiological responses to exercise at critical swimming velocity. In *CD of Proceedings of the 9th Annual Congress of the European College of Sport Science*. Clermond-Ferrand, France.
- Bompa, T.O. & Haff, G.G. (1999). *Periodization: theory and methodology of training*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Brooks, G.A.; Fahey, T.D.; White, T.P.; Baldwin, K.M. (2000). *Exercise Physiology: Human Bionergetics and its applications*. New York: Macmillan Publishing Company.
- D\_\_\_\_\_

- Dekerle, J.; Carter, H. (2006). The D-T relationship over a century of swimming Olympic performances. A limit of the critical velocity concept. In P. Hellard, M. Sidney, C. Fauquet, D. Lehénaff (Eds), *Proceedings of the First International Symposium Sciences and Practices in Swimming*. pp. 123-126. Biarritz, France: Atlantica.
- Dekerle, J.; Pelayo, P.; Sidney, M.; Brickley, G. (2006). Challenges of using critical swimming velocity. From scientists to coaches. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto* – Vol. 6, N.º 2, pp.121-124.
- Dekerle, J. (2006). The use of critical velocity in swimming? A place for critical stroke rate? *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto* – Vol. 6, N.º 2, pp.201-205.
- Dekerle, J.; Pelayo, P.; Sydney, M.; Marais, G. (1999). Determination of critical speed in relation to front crawl swimming performance. In P. Parisi, F. Pigozzi, G. Prinzi (Eds), *Proceedings of the 4th Annual Congress of the European Colleague of Sport Science*. p. 127. Rome, Italy: Rome University Institute of Motor Sciences.
- Dekerle, J.; Sidney, M.; Hespel, J.M.; Pelayo, P. (2002). Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performance. *International Journal of Sports Medicine* – Vol. 23, N.º 2, pp.93-98.
- Dekerle, J.; Brickley, G.; Hammond, A.J.; Pringle, J.S.; Carter, H. (2005). Validity of the two-parameter model in estimating the anaerobic work capacity. *European Journal Applied Physiology* – Vol. 96, N.º3, pp.257-264.
- Di Prampero, P.E. (1999). A brief comment on the factors limiting maximal oxygen consumption in humans. *European Journal Applied Physiology* – Vol. 80, pp.516-517.

- Di Prampero, P.E.; Dekerle, J.; Capella, C.; Zamparo, P. (2008). The critical velocity in swimming. *European Journal Applied Physiology* – Vol. 102, N.º2 pp.165-171.
- F\_\_\_\_\_
- Fernandes, R. (1999). Perfil Cinenatropométrico, Fisiológico, Técnico, Psicológico do Nadador Pré Júnior. Porto: R. J. Fernandes. Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Fernandes, R.; Silva, J.V.S.; Vilas-Boas, J.P. (1998). A importância da avaliação e controlo do treino em natação. *Deporte e humanismo en clave de futuro*. Livro de resumos do VI Congresso de Educação Física e Ciências do Desporto dos Países de Língua Portuguesa e VII Congresso Galego de Educación Física. Galicia. p- 273/274.
- Fernandes, R.; Aleixo, I.; Soares, S.; Vilas-Boas, J. (2008). Anaerobic Critical Velocity: A New Tool For Young Swimmers Training Advice. In: Beaulieu, N., *Physical Activity and Children – New Research* (pp. 211-223). New York: Nova Science Publishers, Inc.
- Fernandes, R.; Barbosa, T.; Vilas-Boas, J.P. (2001). Relationships between some well known indicators of aerobic resistance of swimmers. In J. Mester, G. King, H. Struder, E. Tsolakidis, A. Osterburg (Eds), *Book of Abstracts of the 6th Annual Congress of the European College of Sport Science*. p. 1181. Cologne: German Sport University.
- Fernandes, R. & Vilas-Boas, J.P. (1999). Critical velocity as a criterion for estimating aerobic training pace in juvenile swimmers. In K. Keskinen, P. Komi, P. Hollander (Eds), *Proceeding of the VIII International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*. pp. 233-238. Jyvaskyla, Finland: University of Jyvaskyla.

- Fernandes, R. & Vilas-Boas. J.P. (2002). *Caracterização fisiológica e funcional do nadador pré júnior*. Documento de apoio à disciplina de Metodologia I – Natação. FCDEF-UP. Porto.
- G\_\_\_\_\_
- Gaspar, P. & Bravo, A. (2004). Avaliação e controlo do treino: um estudo exploratório em treinadores de natação. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto* – Vol. 4, N.º2. pp.227-228.
- Gatin, P.B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine* – Vol. 31, N.º 10, pp.725-741.
- Gladden, L.G (2000). Muscle as a consumer of lactate. *Medicine Science Sports Exercise* – Vol. 32, N.º4. pp.764-771.
- Greco, C.; Pelarigo, J.; Figueira, T.; Denadai, B. (2007). Effects of gender on stroke rates, critical speed and velocity of a 30-min swim in young swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine* – Vol. 6, pp.441-447.
- Grosser, M. (1992). *Entrenamiento de la velocidad: fundamentos métodos y programas*. Barcelona: Ediciones Martinez Roca, S.A.
- Guyton, A.C. & Hall, J. H. (2006). *Tratado de fisiologia médica* . Rio de Janeiro: Elsevier.
- H\_\_\_\_\_
- Hill, D.; Steward Jr, R.; Lane, C. (1995). Application of the Critical Power Concept to Young Swimmers. *Pediatric Exercise Science* – Vol. 7, pp.281-293.
- L\_\_\_\_\_
- Lmares, J.P. (1998). *A velocidade critica como meio de control e avaliação do treino em nadadores*. Dissertação apresentada com vista à obtenção do grau de

Mestre em Ciências do Desporto, na área de especialização de treino de alto rendimento – Natação. Fcdef-up. Porto.

