

ANGELA HANSEN DA SILVA

**ANALISE BIOMECÂNICA DA TÉCNICA DO NADO BORBOLETA: ESTUDO
REALIZADO EM TRÊS DIFERENTES VARIANTES DE VELOCIDADE.**



Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do Curso de Bacharelado em Educação Física, do Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná.

CURITIBA

2009

ANGELA HANSEN DA SILVA

**ANALISE BIOMECÂNICA DA TÉCNICA DO NADO BORBOLETA: ESTUDO
REALIZADO EM TRÊS DIFERENTES VARIANTES DE VELOCIDADE.**

**Monografia apresentada como
requisito parcial para a conclusão do
Curso de Bacharelado em Educação
Física, do Departamento de
Educação Física, Setor de Ciências
Biológicas, da Universidade Federal
do Paraná.**

**Orientador: Prof. Dr. André Luiz Felix
Rodacki**

**Coorientadoras: Prof Ms. Karla de
Jesus Prof. Ms. Kelly de Jesus**

Curitiba

2009

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que direta ou indiretamente fizeram parte e contribuíram para a concretização de mais essa etapa da minha vida.

A meu pai Valdir, minha mãe Vera e a minha irmã Viviane que sempre lutaram por mim e me deram todo o apoio em minhas escolhas.

A todos os meus amigos por sempre estarem comigo, por toda alegria e companheirismo.

A todas as pessoas que considero especiais que estão presente em minha vida e que me ajudaram nesse momento.

A todos os professores que contribuíram para minha formação, principalmente ao Professor Dr. André Rodacki por toda paciência, dedicação e apoio.

À minhas co-orientadoras Karla e Kelly de Jesus por estarem sempre dispostas a ajudar, pelo incentivo e comprometimento.

Ao atleta Leonardo por disponibilizar seu tempo para realizar os testes envolvidos nesse trabalho.

Muito Obrigada, esse trabalho só foi possível graças a vocês!

SILVA, Angela Hansen da., **Análise Biomecânica da técnica do nado Borboleta: um estudo realizado em três diferentes variantes de velocidade**. 2009. Monografia (Bacharelado em Educação Física)- UFPR, Curitiba.

RESUMO

A técnica de nado apresenta um papel de fundamental importância na natação competitiva para haver uma melhor locomoção, força propulsiva e coordenação entre os membros superiores e inferiores. Este estudo tem como objetivo descrever e analisar as ações cinemáticas que ocorrem ao longo dos movimentos técnicos do nado Borboleta que ocorrem dentro de um ciclo em três diferentes intensidades, sendo duas submáximas e uma máxima; (i) caracterizar os parâmetros cinemáticos do ciclo, entre as intensidades submáximas e máxima; (ii) apresentar e descrever o perfil da curva típica e individual da velocidade do quadril nestas mesmas intensidades. Um atleta participou voluntariamente do estudo. O nadador realizou três tentativas de 25m de cada intensidade desejada tendo 5 minutos de descanso passivo entre cada 25m. Para a análise dos dados foi utilizada uma câmera aérea (JVC-JRD20US). Os resultados apresentados contêm as curvas individuais e as curvas típicas de cada velocidade que apresentaram grande variação na velocidade e grande número de picos e vales para definir as fases de nado. Os parâmetros cinemáticos apresentam valores de índice de eficiência, comprimento da braçada no ciclo, velocidade média, tempo do ciclo. A conclusão desse estudo é que por o atleta não ser um atleta de alta performance ele apresenta um resultado dos parâmetros cinemáticos com discrepância em relação aos atletas de elite em todas as intensidades analisadas. A análise cinemática permite comparar o desempenho do atleta com outros de alto rendimento e pode ser aplicada como uma importante ferramenta de controle do treinamento.

Palavras-chave: Natação, Nado Borboleta, Análise Cinemática

LISTA DE ABREVIações

2D- Bidimensional

3D- Tridimensional

AA- Ação Ascendente

AD- Ação Descendente

ALE- Ação Lateral Externa

ALI- Ação Lateral Interna

CB- Comprimento da Braçada

CG- Centro de Gravidade

DC- Distância do Ciclo

FB- Frequência de Braçada

FDAP- Federação de Desportos Aquáticos do Paraná

FG- Frequência Gestual

FINA- Federação Internacional de Nataação Amadora

IE- Índice de Eficiência

MI- Membros Inferiores

MS- Membros Superiores

NPD- Nataação Pura Desportiva

VM- Velocidade Média

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cronograma sinóptico da evolução histórica da técnica de Borboleta (Barbosa et al., 2000).....	07
Figura 2. Diagrama ilustrativo das áreas de estudo da Biomecânica (Vilas-Boas, 004).....	18
Figura 3. Representação do posicionamento da câmera utilizado para a coleta das imagens.....	50
Figura 4: Curvas individuais das tentativas com intensidade 60%.....	54
Figura 5: Curvas individuais das tentativas com intensidade 80%.....	55
Figura 6: Curvas individuais das tentativas com intensidade 100%.....	57
Figura 7: Curva típica intensidades 60%.....	58
Figura 8: Curva típica intensidade 80%.....	58
Figura 9: Curva típica intensidade 100%.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição da ação dos MS na técnica de borboleta na concepção de alguns autores.....	09
Tabela 2. Parâmetros cinemáticos, e respectivas determinações, analisados a cada ciclo de nado.....	51
Tabela 3: Média e desvio padrão das tentativas com 60, 80 e 100% da intensidade.....	52

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVOS.....	03
2.1 OBJETIVO GERAL.....	03
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	03
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	04
3.1. A TÉCNICA DE BORBOLETA.....	04
3.1.1. Caracterização.....	04
3.1.2. Origem e evolução.....	04
3.1.2.1. Origem.....	04
3.1.2.2. Evolução.....	05
3.2. DETERMINANTES REGULAMENTARES.....	08
3.3. ASPECTOS TÉCNICOS GERAIS.....	08
3.3.1 Ação dos membros superiores.....	09
3.3.2. Ação dos membros inferiores.....	12
3.3.3. Coordenação entre as ações dos membros superiores e membros inferiores.....	13
3.3.4. Posição e movimento do corpo.....	14
3.3.5. Respiração.....	15
3.3.6. Inspiração frontal.....	15
3.3.7. Ciclos não inspiratórios.....	16
3.3.8. Inspiração lateral.....	16
3.4. BIOMECÂNICA APLICADA A NATAÇÃO COMPETITIVA.....	16

3.4.1. Considerações gerais.....	16
3.4.2. Cinemetria.....	19
3.4.3. Antropometria.....	20
3.5 ABORDAGENS CINEMÁTICAS.....	22
3.5.1. Parâmetros gerais do ciclo.....	22
3.5.2. Parâmetros espaciais e temporais.....	27
3.5.2.1. Segmentos corporais e centro de massa.....	27
3.5.2.2. Parâmetros angulares.....	34
3.5.2.3. Parâmetros de velocidade e aceleração.....	38
3.5.2.3.1. Mão.....	38
3.5.2.3.2. Centro de gravidade e quadril.....	40
4. METODOLOGIA.....	47
4.1. TIPO DE ESTUDO.....	47
4.2. AMOSTRA.....	47
4.2.1. Caracterização da amostra.....	47
4.2.2. Critérios de seleção e exclusão.....	47
4.2.3. Contato prévio.....	48
4.3. PRÉ TESTE.....	48
4.4. PROTOCOLO EXPERIMENTAL.....	48
4.4. COLETA E ANÁLISE DOS DADOS.....	49
4.4.1. Cinemática.....	49
4.4.1.1. Coleta das imagens.....	49

4.4.1.2. Análise das imagens.....	50
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
5.1. PARÂMETROS CINEMÁTICOS.....	52
5.2. CURVAS INDIVIDUAIS DA VELOCIDADE HORIZONTAL DO QUADRIL.....	53
5.2. CURVA TÍPICA DA VELOCIDADE HORIZONTAL DO QUADRIL.....	57
6. CONCLUSÃO.....	60
7. REFERÊNCIAS.....	61
Anexos.....	66

1. INTRODUÇÃO

O ensino das técnicas da natação constitui uma etapa fundamental na formação das competências do ensino e do aprimoramento do nadador. Ensinar e aprimorar as técnicas de nado devem estar orientados para a preparação do quadro de competências específicas do nadador que determinam sua capacidade de interagir com o meio aquático.

As características físicas do meio líquido são únicas e requerem ações dos nadadores que nem sempre são triviais ou facilmente descritas a fim de compreender os fenômenos que regem a propulsão mais eficiente (Maglischo, 1999). O investimento na técnica é um procedimento adequado e econômico para a obtenção de um resultado de excelência (Bompa, 1983). Assim, a técnica desempenha papel primordial na estrutura dos pressupostos de rendimento desportivo em natação. Para Vilas-Boas (1998), esta importância decorre: (i) do meio especial em que se desenvolve a ação motora e que determina formas específicas de definição mecânica dos apoios imprescindíveis à locomoção; (ii) da necessidade do sujeito se preocupar com as questões relativas à resistência oposta ao seu deslocamento pelo meio envolvente e (iii) das dificuldades acrescidas da avaliação do gesto e prescrição de correções.

A relação da técnica com outros conceitos do rendimento esportivo tais como: economia do esforço, ritmo, cadeias sensoriais, capacidade física, habilidade motora e orientação a um objetivo, podem incidir na técnica, ou em outros aspectos do rendimento desportivo, ou seja, não se pode dissociar o rendimento sem um detalhamento dos componentes técnicos do nado (Lima, 2005).

Para que se obtenha êxito no deslocamento é necessário que a capacidade de produzir uma força propulsiva de intensidade igual ou superior à força de arrasto hidrodinâmico (Vilas-Boas, 2001). Portanto, a otimização mecânica da técnica de nado deverá então passar pela maximização das forças propulsivas e pela minimização das forças de arrasto (Lima, 2005) e de suas variações ao longo do ciclo gestual.

A técnica de Borboleta é um dos estilos menos estudados (Barbosa, 2008), especialmente quando comparada às técnicas de Crawl e Peito. O maior foco de estudo na técnica de Crawl pode estar associado ao fato de ser a técnica de nado

com o maior número de eventos nas competições oficiais. As investigações sobre a técnica de nado borboleta se centram em diversas problemáticas envolvendo a cinemática da técnica, nomeadamente na contribuição dos movimentos ondulatórios (Sanders et al.1995), nas características respiratórias (Hang e Krung, 1992; Cunha, 1997; Barbosa, 2000), nos parâmetros espaço - temporais (Chollet et al. 2006) e a economia de nado (Kornecki e Bober, 1978; Togashi e Nomura, 1992; Barbosa et al. 2006c).

Além disso, as características do nado em diferentes velocidades de treinamento (intensidades) ainda não foi completamente explorado, e pouco é sabido sobre as alterações nos parâmetros cinéticos, cinemáticos e temporais derivados de nados executados com diferentes intensidades de treinamento (60 e 80% da velocidade máxima de treinamento). Portanto, o objetivo do presente estudo foi determinar as alterações cinemáticas do nado de borboleta em intensidades máximas (100%) e submáximas (60 e 80%). Tal análise pode fornecer importantes parâmetros que ocorrem ao longo dos ciclo gestuais durante a prova.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo desse trabalho foi descrever e analisar as alterações cinemáticas que ocorrem ao longo dos movimentos técnicos do nado borboleta em diferentes intensidades.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral proposto, os seguintes objetivos específicos foram escolhidos:

- (i) Caracterizar os parâmetros cinemáticos do ciclo, entre as intensidades submáximas e máxima;
- (ii) Apresentar e descrever o perfil da curva típica e individual da velocidade do quadril para as intensidades submáximas e máxima;

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. A TÉCNICA DE BORBOLETA

3.1.1. Caracterização

Decorrente das classificações atrás apresentadas para as técnicas de nado, pode-se dizer que o Borboleta se caracteriza por ser uma técnica de nado que o corpo se encontra na posição ventral, em que existe uma ação simultânea dos dois MS (membros superiores) e dos dois MI (membros inferiores) e cuja aplicação de força propulsiva é feita descontinuamente, devido à coincidência do momento mais propulsivo das ações dos dois MS e dos dois MI. Para mais, tomando em consideração o eixo longitudinal do corpo do nadador, observa-se uma “simetria” nas ações dos dois MS e dos dois MI, ao longo do trajeto motor.

3.1.2. Origem e evolução

3.1.2.1. Origem

A técnica de Borboleta deriva da linha evolutiva da técnica de Peito, apesar das suas maiores semelhanças com a técnica de Crawl. Quer isto dizer que foram determinadas alterações induzidas na técnica de Peito que estão na origem da técnica de Borboleta (Vilas- Boas, 1987b).

No ano de 1926, as Regras Técnicas da FINA (Federação Internacional de Natação Amadora) apenas obrigavam à simultaneidade das ações dos MS e dos MI, num mesmo plano, nas provas de Peito. Ou seja, o regulamento técnico não contemplava a punição da recuperação aérea ou a passagem dos MS para lá do quadril.

O alemão Erich Rademacher, aproveitou essa lacuna regulamentar para ganhar a prova de 200m Peito dos Campeonatos da Europa de Budapeste, realizando depois da saída, antes e depois das viradas algumas braçadas com recuperação aérea dos MS (Menauds e Zins, 1979). Esta técnica nada mais era que uma forma revolucionária, mas regulamentar de nadar a técnica de Peito (Cruells,

1956; Oppenheim, 1977). Assim, surge a técnica que viria a ser conhecida como “Peito-Borboleta”, a precursora da técnica de Borboleta (Vilas-Boas, 1987b).

A nova técnica adota esta denominação porque a ação simultânea de recuperação aérea dos MS assemelha-se à ação das asas de uma borboleta, enquanto esta voa.

3.1.2.2. Evolução

No ano seguinte, em 1927, Rademacher participa num conjunto de provas nos Estados Unidos da América, tendo sido freqüentemente contestado por utilizar a recuperação aérea dos MS. No entanto, dado que não violava o regulamento técnico, nunca foi desqualificado (Oppenheim, 1977).

Em 1929, um ano após os Jogos Olímpicos de Amsterdã, Rademacher abandona o Peito-Borboleta e a técnica cai no esquecimento por alguns anos.

O Peito-Borboleta é retomado por volta de 1932 quando, um nadador nova-iorquino, Henry Myers, ao participar na prova das 150 jardas em três estilos (Costas, Peito e nado livre), no Campeonato de Rio do Estado de Nova Iorque, no percurso de Peito executa o estilo de Peito-Borboleta. A controvérsia, assim como o interesse pela técnica, reacende-se (Oppenheim, 1977). Por exemplo, Cruells (1956) considera o Peito-Borboleta “completamente antinatural e ilógico, que jamais poderá competir com o Crawl, essa maravilha da técnica natatória moderna”. Todavia, por altura dos primeiros Jogos Olímpicos de Los Angeles, em 1932, são poucos os nadadores a utilizarem a técnica ao longo da totalidade dos 200m da prova de Peito (Vilas-Boas, 1987).

No ano de 1935, surge o movimento ondulatório do corpo, semelhante ao que utiliza o golfinho, um dos mamíferos de maior eficiência aquática. Daí esta técnica ser conhecida como “Borboleta Delfim de Sieg”, em homenagem ao seu precursor, Jack Sieg.

Em 1946, a FINA distingue o Peito-Borboleta do Peito Ortodoxo. Ao longo de toda a prova de Peito, o nadador utilizaria apenas ou o Peito-Borboleta, ou o Peito Ortodoxo, não permitindo o uso de diferentes técnicas numa mesma prova, como era usual até então (Oppenheim, 1977).

Nos Jogos Olímpicos de Londres, dois anos mais tarde, os seis primeiros classificados utilizaram o Peito-Borboleta (Menaud e Zins, 1974). Quatro anos depois, nos Jogos Olímpicos de Helsínquia, todos os finalistas nadaram Peito-Borboleta.

Em 1953, a FINA não permite a recuperação aérea dos MS nas provas de Peito e reconhece uma quarta técnica de nado: o Borboleta. A partir desse momento são separadas as provas de Borboleta das de Peito e os respectivos recordes (Cruells, 1956; Oppenheim, 1977).

Dois anos depois, surge a "Borboleta - Delfim de Tumpek". Esta técnica caracterizava-se pelo duplo batimento simultâneo dos MI por cada ciclo gestual, garantido por uma ondulação bastante acentuada e que fazia dela uma sucessão de imersões profundas e prolongadas com breves aparições à superfície para respirar (Tavares da Silva, 1981). Dado que o húngaro Gyorgy Tumpek terá sido o intérprete mais famoso desta forma de nado, daí a inclusão do seu nome na nomenclatura da referida técnica.

Em 1956, nos Jogos Olímpicos de Melbourne, evidencia-se uma supremacia do Borboleta - Delfim. Todavia, os nadadores americanos William Yorzyk e Shelley Mann conservavam uma posição bem mais plana sobre a água, em detrimento do movimento ondulatorio bastante acentuado da técnica de Sieg (Menauds e Zins, 1974; Oppenheim, 1977; Tavares da Silva, 1981). A tendência de manter o corpo mais plano na água e com menos ondulação acentuou-se nos seguintes Jogos Olímpicos, quando todos os finalistas da prova de 200 metros Borboleta, ganha por Michael Troy, utilizam esta técnica (Menauds e Zins, 1974). Ainda em 1956, é introduzida a atual pernada de Borboleta, de acordo com as exigências regulamentares que obrigavam à simultaneidade de ações motoras dos MI no mesmo plano vertical. Nesse mesmo ano, a sincronização dos MS e dos MI passa a ser de dois batimentos por ciclo gestual e dá-se a estréia das provas de 200m Borboleta masculino e dos 100m Borboleta feminino no programa olímpico. Só em 1968 é que seriam introduzidas as provas de 100m Borboleta masculino e de 200m Borboleta feminino no calendário olímpico.

A utilização da inspiração lateral na técnica de Borboleta, popularizada nos anos de 1980 pelo americano Melvin Stewart e nos anos de 1990 pelo russo Denis Pankratov (Rushall, 1996); serão as mais recentes referências históricas desta

técnica de nado, dado o nível competitivo demonstrado pelos nadadores em questão em competições como os Campeonatos do Mundo e os Jogos Olímpicos, de onde saíram vencedores e dos recordes do mundo que bateram.

A Figura 1 apresenta o cronograma sinóptico da evolução histórica da técnica de Borboleta.

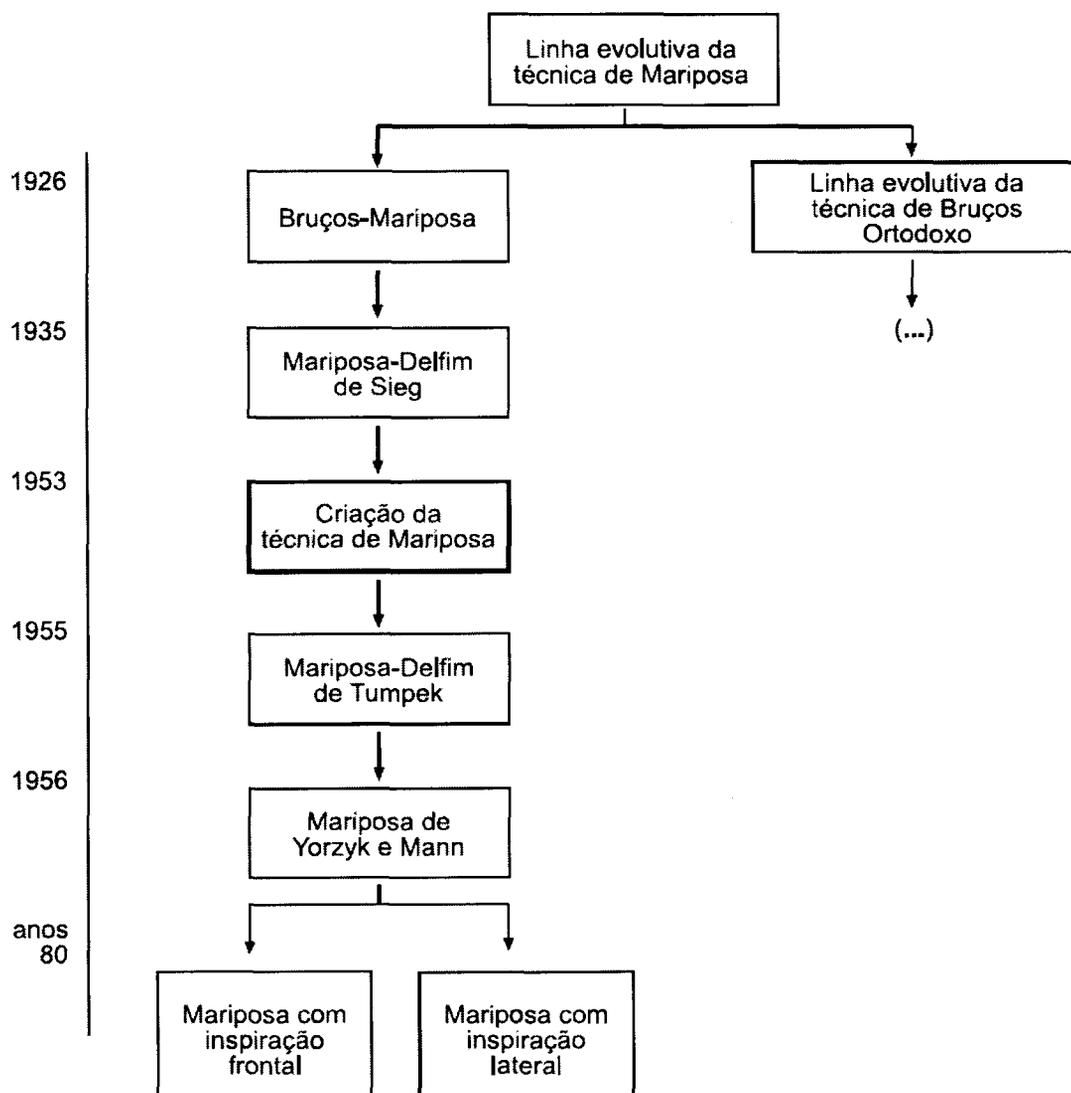


Figura 1. Cronograma sinóptico da evolução histórica da técnica de Borboleta (Barbosa et al., 2000).

Em síntese, ao longo dos tempos, é visível a tendência para que a técnica de Peito – de onde é originária a técnica de Borboleta – quer a própria técnica de Borboleta serem alvo de diversas alterações no seu modelo técnico, com o intuito de otimizar a eficiência motora e, logo, o rendimento do nadador. Assim, parece que a procura de inovações a nível técnico que permitam uma otimização da eficiência

motora tem sido, ao longo de toda a história da Natação Pura Desportiva (NPD), uma das preocupações dos intervenientes mais diretos na modalidade.

3.2. DETERMINANTES REGULAMENTARES

O regulamento relativo à técnica de borboleta inicia-se na regra (SW 8). Relativamente à posição corporal (SW 8.1), refere-se *“Desde a partida após cada viragem até a nova viragem, o corpo deve estar na posição ventral (...) [e] os ombros devem estar em linha com a superfície da água. A pernada lateral é permitida, no entanto, não é permitido o posicionamento do corpo na posição dorsal, em qualquer momento”*. No artigo SW 8.2 está regulamentada a ação dos MS dizendo que *“os braços devem ser lançados ao mesmo tempo para frente e por cima da superfície da água e depois puxados simultaneamente e simetricamente para trás”*. O artigo SW 8.3 refere-se à ação dos MI e está escrito que, *“todos os movimentos das pernas e dos pés devem ser executados simultaneamente. São permitidos os movimentos executados num plano vertical, em simultâneo”*. Por fim, nos artigos SW 8.4 8.5 estão regulamentadas as viragens e as chegadas no final da prova, sendo de realçar que *“é permitido ao nadador estar totalmente submerso até uma distância de 15m da parede realizando batimentos de pernas, após a partida e cada viragem”*.

3.3. ASPECTOS TÉCNICOS GERAIS

Em NPD, a técnica de Borboleta se caracteriza por ser uma técnica de nado em que o corpo se encontra numa posição ventral, em que existe uma ação simultânea dos dois membros superiores (MS) e dos dois membros inferiores (MI), cuja aplicação de força propulsiva é feita descontinuamente devido as ações dos MS e MI serem realizadas com os dois MS e com os dois MI de forma simultânea ou alternada. Para mais, tomando em consideração o eixo longitudinal do corpo do nadador, observa-se uma “simetria” nas ações dos MS, assim como dos MI, ao longo do trajeto motor (Barbosa, 2004).

Holmér (1983) verificou que para uma determinada velocidade, o Borboleta é a técnica de nado menos econômica, seguida pelas técnicas de Peito, Costas e Crawl. Segundo o autor, a condição de simultaneidade e descontinuidade impõe a

necessidade de despendere energia suplementar para vencer as forças de inércia e, ciclo a ciclo, reacelerar a massa do nadador e a massa de água que ele transporta. Parece ser evidente, então, que as técnicas contínuas são mais econômicas que as descontínuas (Vilas-Boas, 1993).

Mediante ao número de estudos que realizam a descrição da técnica de borboleta, e considerando a sua acentuada semelhança, optamos basear a nossa descrição no estudo de Maglischo (2003). Porém, não deixaremos de citar outras referências sempre que a sua particularidade o justificar. Assim, a técnica de borboleta será descrita por meio da ação dos MS, ação dos MI, coordenação entre as ações dos MS e MI, a posição do corpo e a respiração.

3.3.1 Ação dos membros superiores

A ação dos MS da técnica de borboleta compreende cinco fases: a entrada e extensão, a ação lateral exterior (ALE) e agarre, a ação lateral interior (ALI), a ação ascendente (AA) e a saída e recuperação. Como se pode observar no Quadro 1, a literatura da especialidade difere em alguns pontos na descrição da ação dos MS.

Autores	Fases do Nado (MS)
Barthels e Adrian (1975)	agarre, ação lateral exterior, ação lateral interior, empurre e recuperação
Costill et al. (1992)	entrada, agarre, ação lateral exterior, ação lateral interior, ação ascendente, saída, recuperação
Figueiras (1995)	ação lateral exterior, ação descendente, ação lateral interior, ação ascendente, saída e recuperação
Vilas-Boas (1996)	entrada, ação lateral exterior, ação descendente, ação lateral interior, ação ascendente, recuperação
Barbosa (2000)	entrada e ação lateral exterior, ação lateral interior, ação ascendente, saída e recuperação
Maglischo (2003)	entrada e extensão, ação lateral exterior e agarre, ação lateral interior, ação ascendente, saída e recuperação

Tabela 1. Descrição da ação dos MS na técnica de borboleta na concepção de alguns autores.

No que se refere à entrada e extensão dos MS, esta é caracterizada pelo momento de contato dos MS com a água onde a cabeça se encontra na sua posição

natural. Maglischo (2003) descreve que os MS devem entrar na água em frente ao corpo, no prolongamento da linha dos ombros, com as superfícies palmares ligeiramente orientadas para fora e para trás. Barbosa (2000) caracteriza a entrada como um momento do ciclo em que as mãos devem entrar suavemente, de modo que o arrasto de onda provocado por elas seja mínimo para permitir uma execução ótima das ações seguintes. Conforme veremos mais à frente nesta seção, um dos critérios para a realização de uma entrada correta das mãos na água é a propulsão gerada pela primeira ação descendente, a qual pode ser utilizada para compensar o arrasto de onda produzido no momento em que os MS entram na água (Figueiras, 1995; Barbosa, 2000 e Maglischo, 2003).

Em seqüência a entrada e extensão dos MS, os nadadores realizam a ALE dos MS. Segundo Costill et al. (1992) e Maglischo (2003), nesta fase os nadadores devem efetuar um movimento para fora e para baixo, num trajeto curvilíneo, até passarem a largura dos ombros. Para Maglischo (2003), este momento da ação dos MS caracteriza-se pelo início de produção da força propulsiva, também denominado por “agarre”. Barbosa (2000) refere que neste movimento as mãos passam a deslocar-se para fora, para trás e para baixo e que, posteriormente, as mãos irão apresentar um ângulo de orientação (α) que varia entre os 135° e os 180° e um ângulo de ataque (γ) entre os 20° e os 45° onde simultaneamente, verifica-se gradualmente uma flexão dos MS. Schleihauf et al. (1988), Costill et al. (1992) e Maglischo (2003), consideram que ALE é a fase menos propulsiva do trajeto motor subaquático. Por isso, observa-se que esta ação deverá ser um movimento suave, por forma a colocar as mãos em posição de aplicar força propulsiva nas fases subseqüentes do ciclo gestual.