- Leite, R.; Neto, J.; Prestes, J.; Pereira, G.; Assumpção, C.; Magosso, R.; Pellegrinotti, I. (2007). Efeito de um programa de treinamento de 23 semanas nas variáveis antropométricas e neuromusculares em jovens nadadores. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício* – Vol. 1, N.º 4, pp.96-105.
- M\_\_\_\_\_
- Maglischo, E.W. (2003). *Swimming Fastest*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Maughan, R.; Gleeson, M.; Greenhaff, P. (1997). *Biochemistry of exercise and training*. Oxford: Oxford University Press.
- McArdle, W.D. .; Katch, F.I.; Katch, V.L.(2009). *Exercise Physiology energy, nutrition and human performance*. Philadelphia: Lea & Febiger.
- Monod, H.; Scherrer, J. (1965). The work capacity of synergic muscular group. *Ergonomics* – Vol.8, pp.329-338.
- N\_\_\_\_\_
- Neiva, P. (2008). *Avaliação da velocidade crítica em distâncias curtas de nado*. Porto: P. Neiva. Monografia apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- O\_\_\_\_\_
- Ogita, F. (2006). Energetics in competitive swimming and Its Application for training. *Revista Portuguesa Ciências do Desporto* – Vol. 6, N.º 2, pp.117-182.
- Olbrecht, J. (2000). *The science of swimming. Planning, periodizing and optimizing swim training*. Luton, England: Swimshop.
- P\_\_\_\_\_

- Powers, S.K.; Howley, E.T. (2007). *Exercise Physiology – theory and applications to fitness and performance*. Boston: McGraw-Hill.
- Papoti, M.; Zagatto, A.; Júnior, P.; Cunha, S.; Martins, L.; Gobatto, C. (2005). Utilização do intercepto-y na avaliação da aptidão anaerobia e predição da performance de nadadores treinados. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* – Vol. 11, N.º 2, pp.126-130.
- R\_\_\_\_\_
- Rowland, T.W. (1996). *Developmental exercise physiology*. Illinois: Human Kinetics.
- S\_\_\_\_\_
- Soares, S.; Fernandes, R.; Vilas-Boas, J.P. (2003). Analysis of critical velocity regression line informations for different ages: from infant to junior swimmers. In J.-C. Chatard (Edt.), *Proceedings of the IXth World Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming-* pp.397-401. Saint-Etienne, France.
- V\_\_\_\_\_
- Vilas-Boas, J.P. (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.P. (1991a). Utilização da frequência cardíaca na avaliação da intensidade do esforço e no controlo de treino em Natação. In: J. Bento & A. Marques (Eds), *As Ciências do Desporto e a Prática Desportiva – Actas (Vol. I). Desporto. Saúde. Bem-Estar*. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto. Porto: pp.247-274.
- Vilas-Boas, J.P. (1991b). O desenvolvimento científico e tecnológico e a prática desportiva em natação. In: J. Bento & A. Marques (Eds), *As Ciências do Desporto e a Prática Desportiva – Actas (Vol. II), Desporto de*

- Rendimento/Desporto de Recreação e tempos Livres*. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto. Porto: pp.301-325.
- Vilas-Boas, J.P. (2000). Aproximação fisiológica ao desempenho e ao treino em nadadores. *Revista paulista de Educação Física* – Vol. 14, N.º2, pp.107-117.
  - Vilas-Boas, J.P.; Lamares, J.P.; Fernandes, R.; Duarte, J.A. (1997). Relationship between anaerobic threshold and swimming critical speed determined with competition times. In *Abstract book of the FIMS's 9<sup>th</sup> European Congress of Sports Medicine*. Porto, Portugal.
  - Villanueva, L. (1994). *El control del entrenamiento: teoría e práctica. Comunicaciones técnicas*. Federation espanhola de natacion. Espanha – Vol. 6: pp.7-26.
  - W\_\_\_\_\_
  - Wakayoshi, K.; Ikuta, K.; Yoshida, T.; Udo, M.; Moritani, T.; Mutoh, Y.; Miyashita, M. (1992a). Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *European Journal Applied Physiology* – Vol. 64, pp.153-157.
  - Wakayoshi, K.; Yoshida, T.; Udo, M.; Kasai, T.; Moritani, T.; Mutoh, Y.; Miyashita, M. (1992b). A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. *International Journal of Sports Medicine* – Vol. 13, pp.367-371.
  - Wakayoshi, K.; Ikut, K.; Yoshida, T.; Udo, M.; Moritani, T.; Mutoh, Y.; Miyashita, M. (1993). Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *European Journal Applied Physiology* – Vol. 66, pp.90-95.
  - Wells, G.; Schneiderman-Walker, J.; Plyley, M. (2006). Normal Physiological Characteristics of Elite Swimmers. *Pediatric Exercise Science* – Vol. 17, pp.30-52.

- Wilmore, J.H. & Costil, D.L. (2001). *Fisiologia del esfuerzo y del deporte*. Barcelona: Paidotribo.