Após a ALE dos MS, verifica-se a ALI dos MS, a qual é considerada a primeira das duas fases mais propulsivas da técnica de borboleta (Costill et al. 1992; Schleihauf et al., 1988 e Maglischo, 2003). No início desta ação, as mãos estão no ponto mais profundo da sua trajetória, coincidindo com o final da ALE. Durante este movimento, as superfícies palmares orientam-se para trás, descrevendo uma trajetória semicircular. Ao completar esta ação, as mãos encontram-se muito próximas uma da outra debaixo do corpo do nadador e orientadas com as superfícies palmares para trás. Em alguns casos, as mãos chegam, inclusivamente a tocar-se sob o tronco, como mencionado por Barthels e Adrian (1975) ao estudarem

diferentes padrões de trajetórias das mãos em nadadores de borboleta. Sendo assim, Costill et al. (1992) e Maglischo (2003), descrevem que a partir do posicionamento das mãos para trás, observa-se uma aceleração positiva da velocidade das mãos e que também, todo o movimento de deslocamento do nadador será realizado com aceleração positiva do MS.

Posteriormente, à ALI dos MS, o nadador inicia a ação ascendente dos MS, a qual é caracterizada como a segunda fase mais propulsiva da ação dos MS (Costill et al., 1992; Schleihauf et al., 1988 e Maglischo, 2003). Para Maglischo (2003), a AA inicia-se quando as mãos se encontram próximas uma da outra e debaixo do tronco do nadador. Contrariamente à técnica de crawl, o movimento da AA na técnica de borboleta é mais orientado para fora, sobretudo no primeiro tempo. Conforme a explicação de Costill et al. (1992) e Maglischo (2003), na técnica de borboleta não ocorre uma rotação do corpo sobre o eixo longitudinal, o que faz com que o percurso lateral da mão entre a vertical do eixo e a posição em que emergem as mãos junto às coxas seja superior ao mesmo percurso em crawl. Maglischo (2003) refere que nesta ação as mãos devem se encontrar à largura das ancas, orientadas para cima e estendidas até a saída das mãos dando o início à recuperação aérea.

No que concerne à recuperação dos MS, esta se caracteriza pela passagem das mãos pelas coxas e a extensão total dos MS com um movimento rápido para cima. Conforme descrito por Vilas-Boas (1996), este movimento permite um alívio da pressão sobre a água, através da rotação externa dos MS, por forma a orientar as superfícies palmares para as coxas. Os MS, que durante a AA se estenderam progressivamente, após a saída passam a estender-se rapidamente e dirigem-se sobre a água para cima, para frente e para fora. Este movimento será mantido até que os MS se encontrem à frente dos ombros, dando início a um novo ciclo gestual. Segundo Costill et al. (1992), a recuperação aérea é caracterizada em duas fases, sendo que na primeira fase os MS deverão estar em extensão completa e, na segunda fase, devem realizar uma ligeira flexão minimizando o esforço requerido.

No entanto, Maglischo (2003) afirma que há nadadores que recuperam os MS em extensão completa enquanto outros respeitam a descrição de Costill et al. (1992). A vantagem de manter os MS ligeiramente fletidos consiste em diminuir o momento de inércia dos MS, o que torna a recuperação mais rápida e diminui o esforço necessário para a sua execução. Ao longo desta fase do ciclo gestual os

ombros devem emergir com suficiente altura, desde que não tão excessiva a ponto de perturbar o alinhamento horizontal, de forma a permitir uma recuperação mais alta dos MS e garantir que as mãos não se arrastem pela superfície da água. Os ombros devem estar tão relaxados quanto possível, usando apenas um esforço muscular que permita a sua rotação.

3.3.2. Ação dos membros inferiores

A ação dos MI da técnica de Borboleta, designada por “pernada de golfinho”, é tradicionalmente subdividida em duas fases: a ação descendente e a ação ascendente. No entanto, vários autores salientam a importância propulsiva da fase de mudança de direção, assim, atualmente, a ação dos MI de borboleta pode ser subdividida em 3 fases: ação descendente, ação ascendente e fase de mudança de direção.

A ação descendente tem início após os pés terem atingido a superfície da água, com os MI ligeiramente fletidos. O movimento inicia-se pela flexão da coxa, ao que se segue uma extensão vigorosa dos MI, mantendo os tornozelos em uma flexão plantar e os pés em rotação interna (Costill et al. 1992). No início da ação, deve ocorrer uma ligeira flexão dos MI, para posteriormente permitir uma maior rotação interna dos pés. Segundo Barbosa (2000), a manutenção dos pés em flexão plantar também é um fator decisivo para executar uma ação eficiente. Costill et al. (1992) revelam que os nadadores de borboleta efetuam extensões tíbio-társicas entre os 70° e os 85° a partir da vertical, com o intuito de aumentar a superfície propulsiva, sendo que esta fase é caracterizada por alguns autores predominantemente propulsiva (Barthels e Adrian, 1975; Costill et al. 1992; Maglischo, 2003).

No que diz respeito à ação ascendente dos MI, Vilas-Boas (1996) descreve que esta ocorre quando os músculos extensores do joelho se encontram relaxados. Nesta ação verifica-se uma extensão ao nível da anca com a elevação dos MI até estes atingirem o alinhamento do corpo. Os pés encontram-se numa posição natural, pelo que os joelhos estarão mais próximos entre si do que na ação descendente e em extensão devido à pressão exercida pela água durante o movimento ascendente.

Esta fase tem uma função predominantemente equilibradora (Maglischo, 2003), sendo que o nadador ao elevar os MI promove o alinhamento entre todos os segmentos corporais e posteriormente permite colocar os MI em posição de realizar novamente a ação descendente.

Em referência à fase de mudança de direção, Ungerechts (1985), Colwin (1992) e mostraram que a ondulação subaquática de um nadador não se restringe à teoria de produção de forças propulsivas no decurso dos tempos descendentes e ascendentes dos MI, em fases de escoamento estável. Conforme os mesmo autores, nas fases de mudanças súbita de direção do segmento propulsivo, ou seja, nas fases de acentuada instabilidade do escoamento, pode ocorrer à produção de vértices com uma forma de anel, caracterizados por movimentos de rotação com sentido alternadamente a um lado e a outro - decorrentes dos tempos ascendentes e descendentes, os quais por sua vez geram uma produção de força propulsiva. De acordo com Fernandes et al. (1997) para a que a força propulsiva seja superior nesta fase de mudança súbita de direção os pés deverão estar em rotação interna e relaxados.

3.3.3. Coordenação entre as ações dos membros superiores e membros inferiores

Segundo Sanders et al. (1995) e Seifert et al. (2007), as ações dos MS e MI na técnica de borboleta devem ser coordenadas para se ter uma técnica global eficiente, sendo caracterizada através de duas ações dos MI por ciclo de MS (Costill et al. 1992; Maglischo, 2003). Estes autores descrevem que a primeira ação descendente (1ª AD) coincide com a entrada dos MS na água e prolonga-se durante a ALE, o que permite compensar a desaceleração provocada pela entrada dos MS. Em seguida, a primeira ação ascendente (1ª AA) ocorre durante a ALI dos MS. Conforme Maglischo (2003), este movimento melhora o alinhamento corporal durante esta fase propulsiva da ação dos MS e recoloca os MI em posição de realizar novamente a ação descendente.

A segunda ação descendente (2ª AD) ocorre quando os MS estão na fase da AA, culminando com o início da recuperação dos MS, de forma a promover a elevação dos ombros e facilitar a recuperação aérea. Posteriormente, a segunda

ação ascendente (2ª AA) será executada durante a recuperação aérea dos MS, tendo as mesmas funções da 1ª AA.

3.3.4. Posição e movimento do corpo

Costill et al. (1992) e Maglischo (2003) descrevem que ao longo do ciclo, observam-se três posições corporais, as quais têm um papel importante na diminuição da intensidade da força de arrasto hidrodinâmico oposta ao deslocamento do nadador: (i) o corpo deve estar o mais horizontal possível nas fases mais propulsivas da braçada, ALI e AA, o que é conseguido pela elevação dos MI durante a ALI e a realização de uma ação descendente dos MI menos profunda durante a AA dos MS; (ii) o movimento da anca durante a 1ª AD dos MI deve dirigir-se para cima e para frente, por forma a alinhar horizontalmente o corpo e (iii) a força da 2ª AD dos MI não deverá ser tão grande que eleve a anca acima da superfície da água, porque interferirá com a recuperação dos MS, nem tão pequena que não permita manter a anca à superfície da água.

Adicionalmente, a técnica de borboleta caracteriza-se por um movimento ondulatório global do corpo. Mason et al. (1992), Sanders (1996), Figueiras (1995), Barbosa et al. (1999), mencionam que o nadador desloca as diferentes partes do corpo durante todo o ciclo em movimentos com componentes verticais, originando um movimento global caracterizado como “onda”. Segundo Costill et al. (1992), um bom movimento ondulatório na técnica de borboleta é caracterizado por: (i) a cabeça imergir quando as mãos entram na água; (ii) as coxas elevarem-se o suficiente para emergir durante a 1ª AD e (iii) os MI não estarem demasiadamente fundos quando se completa a 2ª AD.

Sanders et al. (1995) salienta que a elevação da parte superior do corpo enquanto da inspiração e da recuperação dos MS aparentemente promove um incremento da energia despendida. Segundo os autores, essa energia parece que é transmitida sob forma de ondas da parte anterior até a parte posterior do corpo, ou seja, em direção céfalo-caudal, tornando-se num contributo adicional à propulsão gerada pela ação dos MI. Desta forma, os autores verificaram que existe uma correlação positiva e significativa entre a velocidade de propagação céfalo-caudal do

movimento ondulatório e a velocidade horizontal de deslocamento do centro de massa de $r = 0.88$ para os nadadores e de $r = 0.96$ para as nadadoras estudadas.

Figueiras (1995) salienta que o movimento ondulatório deve ser tão acentuado quanto o necessário para uma correta ação dos MS, dos MI e da respiração e tão ligeiro quanto possível para diminuir os desalinhamentos horizontais e conseqüente aplicação de força de arrasto hidrodinâmico aposta à direção de deslocamento. Entretanto, o movimento não deverá ser muito elevado, porque aumentará a área de seção transversal máxima do corpo na direção do deslocamento efetuado e, portanto a intensidade do arrasto hidrodinâmico, com ênfase para evitar um acentuado deslocamento vertical do centro de massa.

3.3.5. Respiração

A respiração no nado borboleta é caracterizada por dois modelos: os ciclos não inspiratórios (as vias respiratórias permanecem imersas durante a recuperação dos MS) e os ciclos inspiratórios (emersão das vias respiratórias, com ou sem rotação lateral da cabeça, permitindo a respiração) (Barbosa et al. 1999). Alguns nadadores da elite internacional utilizam uma respiração lateral, o que implica uma rotação da cabeça sobre o eixo longitudinal (Barbosa, 2000).

O movimento da inspiração coincide com a AA dos MS e a segunda ação descendente dos MI. Após a respiração, que acompanha parte da recuperação dos MI, a face deve imergir novamente antes de terminar a recuperação.

3.3.6. Inspiração frontal

Quando há a entrada dos MS na água, a face deverá estar orientada para baixo. O movimento de elevação da cabeça inicia-se durante a ALE, através de uma extensão cervical da mesma. A face aproxima-se da superfície da água durante a ALI. A face emerge durante a AA e a inspiração ocorre durante esse momento e a primeira fase da recuperação dos MS. A face deverá imergir durante a segunda fase a recuperação dos MS, através de uma flexão cervical.

3.3.7. Ciclos não inspiratórios

Durante cada ciclo gestual em que não se inspire, a cabeça poderá romper a superfície da água tal como se inspirasse. No entanto, neste caso, a face encontrar-se-á imersa e a cabeça em flexão cervical. Esta elevação da cabeça irá facilitar a recuperação dos MS (Maglischo, 1993), que será especialmente benéfica em nadadores com menos flexibilidade na articulação escápulo-umeral. Já no caso de nadadores com uma maior flexibilidade dessa articulação, aparentemente, eles não terão a necessidade de realizar essa elevação, pelo menos de forma tão acentuada.

3.3.8. Inspiração lateral

Apesar de diversos autores fazerem referência à utilização da inspiração lateral na técnica de borboleta, poucos estudos biofísicos foram realizados até ao momento sobre o assunto ou comparando as diferentes técnicas de inspiração. Os únicos trabalhos de índole quantitativos conhecidos sobre esta temática foram os desenvolvidos por Barbosa et al. (1999) e por Barbosa (2000).

A técnica parece ser bastante próxima da usada na técnica de Crawl. A inspiração faz-se através da rotação lateral da cabeça durante a AA e prolongando-se durante a primeira fase da recuperação aérea dos MS (Barbosa, 2000). A face retorna à sua posição neutra na última fase da recuperação dos MS, verificando-se o início da expiração imediatamente após a imersão da face (Barbosa, 2000).

3.4. BIOMECÂNICA APLICADA A NATAÇÃO COMPETITIVA

3.4.1. Considerações gerais

Ao longo dos tempos têm vindo a serem estudados os fatores inerentes ao rendimento e *performance*. Baseando-nos na perspectiva de Fernandes e Vilas-Boas (2002), podemos referir que são cinco os agentes intrínsecos à melhoria do rendimento: os fatores biomecânicos, bioenergéticos e psicológicos, que o influenciam de forma direta, e os fatores contextuais e genéticos, que atuam de forma indireta. Assim, pode-se afirmar que a melhoria do desempenho do nadador

não depende única e exclusivamente da preparação e / ou condição física, mas também de fatores biomecânicos, nomeadamente os de ordem técnica (Hólmer, 1974c). Conforme Vilas-Boas (1997) salienta, ao contrário do que ocorre em outras modalidades desportivas semelhantes, a investigação na área da fisiologia e bioquímica não assume preponderância em Natação competitiva, onde a investigação em biomecânica ocupa grande parte das preocupações da comunidade científica.

Durante o início dos anos 1970, a comunidade internacional adotou o termo biomecânica para descrever a ciência dedicada ao estudo dos sistemas biológicos de uma perspectiva mecânica procurando medir, modelar, explicar, equacionar, categorizar e catalogar os padrões dos movimentos de criaturas vivas (Vilas-Boas, 2004). Para Hall (1991), a biomecânica do desporto consiste na adaptação deste campo de pesquisa ao estudo do movimento do corpo humano em atividades desportivas. O seu grande interesse é o incremento do desempenho, por exemplo, através da identificação de meios para alterar padrões de movimento humano (Vilas-Boas, 2001).

Ao analisarmos a evolução das técnicas de forma sistematizada podemos observar que esta passa pela procura da: (i) minimização da resistência oposta ao deslocamento do nadador que é determinada pelo meio líquido (arrasto hidrodinâmico); (ii) maximização da capacidade e eficiência propulsiva das ações segmentares e (iii) minimização das variações intracíclicas da velocidade de deslocamento por ciclo gestual (que, por sua vez, são decorrentes das variações intracíclicas do impulso resultante das forças de arrasto - D e propulsiva - P), consubstanciando-se no aumento do nível de aproveitamento dos recursos energéticos para uma mesma velocidade de nado (Vilas-Boas, 1997). Assim, em biomecânica da natação existe uma preocupação em otimizar o movimento (maximização da performance), bem como os equipamentos desportivos (em ordem a otimização da performance).

Conforme Vilas-Boas (2004), o estudo em biomecânica da NPD pode ser realizado em diferentes áreas de investigação, como ilustrado na Figura 2.

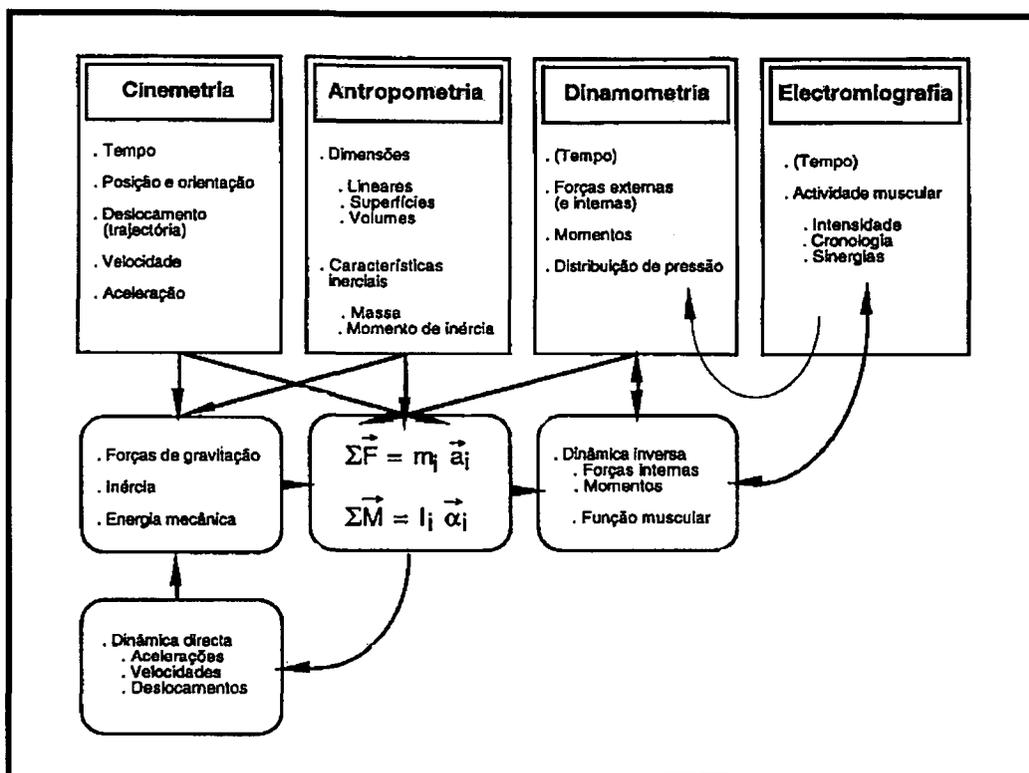


Figura 2. Diagrama ilustrativo das áreas de estudo da Biomecânica (Vilas-Boas, 2004).

A cinemática é uma área reservada à medição do movimento, a área de avaliação e instrumentação da cinemática. A sua preocupação é de analisar os movimentos independentemente das causas que o provocam. Esta área de investigação será mais detalhadamente abordada no próximo sub-capítulo, pois é nela que se enquadra o nosso estudo.

A antropometria é o ramo das ciências biológicas que tem por objetivo o estudo dos caracteres mensuráveis da morfologia humana e a sua variação nas populações. O método antropométrico baseia-se na mensuração sistemática e na análise quantitativa das variações dimensionais do corpo humano. Estes podem ser utilizados com finalidades de representação, de comparação e de predição (Sobral, 1987). Portanto, a antropometria busca modelos que possam ser utilizados para representar o corpo humano. Para isso, é necessário obter médias das medidas de densidade corporal por segmentos, assim como o tamanho e proporção média dos segmentos corporais.

3.4.2. Cinemetria

A cinemetria consiste num conjunto de métodos que mensura os parâmetros cinemáticos do movimento, estando interessada na descrição de como um corpo se move, não se preocupando em explicar as causas desses movimentos.

Hamil e Knutzen (1995) indicam que existem variados métodos para a aquisição de dados cinemáticos com vista a análises quantitativas, contudo o método mais comum é a cinematografia ou videometria de alta velocidade. Neste sentido, Hall (1991) menciona que o processo de videometria compreende a tomada de um filme ou vídeo, cuidadosamente planejados, de um desempenho que é, em seguida, computadorizado, quadro a quadro (sinal digitalizado), podendo as imagens do corpo humano serem reduzidas a figuras esquemáticas, representando-o com linhas que unem os centros articulares.

Dentre os processos de análise cinemática, temos os estudos bidimensionais (2D) e os estudos tridimensionais (3D). Os estudos 2D caracterizam-se pelo registro do gesto técnico em um dado plano, enquanto as análises 3D utilizam no mínimo duas câmeras com registro simultâneo de planos distintos de um mesmo gesto técnico.

De acordo com Nigg e Herzog (1994), uma câmera essencialmente pode nos fornecer uma imagem 2D de uma situação 3D em um filme médio. As imagens 2D captadas são posteriormente reconstruídas tridimensionalmente, através do algoritmo *Direct Linear Transformation* (DLT), desenvolvido por Abdel-Aziz e Karara (1971). Complementarmente Nigg e Herzog (1994) indicam que o método DLT provém uma relação linear entre as coordenadas 2D de um marcador num filme e sua localização tridimensional no espaço.

De acordo com Bartlett (1997) as vantagens da realização dos estudos 2D, são referidas como: (i) menor quantidade de equipamento utilizada; (ii) permite a análise somente do plano filmado; (iii) menos procedimentos na digitalização; (iv) facilidade de estabelecer relações entre os diversos parâmetros a analisar e (v) menores problemas na reconstrução das imagens. Apesar da praticidade que envolve as análises bidimensionais, no que concerne aos custos com equipamentos, necessidade de menos procedimentos de digitalização, maior facilidade em estabelecer relações entre os diversos parâmetros a serem analisados e menores

problemas de ordem metodológica em relação à reconstrução das imagens, as análises tridimensionais possibilitam reconstruir imagens similares as da execução, em decorrência de todas as técnicas em NPD envolverem movimentos tridimensionais (Hay, 1988). Bartlet (1997) ainda indica que as análises 3D permitem a observação da imagem em vários ângulos e planos, fornecendo informações mais completas do gesto técnico estando assim mais próxima da realidade.

3.4.3. Antropometria

Entende-se por antropometria o ramo das ciências biológicas que tem por objetivo o estudo dos caracteres mensuráveis da morfologia humana e a sua variação nas populações. O método antropométrico baseia-se na mensuração sistemática e na análise quantitativa das variações dimensionais do corpo humano.

A análise dos dados antropométricos absolutos, relativos e transformados, designa-se análise de perfis. Estes podem ser utilizados com finalidades de representação, comparação e predição (Sobral, 1987). A antropometria busca, portanto, modelos que possam ser utilizados para representar o corpo humano. Para isso é necessário obter médias da densidade corporal, por segmentos, assim como tamanho e proporção média dos segmentos corporais.

Ao estudarmos o corpo humano constituído por diversos segmentos corporais, estamos a dividi-lo em diversos corpos rígidos. Cada um destes comporta-se como um corpo mecanicamente homogêneo e independente. Entretanto, ao estudarmos o corpo humano, como um conjunto de corpos rígidos, estamos a considerá-lo um corpo articulado. Cada segmento anatômico transmite ao segmento adjacente a respectiva energia mecânica e o somatório das várias parcelas resulta num corpo articulado.

Segundo Abrantes (1997), a análise de um sistema biomecânico envolve a integração simultânea destes dois tipos de corpos mecânicos, sendo o corpo humano estudado simultaneamente como um corpo rígido e articulado. Quando suas ações são consideradas como um todo na respectiva interação com o meio envolvente, é considerado um corpo rígido, cuja soma final é responsável pelas alterações do apoio fixo através do trabalho intersegmentar realizado

simultaneamente pelos diversos corpos rígidos que o compõem. Caso contrário é considerado um corpo articulado.

A determinação de dados relativos à distribuição da massa e densidade, centro de gravidade (CG), centro de massa, e dos momentos de inércia segmentares, considerados como caracteres mensuráveis da morfologia humana, são fundamentais para a análise do movimento humano. Algumas destas medidas foram inicialmente determinadas diretamente através de cadáveres, outras utilizando volumes segmentares em conjugação com tabelas de densidade e outras técnicas mais modernas, tais como a tomografia axial computadorizada e a ressonância magnética nuclear, utilizando ecógrafos que reproduzem imagens da seção transversal dos segmentos analisados.

Dentre os modelos antropométricos biomecânicos, temos os de segmentação e os matemáticos. Um dos mais importantes estudos de segmentação realizado com cadáveres foi realizado por Chandler et al. (1975). Este estudo apresenta equações de regressão para estimar o peso corporal de alguns segmentos que compõem o corpo articulado inicialmente definido, e permite também a localização do CG de cada um dos segmentos. Com o objetivo de complementar os dados obtidos, através do método de segmentação e dos vários modelos conhecidos, as investigações mais recentes utilizam a modelação do corpo humano para estudar o movimento.

O avanço tecnológico de avanço deu desenvolvimento ao tratamento de imagens por computador. O envolvimento do *scanner* (ecografia) em análises do segmento corporal permite a determinação da densidade e das coordenadas dos segmentos corporais afetados pela radiação. A utilização deste procedimento em combinação com algumas medidas antropométricas realizadas por Zatsiorky e Seluyanov (1983) através de equações de regressão estimaram alguns parâmetros segmentares como a massa, CG e momentos de inércia de vários segmentos corporais. Por fim, Winter (2005) relata que a fiabilidade de qualquer análise depende tanto da qualidade e complementação das mensurações antropométricas como dos parâmetros cinemáticos e dinâmicos.

3.5 ABORDAGENS CINEMÁTICAS

3.5.1. Parâmetros gerais do ciclo

O ciclo gestual é um dos fatores determinantes do rendimento desportivo na Natação competitiva. Baseado neste fato, a partir dos anos 70, surgiram diversos estudos analisando o referido ciclo. Com efeito, até essa data, a análise da prestação desportiva baseava-se na comparação dos tempos parciais de prova dos nadadores (Soares, 1998).

O pioneiro nos estudos do ciclo de braçada foi East (1970), que estudou a relação entre a frequência gestual (FG), a distância de ciclo (DC) e a prestação dos participantes nas provas de 110 jardas dos Campeonatos Nacionais da Nova Zelândia de 1969. Antes de mais, define-se FG como sendo o número de ciclos executados por segundo (East, 1970), ou seja, a FG será definida pelo número de ciclos realizados pelos MS em uma unidade de tempo (Santos Silva, 1994). Já a DC, consiste na distância percorrida durante um ciclo de braçada (East, 1970), isto é, o espaço percorrido pelo nadador durante um ciclo completo dos MS (Santos Silva, 1994), onde um ciclo de braçada comporta um trajeto motor completo dos dois MS.

Ao analisar a prova de Borboleta, East (1970) verificou que, no caso dos nadadores, a FG diminuía de 0.94 Hz para 0.90Hz com o aumento do tempo de nado e da mesma forma, a DC diminuía de 1.83m.ciclo-1 para 1.46 m.ciclo-1. No caso das nadadoras, a DC passava de 1.46 m.ciclo-1 para 1.34 m.ciclo-1. Contudo, a FG não apresentava diferenças significativas. Assim, os nadadores apresentaram um valor médio da FG de 0.90 ± 0.04 Hz, com uma variação de 3% e a DC um valor médio de 1.61 ± 0.09 m.ciclo-1, com uma variação de 24%. Já no sexo feminino, a FG apresentou um valor médio de 0.91 ± 0.04 Hz variando 9% e a DC um valor médio de 1.38 ± 0.08 m.ciclo-1 com uma variação de 17%. Segundo East (1970), o aumento da performance em Borboleta caracteriza-se por alterações negligenciáveis da FG e por um marcado aumento da DC. Além disso, parecem existir valores ótimos de FG e de DC para se atingir a velocidade máxima, em função do sexo e da técnica de nado (East, 1970).

Craig e Pendergast (1979) e Craig et al. (1979), analisaram as três variáveis em todas as provas nadadas. Nas quatro técnicas de nado, o aumento da

velocidade deveu-se ao aumento da FG e à diminuição da DC. E parece que o declínio da velocidade se deve principalmente à diminuição da DC (Craig et al., 1985). No caso particular do aumento da velocidade média de nado, de valores mais baixos até os 80% do seu máximo nas nadadoras e até os 94% nos nadadores, deveu-se ao aumento da FG, mantendo-se nesse intervalo a DC praticamente constante. Já a velocidades máximas, a diminuição da DC foi de 18% no sexo masculino e de 15% no sexo feminino. Na técnica de Borboleta, percorrendo 22 m, os valores médios da FG foram de 0.93 ± 0.02 Hz nos nadadores e de 0.93 ± 0.04 Hz nas nadadoras. A velocidade média foi de 1.59 ± 0.04 m.s⁻¹ e de 1.30 ± 0.04 m.s⁻¹, nos sexos masculino e feminino respectivamente. Já no caso da DC, os valores médios foram de 1.71 ± 0.06 m.ciclo⁻¹ nos nadadores e de 1.40 ± 0.04 m.ciclo⁻¹ nas nadadoras.

Assim, a FG não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre os dois sexos. Todavia, a DC e a velocidade média foram significativamente superiores no sexo masculino.

Comparando a técnica de Borboleta com as restantes técnicas, ela foi mais veloz do que a técnica de Costas e de Peito, mas mais lenta do que a técnica de Crawl, em ambos os sexos. Por outro lado, apresentou uma maior FG do que a técnica de Peito, mas menor do que a de Crawl, nos dois sexos. Finalmente, o nado Borboleta apresentou uma maior DC do que a técnica de Crawl e menor do que a técnica de Costas nos nadadores e menor do que as técnicas de Crawl e de Costas nas nadadoras.

Parece também haver uma variação dos três parâmetros em função da distância nadada. A tendência parece ser para a diminuição da DC, da velocidade média e da FG com o aumento da distância. Comparando as provas de 100m com as de 200m nas provas de Borboleta, aparentemente a diminuição da velocidade decorreu da diminuição da FG e da DC (Craig et al., 1979; 1985). A justificativa para tal é remetida à fadiga muscular local, particularmente elevada nesta técnica (Craig e Pendergast, 1979; Craig et al., 1979; 1985; Figueiras, 1995; Martins-Silva, 1997). Segundo os autores, em teoria, cada distância pode ser nadada com uma menor FG e uma maior DC. No entanto, para se atingir uma mesma velocidade, com menor FG, é necessário exercer mais força muscular em cada ciclo de braçada por forma a aumentar a DC, o que resultará numa maior fadiga muscular local.

Contudo, Nelson e Pike (1978) chamam a atenção que os resultados de Craig et al. (1979; 1985) e de Craig e Pendergast (1979) foram obtidos entre diferentes indivíduos e não poderão ser extrapolados para resultados decorrentes de variações intraindividuais. Contudo, Figueiras (1995) e Martins-Silva (1997), verificaram a mesma tendência ao longo de uma prova de 200 m nado Borboleta.

Foi avaliada a FG, a DC e o tempo das provas de 100m por Kennedy et al. (1990) e de 200m por Chengalur e Brown (1992), nas quatro técnicas de nado, durante os Jogos Olímpicos de 1988. Comparando as diversas técnicas, as provas de Livres, em termos de valores médios, foi mais rápida do que as de Borboleta, as de Costas e as de Peito, nos 100 e nos 200 metros, o que está de acordo com os resultados de Craig e Pendergast (1979) e Craig et al. (1979; 1985).

Relativamente à DC, nos nadadores, não se observaram diferenças entre as provas de Peito e de Borboleta e entre as provas de Livres e de Costas (Chengalur e Brown, 1992). Chengalur e Brown (1992) sugerem que as técnicas onde existe uma rotação sobre o eixo longitudinal do corpo tem características similares, assim como aquelas onde se observa uma rotação em torno de um eixo medial. Contudo, apesar da explicação dada pelos autores, levanta-se a questão de saber se o motivo da similitude das características do ciclo de braçada se deve à rotação corporal ou, ao fato de serem duas delas técnicas contínuas e simultâneas e as outras técnicas descontínuas e alternadas. Por outro lado, na prova de 100 m, a DC na técnica de Peito foi inferior relativamente à Borboleta, nos dois sexos (Kennedy et al., 1990).

Chengalur e Brown, (1992), correlacionaram a FG com a DC, na prova de 200 metros Borboleta em ambos sexos. Os autores observaram uma correlação elevada entre as duas variáveis nos nadadores ($r = -0.78$) e nas nadadoras ($r = -0.87$). O mesmo se passou na prova de 100 metros, para os dois sexos. Kennedy et al. (1990) verificaram a existência de uma correlação de $r = -0.84$ para os nadadores e de $r = -0.65$ para as nadadoras. Já a correlação entre o tempo final e a DC nos 100 e nos 200 m foi negativo e superior, do que o obtido com a FG, nos dois sexos, ou seja, maior velocidade de nado e, portanto, menor tempo final, estará associado a uma maior DC. Adicionalmente também se observou uma correlação positiva, em ambos sexos, entre a FG e a estatura e, entre a DC e a estatura, nos 200 metros (Chengalur e Brown, 1992). O mesmo cenário verificou-se na prova dos 100 metros

Borboleta, exceto a correlação entre a estatura e a FG nas nadadoras que não apresentou valores estatisticamente significativos (Kennedy et al., 1990).

Os resultados de Costill et al. (1985), de Kennedy et al. (1990) e de Chengalur e Brown (1992), sugerem a existência de uma relação entre determinados parâmetros gerais do ciclo gestual nas diversas técnicas de nado e algumas características antropométricas. O estudo dessa relação foi feita por Grimston e Hay (1986) e também com nadadores bastante jovens, em fase de formação, por Wille e Pelayo (1993).

Figueiras (1995), Martins-Silva (1997) Cunha (1997) e Barbosa (2006b) avaliaram alguns dos parâmetros gerais do ciclo gestual, na técnica de Borboleta, através da utilização de *software* destinado à análise cinemática.

Figueiras (1995), comparou os parâmetros gerais do ciclo de braçada nos 4 percursos da prova de 200m, na técnica de Borboleta, entre nadadores seniores e infantis. Nos nadadores seniores, a DC no primeiro percurso foi de 1.81 m.ciclo-1, significativamente superior ao terceiro e quarto percursos com 1.56 m.ciclo-1 e 1.63 m.ciclo-1, respectivamente. O tempo de cada ciclo de braçada e a FG não apresentaram diferenças significativas nas duas categorias. Já a velocidade média de nado, nos nadadores seniores, no primeiro (1.41 m.s-1) e no segundo percurso (1.47 m.s-1) foram significativamente superiores ao terceiro percurso (1.33 m.s-1).

Haljand (1997) ao avaliar a prova de 200 m Borboleta dos Campeonatos da Europa de 1995, apresenta os resultados de velocidade média, da FG e da DC de alguns dos maiores expoentes da técnica de Borboleta com inspiração lateral da época, como, o russo Denis Pankratov e o francês Frank Esposito. Na final da prova dos 200 m, vencida por Pankratov, ele nadou a uma velocidade média de 1.66 m.s-1, com uma FG de 0.82Hz e uma DC de 2.00 m.ciclo-1 (Haljand, 1997). Logo, o IE de acordo com o procedimento de Costill et al. (1985), foi nessa prova de 3.32. Na eliminatória, Pankratov nadou a uma velocidade média de 1.66 m.s-1, com uma FG de 0.87Hz e uma DC de 1.90 m.ciclo-1 (Haljand, 1997). Contudo, o IE foi de 3.15, inferior ao valor da final. Já Esposito, realizou uma FG de 0.77Hz e uma DC de 2.11 m.ciclo-1, pelo que a sua velocidade média de nado foi de 1.61 m.s-1.

Conseqüentemente, o IB foi de 3.39, na realidade superior ao de Pankratov na final de que saíra vencedor. Comparando os resultados dos restantes participantes em prova e executantes da técnica de inspiração frontal, a IE parece

ter sido claramente inferior ao dos nadadores de Borboleta que realizam a técnica de inspiração lateral. Com exceção para o nadador com o 3º melhor tempo, o neozelandês Danyon Loader (IB=3.43), os restantes valores variaram entre os 3.15 e os 3.28 até ao 7º melhor tempo. Já a velocidade média de nado não apresentou diferenças, dado que entre o 1º e o 7º melhor tempo variou entre 1.66 e 1.63 m.s-1.

Relativamente à DC, Esposito apresentou a maior distância dos 7 melhores tempos, seguido de Pankratov. A FG de Esposito foi a mais baixa dos 7 melhores nadadores. Contudo, na eliminatória Pankratov realizou a frequência mais elevada de todos os nadadores.

Já no que se concerne à utilização de ciclos não inspiratórios, a 75% e a 95% da velocidade máxima, a DC foi sempre superior nos ciclos não inspiratórios, apesar de existirem diferenças apenas em nadadoras não especialistas (Cunha, 1997). Comparando a DC entre nadadoras especialistas e não especialistas em Borboleta, esse parâmetro foi tendencialmente inferior nas nadadoras de borboleta. Comparando os ciclos não inspiratórios com os inspiratórios, nas nadadoras não especialistas, a FG foi superior ao realizarem-se ciclos não inspiratórios. No entanto, a FG nas nadadoras de Borboleta foi superior à das especialistas de outras técnicas ao nadar a 95% da velocidade máxima. Relativamente ao tempo de duração do ciclo de nado, tal como na FG, nas nadadoras especialistas foi superior quando nadaram a 95% da velocidade máxima.

Barbosa (2006b) comparou os parâmetros gerais do ciclo gestual na técnica de Borboleta realizando-se ciclos de inspiração frontal, ciclos de inspiração lateral e ciclos não inspiratórios. A FG tal como já tinha verificado Haljand (1997), foi significativamente superior nos ciclos de inspiração lateral do que nos ciclos de inspiração frontal. Relativamente à DC e ao IE, estas duas variáveis foram significativamente superiores nos ciclos não inspiratórios do que nos ciclos de inspiração lateral e tendencialmente superiores do que nos ciclos de inspiração frontal. Sabendo-se que valores superiores da DC e do IE para uma dada velocidade de nado são tidos como indicadores de níveis superiores de adequação mecânica (Costill et al., 1985), à partida pode-se interpretar estes resultados como sendo decorrentes de uma menor eficiência da técnica de Borboleta com inspiração lateral do que com a inspiração frontal, mas principalmente do que os ciclos não inspiratórios. Contudo, o autor justifica estes resultados com duas possíveis razões.

Em primeiro lugar, poderia ter ocorrido que nos nadadores estudados, a técnica de Borboleta com inspiração lateral estivesse menos consolidada que os outros dois modelos técnicos. Ou então, as características cineantropométricas desses nadadores, ou de parte deles, não fosse a mais adequada para a interpretação desse modelo. Isto porque parece que a escolha de uma determinante variante das técnicas simultâneas deverá decorrer de características cineantropométricas específicas de cada nadador, procurando adotar aquela variante onde será mais eficiente (Zhu, 1996; Zhu et al., 1997).

3.5.2. Parâmetros espaciais e temporais

3.5.2.1. Segmentos corporais e centro de massa

Segundo Counsilman (1968), o nadador ao elevar a cabeça para inspirar tenderá a afundar o tronco e os MI, o que aumentará a área de secção transversa máxima do corpo relativamente à direção do deslocamento e, portanto, a Força de Arrasto Hidrodinâmico.

Clarys (1979), ao dada velocidade de nado e Número de Reynolds, constatou que no caso da manutenção da posição horizontal com a cabeça emersa, o Coeficiente de Arrasto era maior do que com a cabeça numa posição “natural”. Sabendo que o Coeficiente de Arrasto é uma variável que influencia a Força de Arrasto, quer isso dizer que ao elevar-se a cabeça, aumenta-se o referido coeficiente e também a Força de Arrasto Hidrodinâmico. Logo, para uma dada força propulsiva, a velocidade de nado diminuirá.

Estes resultados despertaram o interesse dos nadadores em reduzirem tanto quanto possível a Força de Arrasto. No caso da técnica de Borboleta, a técnica de respiração adotada foi uma das estratégias utilizadas por eles com esse fim. Nomeadamente, a execução de ciclos não inspiratórios e de ciclos de inspiração lateral, dado que aparentemente, com estas técnicas, a Força de Arrasto a que estarão sujeitos é menor.

Assim, este fato aliado ao movimento corporal em Borboleta ser do tipo ondulatório, leva a que diversos investigadores avaliem a amplitude vertical de

deslocamento e a amplitude horizontal de deslocamento de diversos segmentos corporais e do centro de massa.

Ungerechts (1983) comparou o movimento caudal dos golfinhos com a ação dos MI dos nadadores de Borboleta. Não encontrou diferenças na velocidade de ondulação, quando relativizada ao comprimento do sujeito em análise. A amplitude vertical do batimento descendente era similar à do batimento ascendente e, a amplitude vertical do segundo batimento descendente era superior à do primeiro. Não se verificaram diferenças significativas na duração absoluta dos batimentos ascendente e descendente, nos nadadores. Da mesma forma, não se observaram diferenças significativas na frequência das ações entre os golfinhos e os nadadores. Contudo, a duração relativa do batimento ascendente foi significativamente superior nos nadadores. Assim, parece que o movimento do nadador é próximo ao do golfinho, consistindo numa sucessão de movimentos ondulatórios, com amplitudes e durações relativas semelhantes.

Sanders et al. (1995), realizaram um estudo tridimensional de oito nadadores e oito nadadoras de borboleta e/ou estilistas. Segundo os autores do estudo, a amplitude vertical do deslocamento da cabeça e dos ombros, são ações particulares de uma oscilação do tipo sinusoidal, onde o centro de massa apresenta a menor variação da amplitude vertical, seguido do quadril. Por outras palavras, Sanders et al. (1995), registraram um aumento da amplitude vertical dos segmentos em função da sua maior distância ao centro de massa. Ou seja, a cabeça e os pés apresentaram a maior amplitude, seguidos dos ombros e dos joelhos e, em último lugar o quadril e o centro de massa. Este mesmo fato também foi verificado por Barbosa et al. (1999) e por Barbosa (2006b). Na verdade, Sanders et al. (1995) e Sanders (1996) observaram nos nadadores uma seqüência de ondulações com direção céfalo caudal, tendo a cabeça um papel determinante na liderança das oscilações. Efetivamente, a oscilação da cabeça promoveu a oscilação dos ombros, em média $35.0 \pm 7.5^\circ$ nos nadadores e $30.6 \pm 8.5^\circ$ nas nadadoras (Sanders et al., 1995). Da mesma forma, a ondulação dos ombros precedem a do quadril, a oscilação do quadril a dos joelhos e a oscilação dos joelhos a dos tornozelos.

De acordo com Sanders et al. (1995) aparentemente, a elevação da parte superior do corpo aquando da inspiração e da recuperação dos MS, promoverá um incremento na energia gasta pelo nadador. Essa energia será transmitida sob a

forma de ondas da parte anterior do corpo até à parte posterior - ou seja, em direção céfalo caudal - tornando-se desta forma num contributo adicional à propulsão gerada pela ação dos MI (Sanders et al., 1995).

Os resultados citados anteriormente são fortes evidências que suportam a idéia de Ungerechts (1983), de que os nadadores de Borboleta utilizam o movimento ondulatório similar aos dos golfinhos, como um acréscimo do contributo propulsivo (Sanders et al., 1995).

Cunha (1997), ao comparar os ciclos de inspiração frontal com os ciclos não inspiratórios, constatou que a amplitude vertical do quadril foi significativamente superior em nadadoras não especialistas a 75% da sua velocidade máxima. Nos restantes segmentos, a amplitude vertical foi ligeiramente superior nas nadadoras não especialistas em nado Borboleta. Em cada grupo, comparando as técnicas de respiração, não existiram diferenças significativas. A amplitude vertical dos tornozelos foi significativamente superior nas nadadoras não especialistas, o que foi justificado por elas emergirem por vezes os pés e as pernas e, pela maior inclinação do tronco no plano sagital (Cunha, 1997). A amplitude vertical do centro de massa e dos ombros foi similar a todas as velocidades nos dois grupos. Isto é, estes resultados parecem indicar que não haverá uma alteração acentuada do movimento ondulatório quando se comparam ciclos de braçada em que se realiza a técnica de inspiração frontal e os ciclos não inspiratórios.

Segundo Counsilman (1968), Costill et al. (1992) e Maglischo (1993), apesar de parecer ocorrer uma menor amplitude vertical de deslocamento da cabeça e uma melhor posição corporal na água ao inspirar-se lateralmente, ao contrário do que ocorre na técnica de Crawl, em Borboleta, o nadador como não pode realizar uma rotação acentuada do corpo em torno do seu eixo longitudinal e, como não terá flexibilidade suficiente na zona cervical para emergir a boca através de uma rotação, tenderá a elevar a cabeça a um nível próximo, e por vezes até superior, ao que faria para inspirar frontalmente. Contudo, Barbosa et al. (1999), ao compararem a amplitude vertical máxima de deslocamento e o declive do deslocamento da cabeça, dos ombros, do quadril, dos joelhos e dos tornozelos, em nadadores ao realizarem ciclos de inspiração lateral e ciclos de inspiração frontal, não encontraram diferenças nos segmentos estudados. A única exceção foi para a cabeça que apresentou valores inferiores ao utilizar-se a técnica de inspiração lateral. Todavia, os restantes

parâmetros foram tendencialmente inferiores na mesma técnica de inspiração. Da mesma forma, Barbosa (2006b) verificou que a amplitude vertical máxima de deslocamento da cabeça foi inferior entre todos os padrões respiratórios estudados.

O valor médio mínimo ocorreu nos ciclos não inspiratórios, seguido dos ciclos de inspiração lateral e por fim dos ciclos de inspiração frontal. Na amplitude vertical máxima de deslocamento dos ombros, o mesmo autor constatou que este parâmetro foi superior nos ciclos de inspiração frontal do que nos outros dois modelos. Ou seja, a técnica de Borboleta com inspiração frontal parece ser mais ondulatória do que a mesma técnica de nado, mas realizando-se a inspiração lateral ou ciclos sem fase inspiratória. Esta idéia também é partilhada por Rushall (1996), pelo menos para os ciclos de inspiração lateral e por Cunha (1997), para os ciclos não inspiratórios.

Counsilman (1968) e Maglischo (1993) sustentam a idéia da importância da manutenção do cotovelo num plano mais elevado do que o antebraço e a mão desde a sua entrada na água, mas especialmente a partir do momento do “agarre”. A manutenção do cotovelo numa posição mais elevada permitirá gerar mais força pelos músculos rotadores do braço (entre outros, o subescapular e o grande redondo) e dos adutores do mesmo (particularmente o grande dorsal), o que permitirá gerar mais força propulsiva (Counsilman, 1968). Além disto, segundo o mesmo investigador, permitirá uma aplicação mais eficiente da força propulsiva para trás, à luz da única teoria propulsiva vigente na época, a Teoria do Arrasto Propulsivo.

Togashi e Nomura (1992) ao analisarem 25 nadadores de Borboleta em formação, avaliaram o ângulo relativo entre o antebraço e o braço. O ângulo variou entre os 128.0° e os 240.6°. Os autores encontraram uma correlação de $r=-0.606$ entre esse ângulo, no “agarre” e nas fases seguintes, com a velocidade horizontal de deslocamento do tronco. Por outras palavras, este dado sugere que nadadores com elevadas velocidades médias de deslocamento tendem a apresentar ângulos relativos entre o antebraço e o braço menores. Togashi e Nomura (1992) também detectaram uma correlação significativa entre a fase de surgimento de uma posição alta do cotovelo e a velocidade horizontal de deslocamento do tronco ($r= -0.570$), o que reforça a idéia de que a colocação bem cedo do cotovelo nessa posição, promove uma maior velocidade horizontal de deslocamento do tronco.

Figueiras (1995) ao comparar a prova de 200 m Borboleta em nadadores infantis e seniores também avaliou este parâmetro. Seria de esperar que com o decurso da prova e, portanto, com o degradar do gesto técnico devido à fadiga muscular local, a tendência fosse para uma diminuição significativa dos valores do parâmetro “cotovelo alto”, especialmente nos nadadores infantis. Porém, não foram encontradas diferenças ao longo da prova, nem entre as categorias. No entanto, os valores foram tendencialmente inferiores com o decorrer da prova, apesar das diferenças não terem qualquer significado.

Maglischo (1993) diz que ao utilizar-se a técnica de inspiração lateral, ocorre uma ligeira rotação do corpo em torno do seu eixo longitudinal. Essa rotação terá, segundo o mesmo autor, influência na manutenção do cotovelo numa posição mais elevada que o antebraço e a mão. Como ao inspirar-se lateralmente existe uma rotação do corpo, o cotovelo do MS do lado oposto ao da inspiração estará a um nível mais próximo da mão. Isto é, o parâmetro “cotovelo alto” assume valores mais baixos, o que diminuirá a capacidade para gerar força propulsiva (Maglischo, 1993).

No entanto, apesar desta reflexão teórica de Maglischo (1993), Barbosa et al. (1999) e Barbosa (2006b) não encontraram diferenças nesta variável, apesar de terem observado a rotação.

Relativamente ao trajeto das mãos ao longo do ciclo de nado em Borboleta, Figueiras (1995) estudou a amplitude vertical máxima de deslocamento da mão, a amplitude horizontal máxima de deslocamento da mão e o índice de horizontalidade do deslocamento da mão (definido como sendo a razão entre a amplitude horizontal máxima do deslocamento da mão e a amplitude vertical máxima do deslocamento da mão). Não encontrou diferenças ao longo da prova de 200 m e entre categorias quando os resultados foram relativizados às características antropométricas. O mesmo se passou quando os dados não foram relativizados.

Martins-Silva (1997) observou que no decurso de uma prova simulada de 200m Borboleta, com a diminuição da velocidade de deslocamento, a tendência era para ocorrer um aumento da amplitude horizontal do deslocamento da mão e do índice de horizontalidade. Isto é, com o decorrer da prova, a tendência foi para os nadadores acentuarem os trajetos antero-posteriores, em detrimento dos laterais e dos verticais.

Já Cunha (1997) constatou que ao adotarem-se ciclos de inspiração frontal, a 75% e a 95% da velocidade máxima, a amplitude vertical máxima de deslocamento da mão foi superior nas nadadoras de Borboleta do que nas nadadoras não especialistas. Já a amplitude horizontal máxima do deslocamento da mão não apresentou diferenças significativas entre modelos respiratórios ou, entre as nadadoras especialistas e as não especialistas.

Barbosa et al. (1999) ao compararem os ciclos de inspiração frontal com os ciclos de inspiração lateral, não encontraram diferenças significativas nestes parâmetros, o que explicam pela inexistência de diferenças acentuadas no movimento ondulatório, que poderia hipoteticamente, aumentar ou diminuir os valores destas variáveis em função de uma maior ou menor ondulação, respectivamente. Contudo, tal como no movimento do corpo onde se encontrou uma tendência para os resultados serem inferiores na técnica de inspiração lateral, também a amplitude vertical máxima de deslocamento da mão e do índice de horizontalidade. Isto é, com o decorrer da prova, a tendência foi para os nadadores acentuarem os trajetos antero-posteriores, em detrimento dos laterais e dos verticais.

Atente-se que a mesma tendência ocorreu no estudo de Cunha (1997), em que as nadadoras não especialistas em nado Borboleta, apresentaram tendencialmente um movimento ondulatório mais acentuado e com valores de amplitude vertical de deslocamento da mão e de amplitude horizontal de deslocamento da mão superiores.

No entanto, Barbosa (2006b) verificou que a amplitude horizontal máxima de deslocamento da mão e o índice de horizontalidade foram superiores nos ciclos sem fase inspiratória do que nos ciclos de inspiração lateral. Ou seja, estes resultados parecem denotar uma tendência para os nadadores acentuarem menos os trajetos antero-posteriores, em detrimento dos laterais e dos verticais ao inspirarem lateralmente. Poder-se-ia especular que a razão para tal fato seria a menor extensão do cotovelo. Todavia, Barbosa (2006b) ao calcular o Coeficiente de Correlação de Pearson entre a amplitude horizontal máxima de deslocamento da mão e o ângulo relativo entre o braço e o antebraço durante a AA e, entre o índice de horizontalidade e o ângulo relativo entre o braço e o antebraço durante a AA não encontrou nenhuma correlação com valores significativos.

No domínio temporal, Cunha (1997) encontrou uma maior duração relativa do batimento descendente nos ciclos inspiratórios a 75% da velocidade máxima nos dois grupos. As nadadoras não especialistas apresentaram valores superiores na duração relativa da ALE a 75 e a 95% da velocidade máxima, nos ciclos inspiratórios. A velocidades inferiores, a duração relativa foi superior nas nadadoras especialistas nos ciclos com inspiração, durante a AA e a recuperação dos MS. À mesma velocidade, nos ciclos não inspiratórios, o batimento descendente foi superior no mesmo grupo. A velocidades mais elevadas executando a inspiração frontal foi superior na ALE nas nadadoras não especialistas e na recuperação nas nadadoras de borboleta. Por sua vez, Hahn e Krung (1992) indicaram que ao realizarem-se ciclos inspiratórios, a recuperação dos MS aumenta, em média, 0.1s.

Martins-Silva (1997) por seu lado afirma que as maiores velocidades de nado estão associadas a menores durações absolutas e relativas das fases menos propulsivas da braçada e uma maior duração das fases mais propulsivas. Isto porque, ao analisar as variações cinemáticas ao longo de uma prova de 200 metros Borboleta, descreve que ocorreu um aumento das durações absolutas e relativas das fases menos propulsivas e, uma diminuição dessas durações nas fases mais propulsivas do ciclo de nado.

Barbosa (2006b) verificou que a duração absoluta da ALI foi superior ao realizarem-se ciclos não inspiratórios do que os ciclos de inspiração lateral. Comparando esta mesma variável ao realizarem-se ciclos de inspiração frontal com os ciclos não inspiratórios, apesar da diferença não ser significativa, os valores foram superiores na técnica não inspiratória. O mesmo se passou com a duração relativa da ALI, mas apresentando diferenças significativas quando se compararam os ciclos sem fase inspiratória com as duas técnicas inspiratórias. Para mais, as durações absolutas e relativas da AA foram superiores nos ciclos não inspiratórios do que nos ciclos de inspiração frontal e tendencialmente superiores nos ciclos sem fase inspiratória do que nos ciclos de inspiração lateral. Isto é, nas fases consideradas como sendo as mais propulsivas do trajeto motor subaquático, a ALI e a AA (Schleihauf, 1979; Schleihauf et al., 1988; Costill et al., 1992; Mason et al., 1992; Maglischo, 1993; Figueiras, 1995; Martins-Silva, 1997) observou-se uma duração superior nos ciclos não inspiratórios do que nos ciclos de inspiração frontal e tendencialmente superiores do que nos ciclos de inspiração lateral.

3.5.2.2. Parâmetros angulares

Maglischo (1993), com base numa análise qualitativa da técnica de borboleta, afirmou que ao se inspirar lateralmente parece existir uma ligeira rotação do corpo em torno do seu eixo longitudinal. Isto por forma a facilitar a emersão da cavidade bucal e a inspiração. Já Barbosa et al. (1999), utilizando uma abordagem quantitativa, reforçaram essa idéia, em virtude do ângulo absoluto máximo formado entre os ombros e a horizontal, ao utilizar-se a técnica de inspiração lateral, foi em média de $14.263 \pm 4.199^\circ$, em contraponto com a inspiração frontal que foi em média de $7.125 \pm 1.953^\circ$ ($p=0.005$). Nesse estudo, os nadadores também utilizaram uma “barbodorsal” para avaliar uma possível rotação do tronco no plano transversal. O ângulo absoluto mínimo formado entre a “barbodorsal” e a horizontal no plano transversal, foi significativamente inferior ao realizar-se a inspiração através de uma rotação lateral da cabeça. Para mais, a correlação entre o ângulo máximo dos ombros com a horizontal e o ângulo mínimo da “barbodorsal” com a horizontal, ao adotar-se a técnica de inspiração lateral, foi significativo. Ou seja, parece que ao utilizar-se a técnica de inspiração lateral, na técnica de Borboleta, se observa uma ligeira rotação do corpo em torno do seu eixo longitudinal.

O mesmo fenômeno referido anteriormente também foi observado por Barbosa (2006b), dado que também neste estudo o ângulo absoluto formado entre os ombros e a horizontal no plano transversal foi significativamente superior nos ciclos de inspiração lateral do que nos ciclos de inspiração frontal e do que nos ciclos não inspiratórios durante a ALE, a ALI, a AA e a recuperação dos MS.

Dado que as condicionantes regulamentares não permitem a rotação em análise, levanta-se desde logo a questão de saber porque é que os nadadores, em situação competitiva não são desclassificados. Poderão existir três respostas para essa questão. Em primeiro lugar, os nadadores poderão realizar uma rotação em torno do seu eixo longitudinal sem serem desclassificados dado que a rotação será bastante reduzida, e como tal, não sendo fácil aos juizes detectarem-na. Além do mais, quando o nadador se desloca na água, os seus ombros comprimem água, criando uma onda à sua frente (Clarys, 1979), o que dificultará ainda mais a observação da rotação. Uma segunda hipótese será a de que os nadadores em

situação de competição não realizam essa rotação. Assim, os resultados encontrados por Barbosa et al. (1999) e por Barbosa (2006b), terão de se dever à amostra ser constituída por jovens nadadores, com uma relativamente baixa experiência na modalidade e que nunca tinham utilizado a técnica de inspiração lateral em Borboleta, em situação de treino ou de competição. Logo, dadas as similitudes das ações a Crawl e a Borboleta, eles terão muito possivelmente transferido a habilidade que já dominavam da primeira técnica de nado para a segunda. Em conseqüência, dado que à inspiração lateral a Crawl está associada a rotação do corpo, talvez também tenham transferido esse movimento para a técnica de Borboleta. Ou então, as características cineantropométricas de alguns dos nadadores que constituíram a amostra não seriam a mais adequada para a interpretação desse modelo respiratório.

Nos ciclos de inspiração frontal e nos ciclos não inspiratórios, obviamente, parece não existir nenhuma rotação do corpo em torno do seu eixo longitudinal, ou pelo menos com valores significativos. Não obstante ser possível esporadicamente observar-se uma ligeira rotação, não tanto voluntária mas, devendo-se hipoteticamente a desalinhamentos laterais, num determinado ciclo de braçada (Barbosa, 2006b).

Da mesma forma, a cabeça não sofrerá uma rotação, ao utilizar-se a técnica de inspiração frontal ou mantendo-se em apnéia inspiratória ao longo do ciclo de braçada. Por outro lado, ao adotar-se a inspiração lateral, essa rotação parece ser bem evidente. Por exemplo, Barbosa et al. (1999) analisaram os ângulos absolutos mínimo e máximo formados entre a cabeça e a horizontal no plano transversal. O ângulo mínimo foi significativamente inferior na técnica de inspiração lateral ($9.000 \pm 6.931^\circ$) do que na técnica de inspiração frontal ($85.158 \pm 2.853^\circ$).

Barbosa (2006b) realizou o único estudo onde a sincronização entre a ação dos MS e o ciclo respiratórios foi descrita. Para tal, analisou o ângulo absoluto formado entre a cabeça e a horizontal no plano transversal em cada fase do ciclo gestual. Durante a entrada dos MS a face estava orientada para o fundo da piscina ($91.578 \pm 2.312^\circ$). Foi durante a ALE que se iniciou a rotação da cabeça, dado que nesta fase o ângulo se reduz ($74.068 \pm 6.444^\circ$). Durante a ALI o valor do ângulo continuou a diminuir ($46.679 \pm 11.629^\circ$). E durante a AA atingiu o seu valor médio mais baixo ($30.330 \pm 18.360^\circ$), dado que foi o momento em que as vias respiratórias

emergiram e, portanto, o momento em que se iniciou a inspiração. Durante a AA e a primeira fase da recuperação ocorrerá a inspiração. A partir deste momento, a face imergiu novamente, dado-se início à expiração. Daí que o ângulo absoluto formado entre a cabeça e a horizontal no plano transversal durante a recuperação dos MS aumentou em comparação com o valor observado na AA ($60.631 \pm 10.898^\circ$), significando o retorno da face à posição neutra.

Para além das rotações no plano transversal, também tem sido alvo de estudo a inclinação do tronco no plano sagital. Isto é, o ângulo absoluto formado entre o tronco e a horizontal no plano sagital.

Hahn e Krung (1992), compararam esse ângulo em ciclos não inspiratórios e ciclos de inspiração frontal, afirmando que ele era superior em aproximadamente 10° nos ciclos em que o nadador inspirava. E que possivelmente, esse maior ângulo estaria relacionado com a menor velocidade de nado nesses ciclos. Logo, parece que o ângulo entre o tronco e a horizontal no plano sagital, será um importante indicador na análise das técnicas de respiração, a Borboleta. Cappaert et al. (1996) ao analisarem os participantes nos Jogos Olímpicos de 1992 e nos Campeonatos do Mundo de 1991, compararam os finalistas com os nadadores das eliminatórias. Os finalistas apresentaram um ângulo absoluto entre o tronco e a horizontal no plano sagital, significativamente inferior ao dos nadadores da eliminatórias (em média, 32.8° vs. 50.1°). A explicação parece residir na possibilidade de um menor ângulo promover um melhor alinhamento horizontal do corpo, principalmente nas fases mais propulsivas da braçada, ou seja, na AA. Um fato que aparentemente está associado a este é a extensão do cotovelo. Quanto maior for a extensão do cotovelo, maior tenderá a ser a duração dessa extensão e, portanto, a duração da AA. O que por sua vez, aumentará a força propulsiva produzida (Cappaert et al., 1996).

Posteriormente, Cappaert (1999) avaliou além dos nadadores participantes nos Jogos Olímpicos de 1992 e nos Campeonatos do Mundo de 1991, também os nadadores dos Jogos Olímpicos de 1996. Como tinha constatado anteriormente, um menor ângulo entre o tronco e a horizontal no plano sagital, está correlacionado significativamente com uma maior duração da extensão do cotovelo e, portanto, com uma maior produção de força propulsiva. Comparando os nadadores de borboleta participantes nas provas de 100 e de 200 metros, observou que na última prova, em comparação com a primeira, o ângulo máximo do tronco no plano sagital foi

superior, o ângulo relativo entre o antebraço e o braço durante a AA foi inferior e, o ângulo entre o tronco e a horizontal no plano sagital durante a AA e a recuperação dos MS foi superior. Contudo, Barbosa (2006b) não encontrou nenhuma correlação significativa entre esses parâmetros (ângulo relativo entre o braço e o antebraço vs. ângulo absoluto formado entre o tronco e a horizontal no plano sagital vs. duração absoluta durante a ALI e a AA). Logo, o estabelecimento dessa relação entre o ângulo absoluto formado entre o tronco e a horizontal e o ângulo relativo entre o braço e o antebraço e a duração absoluta da ALI e da AA não será tão linear quanto sugerem Cappaert et al. (1996) e Cappaert (1999).

Cunha (1997) comparou o ângulo absoluto formado entre o tronco e a horizontal no plano sagital, em nadadoras que realizavam ciclos de inspiração frontal e ciclos não inspiratórios. O ângulo foi significativamente superior nos ciclos de inspiração frontal em nadadoras não especialistas e tendencialmente superior nas nadadoras de borboleta. Nos ciclos inspiratórios, a inclinação máxima foi atingida durante a AA e a recuperação dos MS. A 75% da velocidade máxima, houve uma maior inclinação negativa (a anca encontrava-se num plano horizontal inferior aos ombros) durante o batimento descendente nos ciclos em que as nadadoras não inspiravam. O ângulo foi superior nas nadadoras não nadadores de borboleta na ALI a 75% da velocidade máxima nos ciclos não inspiratórios e, a 95% da velocidade máxima nas duas técnicas de respiração durante a recuperação dos MS.

Barbosa (2006b) observou resultados bastante próximos dos de Hahn e Krung (1992) e de Cunha (1997). Tal como estes autores, também Barbosa (2006b) verificou que o ângulo absoluto formado entre o tronco e a horizontal no plano sagital foi inferior nos ciclos não inspiratórios do que nos ciclos de inspiração frontal e os ciclos de inspiração lateral durante a ALE, a ALI, a AA e a recuperação dos MS.

Em síntese, tal como em Peito, parecem existir diversas variantes da técnica de Borboleta. Essas variantes serão distinguidas umas das outras com base no grau de ondulação e de rotação do corpo (Zhu, 1996; Zhu et al., 1997). Isto é, parece existir num dos extremos uma variante mais ondulatórios e no outro uma variante mais plana.

Caso se procure relacionar as variantes de Borboleta, com as técnicas de inspiração, não parece ser abusivo dizer-se que, com base nos poucos dados

disponíveis até agora na literatura, a técnica de Borboleta com inspiração lateral será mais plana do que a mesma técnica com inspiração frontal.

Continuando a analogia entre as variantes de Peito e de Borboleta, tal como na primeira técnica não existe uma variante que seja a mais eficiente em comparação com as restantes, independentemente do nadador que a realiza. Muito possivelmente, a adoção de uma dada variante em borboleta, tal como em Peito, também terá de tomar em consideração as características cineantropométricas de cada nadador (Vilas-Boas, 1993; Zhu, 1996; Zhu et al., 1997). Por exemplo, as variantes mais ondulatórias serão utilizadas predominantemente por nadadores com maiores níveis de flexibilidade específica (Zhu, 1996; Zhu et al., 1997). Por outras palavras, não haverá uma variante claramente mais eficiente que as restantes para todos os nadadores. Será com base nas características cineantropométricas que se poderá definir a variante que será potencialmente mais eficiente para cada sujeito.

3.5.2.3. Parâmetros de velocidade e aceleração

3.5.2.3.1. Mão

A mão é mais um dos grandes pólos de interesse cinemático dos investigadores em Biomecânica da Natação, especialmente a sua velocidade.

De acordo com Maglischo (1993), as acelerações e as desacelerações da mão coincidem com as variações da velocidade de deslocamento do CG, excepto durante a ALE. Durante essa fase, o aumento da velocidade de deslocamento do CG deverá ser atribuído fundamentalmente ao primeiro batimento descendente e não tanto à ALE. Com efeito, a mão diminui de velocidade desde a entrada até ao “agarre”. A partir desse momento, a velocidade aumenta até à ALI (Schleihauf et al., 1988; Maglischo, 1993). Na transição entre a ALI e a AA, observa-se uma ligeira desaceleração, que será explicada pela mudança do ângulo de ataque. Com o surgimento da AA, ocorre uma nova aceleração, atingindo o pico de velocidade nessa fase (Schleihauf et al., 1988; Maglischo, 1993). Por fim, a velocidade da mão decai desde o fim da AA, até nova entrada.

Segundo Martins-Silva (1997), ocorre um aumento da velocidade antero-posterior da mão durante a AA e uma diminuição da mesma durante a ALE e a ALI,

que são explicáveis por estas serem ações mais diagonais. Ou seja, as velocidades superiores ocorrerão no fim do trajeto motor subaquático, como refere Maglischo (1993). Para mais, Martins-Silva (1997) corrobora os resultados de Maglischo (1993), ao constatar existir uma coincidência durante a AA entre os valores máximos da velocidade do CG e da mão.

Martins-Silva et al. (1999) também verificaram uma correlação significativa entre a variação intracíclica da velocidade horizontal de deslocamento do CG e a componente vertical da velocidade da mão durante a AA ($r=-0.79$), a componente lateral da velocidade da mão na AA ($r=-0.91$), a resultante das três componentes durante a AA ($r=0.96$), a componente horizontal da velocidade da mão durante a ALI ($r=0.91$), a componente vertical da velocidade da mão durante a ALI ($r=0.98$), a resultante das três componentes da velocidade da mão durante a ALI ($r=-0.96$), a velocidade horizontal da mão durante a AA ($r=0.79$) e a velocidade do CG durante a ALE ($r=-0.58$). Para mais, segundo os autores, ao efetuar-se uma regressão passo-a-passo, procurando determinar as variáveis preditoras - ou que mais influenciam a variação intracíclica da velocidade horizontal de deslocamento do CG - a primeira variável a entrar no modelo foi a velocidade resultante da mão durante a ALI ($r^2=-0.98$), seguida da componente lateral da velocidade da mão durante a ALI ($r^2=0.99$) e da componente vertical da velocidade da mão durante a ALI de ($r^2=1$).

Estes resultados sugerem a importância do CG, em Borboleta. No entanto, os fatores mais importantes foram as componentes horizontais, verticais e laterais no fim do trajeto motor subaquático, ou seja na AA e na saída e aqueles diretamente relacionados com a menor velocidade da mão em todas as componentes durante as fases laterais do trajeto motor subaquático, isto é, na ALI (Martins-Silva et al., 1999). Assim, reforça-se a ideia que elevadas velocidades da mão coincidem com elevadas velocidades do CG, o que será particularmente benéfico próximo do fim do ciclo de braçada.

Cunha (1997) também comparou a velocidade da mão em nadadoras especialistas e não especialistas na técnica de Borboleta ao realizarem-se ciclos de inspiração frontal e ciclos não inspiratórios, a 75% e a 95% da velocidade máxima. A componente horizontal da velocidade da mão não apresentou diferenças significativas entre repetições, em ciclos inspiratórios e ciclos não inspiratórios nos dois grupos de nadadoras. No entanto, Cunha (1997) chama a atenção para os

valores elevados do desvio padrão, que refletem uma grande heterogeneidade das ações motoras. A 95% da velocidade máxima, a componente horizontal da velocidade da mão apresentou valores superiores durante a ação descendente e a ALI do que a 75%. Relativamente à componente vertical da velocidade da mão, Cunha (1997) destaca que não existiram diferenças significativas nas nadadoras especialistas entre as várias repetições. No entanto, na entrada, na ação descendente e na AA foi sempre tendencialmente superior nos ciclos inspiratórios. Por outro lado, durante a ALE e a ALI, foram tendencialmente superiores nos ciclos não inspiratórios. No grupo de nadadoras não especialistas, a tendência geral foi para a velocidade da mão, nos ciclos não inspiratórios não apresentar diferenças significativas, em todas as fases da ação dos MS, exceto na ALI. Comparando a componente vertical da velocidade da mão, entre grupos, as nadadoras especialistas atingiram valores superiores na ALE quando nadaram a 95% da velocidade máxima.

Ao comparar nos três modelos respiratórios as componentes horizontais, laterais e verticais da velocidade média de deslocamento da mão, bem como da sua resultante ao longo do trajeto motor subaquático, Barbosa (2006b) apenas observou diferenças na componente horizontal durante a entrada e a ALE. Durante a entrada dos MS esta variável foi superior nos ciclos de inspiração lateral do que nos ciclos de inspiração frontal. Já durante a ALE ela foi superior nos ciclos não inspiratórios do que nos ciclos de inspiração frontal. Nas restantes variáveis não se encontraram diferenças.

3.5.2.3.2. Centro de gravidade e quadril

Diversos estudos analisaram a velocidade e a aceleração do quadril e do centro de gravidade (CG) do nadador.

Maglischo (1993) refere a existência de dois padrões distintos da velocidade de deslocamento ao longo do ciclo de braçada. O primeiro caracteriza-se pela realização de dois picos de velocidade. A velocidade apresenta o seu valor mínimo durante a recuperação dos MS, aumentando durante o primeiro batimento descendente e a ALE.

Esse aumento de velocidade parece dever-se à ação dos MI e não tanto à ALE, dado que nesta fase a propulsão não será suficiente para elevar a velocidade aos níveis observados (Schleihauf, 1979; Schleihauf et al., 1988). A ALI caracteriza-se por ocorrer um aumento significativo da velocidade de deslocamento. Na transição entre a ALI e a AA, dá-se uma diminuição da velocidade de deslocamento. Na AA, a velocidade volta a aumentar para valores próximos aos verificados na ALI. Com a saída e a recuperação dos MS, a velocidade diminui abruptamente. Ou seja, este é um padrão que se caracteriza pela existência de dois picos de velocidade, um na ALI e outro na AA, com uma ligeira diminuição da velocidade na transição entre essas fases, dado que existe uma mudança de direção do deslocamento das mãos e, portanto, do ângulo de orientação e do ângulo de ataque.

Nadadores de elite também apresentam um padrão onde ocorre um único pico de velocidade (Maglischo, 1993). Este padrão consiste no aumento gradual da velocidade de deslocamento desde a entrada até à AA, sem que existam momentos de desaceleração na transição entre fases. Segundo Maglischo (1993), este padrão parece ser característico de nadadores com trajetos motores mais amplos, o que torna a transição entre a ALI e a AA praticamente imperceptível. Isto porque as mãos estarão fundamentalmente orientadas para trás. Ou seja, estes nadadores parecem que usam menos movimentos diagonais, durante o trajeto motor subaquático.

Dois dos pontos que mais interesse despertaram nos investigadores para analisar a velocidade de deslocamento dos nadadores foi a controvérsia em torno das semelhanças e dessemelhanças dos perfis de variação da velocidade do CG e do quadril. Isto porque variações da velocidade do CG não serão desejáveis, dado que o nadador terá de vencer a inércia aumentada a que fica sujeito devido a esse fenômeno (Kornecki e Bober, 1978). Logo, elevadas flutuações intracíclicas da velocidade do CG são limitativas da performance na natação competitiva (Toussaint, 1988).

Na realidade, diversos autores ao invés de utilizarem o CG como ponto de análise da velocidade de deslocamento do nadador utilizaram a velocidade do quadril. A justificativa para a utilização desta região anatômica é a sua proximidade com o ponto de localização do CG e a maior facilidade de monitorização da cinemática desse ponto, em comparação com a complexa determinação do CG.

Contudo, a velocidade do quadril parece não representar com fidelidade a velocidade do CG (Mason et al., 1992; Barbosa, 2006b).

Independentemente da utilização da velocidade do quadril ou do CG, o que parece consensual é o fato da flutuação da velocidade, na técnica de Borboleta, ser especialmente elevada (Kornecki et Bobert, 1978; Hahn e Krung, 1992; Togashi e Nomura, 1992; Sanders, 1996; Barbosa, 2006b). Por exemplo, Kornecki e Bober (1978) ao avaliarem 22 nadadores de borboleta de elite, observaram que a velocidade variava entre os $0.72 \pm 0.27 \text{ m.s}^{-1}$ e os $2.17 \pm 0.15 \text{ m. s}^{-1}$. Já Hahn e Krug (1992) e Sanders (1996), referem que a velocidade de deslocamento variou em média 1.0 m. s^{-1} .

Kornecki e Bober (1978), correlacionaram um índice de economia (que expressa a oscilação momentânea da velocidade do ciclo de braçada, onde um menor valor do índice significa uma maior economia) com a velocidade de deslocamento do quadril. Verificaram uma correlação do referido índice de $r=-0.68$ com a velocidade média de deslocamento, de $r=0.7$ com a velocidade máxima e de $r=-0.46$ com a velocidade mínima. Logo, uma técnica será tão econômica, quanto menor for à flutuação intracíclica da velocidade.

Mason et al. (1992), realizou um estudo similar ao de Kornecki e Bober (1978), mas utilizando como ponto de análise o CG. A velocidade máxima ocorreu durante a AA (aproximadamente entre os 1.8 m. s^{-1} e os 1.9 m. s^{-1}) com tendência para um aumento contínuo como descreve Maglischo (1993), mas, existindo uma ligeira diminuição na transição entre a ALI e a AA. Mason et al. (1992) verificaram a existência de 5 picos de aceleração durante o ciclo de braçada. O primeiro pico ocorreu durante o primeiro batimento descendente (1.9 m. s^{-1}), outro na ALE (1.4 m.s^{-1}), mais um na ALI (4.2 m.s^{-1}), o quarto pico foi na AA e na saída (2.3 m.s^{-1}) e o último no "catch the wave" (0.0 m.s^{-1}). Isto é, as fases mais propulsivas foram a ALI e a AA. Um estudo prévio de Barthels e Adrian (1975), também refere grandes acelerações nestas fases, especialmente na ALI; motivadas principalmente pela produção de Força Ascensional (Schleihau, 1979; Schleihau et al., 1988).

Togashi e Nomura (1992) analisaram em 25 jovens nadadores de Borboleta a variável em questão, sugerindo também que uma maior flutuação intracíclica da velocidade estará associada a uma maior ineficiência da técnica de nado, dado que a correlação foi de $r=- 0.509$ entre a velocidade média e a flutuação da velocidade.

Sanders (1996) estudou entre outros parâmetros, a velocidade horizontal do deslocamento do CG em quatro nadadores e quatro nadadoras de Borboleta e/ou estilistas, durante os Jogos Pan-Pacíficos. A maior velocidade horizontal do deslocamento do CG foi atingida na AA em 4 nadadores, no primeiro batimento descendente em dois nadadores e num nadador na ALE. Assim, apesar de alguma variação interindividual, parece que estes resultados são consistentes com os de Schleihauf et al. (1988), de Mason et al. (1992) e de Maglischo (1993). Da mesma forma, no que concerne à aceleração do CG, a AA, que coincide com o segundo batimento descendente, foram as fases que apresentam os valores mais elevados em quatro nadadores e a ALI em dois nadadores, como também descreve Mason et al. (1992).

Mason et al. (1992), sugerem que o “*catch the wave*” seria um acréscimo propulsivo do deslocamento, oriundo do movimento da massa de água, decorrente do movimento ondulatório. Sanders et al. (1995) estudaram oito nadadores e oito nadadoras de borboleta e/ou estilistas. Encontraram uma correlação entre a velocidade de ondulação e a velocidade do CG de $r=0.88$ nos nadadores e de $r=0.96$ nas nadadoras. Assim, é provável que a energia produzida pelo movimento ondulatório se transmita ao longo do corpo numa direção céfalocaudal, contribuindo para a propulsão, partindo da oscilação da cabeça.

Recentemente, Colman et al. (1999) estudaram o contributo da massa de água acrescentada ao nadador na propulsão do mesmo. Observaram que durante o batimento descendente e o fim do batimento ascendente, ocorria uma aceleração do CG além de que alguma da massa de água era defletida para trás, o que promovia como reação, a propulsão do nadador para frente. Também encontraram uma desaceleração na transição entre os dois batimentos, dado que nesse momento alguma água era defletida verticalmente. Na primeira fase do batimento ascendente, sem barbatanas, não houve desaceleração, como verificaram com o uso das mesmas. Quando não se utilizava barbatanas, apenas a hiperextensão dos joelhos permitiu aos pés moverem-se quase na vertical, o que possibilitou colocar a massa de água em rotação, criando um vértice. Na última parte do batimento ascendente, a massa de água era defletida para trás, devido ao aumento da velocidade do pé, que apresentava um deslocamento praticamente vertical. Isto, segundo os autores, dever-se-á à extensão dos tornozelos, combinado com a hiperextensão dos joelhos,

até os MI ficarem alinhados. Em reação será gerada propulsão. Durante o batimento descendente e o fim do batimento ascendente, há uma aceleração do CG do corpo. A massa de água será adicionada na parte posterior do corpo do nadador. Isto implica que o CG global (CG do corpo do nadador e da massa de água) seja recolocado mais atrás do que o CG do corpo, o que resultará numa menor aceleração do CG global do que do CG do corpo (Colman et al., 1999). Na fase de prenunciada desaceleração do CG do corpo, a massa de água é libertada. Isto desloca o CG global para frente, relativamente ao CG do corpo (Colman et al., 1999). Este fato implica uma menor desaceleração do CG global do que do CG do corpo. Durante a fase de desaceleração do CG do corpo, ou seja, na transição entre o batimento ascendente e o batimento descendente, a massa de água é libertada debaixo dos MI, porque estes já não a conseguem acelerar mais. Isto desloca o CG global para a frente, relativamente ao CG do corpo (Colman et al., 1999).

Contudo, os estudos da velocidade e da aceleração do CG, não se quedam apenas pela análise destas problemáticas.

Figueiras (1995) observou que no segundo percurso de 25m de uma prova de 200m Borboleta, a velocidade do CG apresentava o valor máximo durante a AA e o “*catch the wave*” ($1.90 \pm 0.25 \text{ m.s}^{-1}$), de seguida na saída e na recuperação dos MS ($1.80 \pm 0.22 \text{ m.s}^{-1}$), na entrada ($1.60 \pm 0.39 \text{ m.s}^{-1}$) e na ALI ($1.60 \pm 0.36 \text{ m.s}^{-1}$). Estes resultados não apresentaram diferenças significativas entre escalões e entre percursos. Já a aceleração do CG, em nadadores seniores, durante a recuperação foi de $-1.18 \pm 1.89 \text{ m.s}^{-1}$ e de $+1.10 \pm 1.24 \text{ m.s}^{-1}$ na AA.

De igual forma, Martins-Silva (1997) encontrou um perfil bimodal da variação intracíclica da velocidade, com valores superiores durante a AA e a ALI. Comparando nadadores de níveis competitivos distintos, verificou que os nadadores de maior rendimento apresentavam, uma maior velocidade do CG durante a recuperação a ALE, assim como uma menor variação intracíclica do parâmetro.

Relativamente à aceleração, foram definidas claramente três fases de aceleração (a ação descendente, a ALI e, a AA e a saída), sendo os valores mais elevados na ALI e na AA e saída. Como se pode verificar, estes resultados são próximos dos obtidos por Mason et al. (1992). Comparando os nadadores, de acordo com o nível de rendimento, os melhores nadadores apresentavam menores diminuições da aceleração do CG durante a ALI, a AA e na entrada.

Relativamente ao estudo da velocidade e da aceleração do CG e do quadril, em função da técnica de respiração utilizada, Hahn e Krug (1992) consideram que a realização de uma fase inspiratória, num ciclo gestual de borboleta, provoca um aumento da flutuação intracíclica da velocidade. Para mais, ao inspirar-se, a velocidade de deslocamento será menor do que ao realizarem-se ciclos não inspiratórios por diversas razões (Hahn e Krung, 1992). Em primeiro lugar, a execução da inspiração apresenta maiores exigências em termos de controle do movimento. Em segundo, como já foi referido, observa-se um aumento do ângulo absoluto entre o tronco e a água. A recuperação dos MS será mais prolongada devido à existência da fase inspiratória. Finalmente, a realização de inspiração será limitativa de uma maior intensidade do primeiro batimento descendente.

Cunha (1997) comparou a velocidade horizontal de deslocamento do CG em cada fase da ação dos MS ao realizarem-se ciclos de inspiração frontal e ciclos não inspiratórios. A velocidade desse ponto na ALE, foi significativamente superior nos ciclos não inspiratórios a 95% da velocidade máxima. Nos ciclos não inspiratórios, a aceleração foi superior e positiva a 95% da velocidade máxima. A velocidade horizontal de deslocamento do CG parece estar associada à fase de recuperação dos MS. Em nadadores não especialistas, a velocidade foi superior quando não se inspirava e em especialistas, sem diferenças significativas segundo a técnica de respiração. Além do mais, parece haver uma relação entre a inclinação do tronco durante a AA e a recuperação dos MS e a velocidade horizontal de deslocamento do CG. Isto é, uma menor inclinação durante os ciclos não inspiratórios, estará associada a uma menor Força de Arrasto Hidrodinâmico e, portanto, uma maior velocidade de deslocamento para uma dada força propulsiva.

Finalmente, Barbosa (2006b) ao comparar os três modelos respiratórios na técnica de Borboleta, verificou que a velocidade média horizontal de deslocamento do CG foi significativamente inferior nos ciclos de inspiração frontal do que nos ciclos não inspiratórios durante a entrada. A justificativa apresentada pelo autor foi que essa diminuição da velocidade poderá relacionar-se com o próprio ato de inspirar. Isto é, a elevação de forma mais acentuada de parte do corpo para inspirar, ao utilizar-se a técnica de inspiração frontal promoverá uma maior área de secção transversa máxima do corpo relativamente à direção de deslocamento e, portanto, um aumento da Força de Arrasto a que ficará sujeito o nadador. Conseqüentemente

verificar-se-á uma menor velocidade de deslocamento porque para uma dada força propulsiva, a Força de Arrasto tende a aumentar significativamente.

Também foram detectadas diferenças na velocidade média horizontal de deslocamento do CG durante a ALE (Barbosa, 2006b). Nesta fase, a variável em causa foi superior nos ciclos não inspiratórios do que nas outras duas técnicas, tal como também já tinha verificado Cunha (1997). A causa para este fato poderá radicar na superior velocidade média horizontal de deslocamento da mão durante a ALE nos ciclos não inspiratórios a qual terá sido determinante para o comportamento da velocidade média horizontal do deslocamento do CG durante a mesma fase. Para mais, segundo Zhu (1996), nos estilos menos ondulatórios – como é o caso da técnica de borboleta com ciclos não inspiratórios – o primeiro batimento descendente ocorrerá um pouco mais tarde do que nos estilos onde a ondulação é mais acentuada, no caso a técnica de Borboleta com fase inspiratória. Assim, provavelmente, a maior velocidade média horizontal de deslocamento do CG durante a ALE nos ciclos não inspiratórios também poderá dever-se à ocorrência do primeiro batimento descendente não durante a entrada dos MS mais um pouco mais tarde, no início da ALE. Conseqüentemente, poderá observar-se um aumento significativo da velocidade média horizontal de deslocamento do CG durante a ALE nesse padrão respiratório.

4. METODOLOGIA

4.1. TIPO DE ESTUDO

Estudo de caso: O estudo de caso é utilizado para fornecer informação detalhada sobre um indivíduo (ou instituição, comunidade, etc.). Este, objetiva determinar características únicas sobre o sujeito ou a condição (Thomas e Nelson, 2002).

4.2. AMOSTRA

4.2.1. Caracterização da amostra

Os testes foram constituídos por um atleta participante de Campeonatos Regionais e Estaduais do Paraná, pertencente a categoria Sênior. O nadador é oriundo de um dos clubes filiados a Federação de Desportos Aquáticos do Paraná, e tinha pelo menos sete anos de treino.

O participante teve seu peso, altura e envergadura medidos, que são, respectivamente: 83,6 Kg, 181 cm e 186cm. O atleta informou também que seu melhor tempo nos 50m nado Borboleta é de 30" e seu melhor tempo nos 100m Borboleta 1'03".

4.2.2. Critérios de seleção e exclusão

A amostra foi selecionada por conveniência a partir da população de nadadores inscritos na Federação de Desportos Aquáticos do Paraná (FDAP) incidindo sobre nadadores que tem como uma das primeiras especialidades as provas de curta duração na técnica de Borboleta (100m). Como critérios para inclusão no estudo foram considerados o nível de representação estadual do nadador em eventos da técnica de Borboleta, o que caracteriza o domínio da técnica de nado, e o preenchimento do termo de consentimento (Anexo A) sobre os objetivos e os procedimentos do trabalho. Serviram como critérios de exclusão da amostra, os atletas que se especializavam em outras modalidades de nado ventral

ou dorsal, aqueles que não assinaram o termo de consentimento, assim como os nadadores que sofreram alguma injúria decorrente do processo de treinamento.

4.2.3. Contato prévio

O treinador do respectivo nadador que integrou a amostra foi contatado e, posteriormente, o nadador, no intuito de averiguar sua disponibilidade de colaboração. Antes da aplicação do protocolo experimental, foram explicados e descritos os objetivos e procedimentos de estudo ao atleta, que, por sua vez, teve de manifestar o seu consentimento declarado por escrito. Complementarmente, o nadador foi informado e esclarecido acerca de todas as dúvidas.

4.3. PRÉ TESTE

Antecedendo a coleta dos dados, realizamos dois pré-testes, procurando definir e conferir os procedimentos e, simultaneamente, familiarizar-nos com a seqüência de tarefas e com os instrumentos a serem utilizados. Deste modo, foi possível ajustar o protocolo experimental estabelecido, nomeadamente no que se refere ao posicionamento da câmera de vídeo, à marcação dos pontos anatômicos e, sobretudo, à otimização do tempo de trabalho.

4.4. PROTOCOLO EXPERIMENTAL

A sessão da coleta de dados foi realizada numa piscina coberta com água aquecida a 29° C. A estrutura tem 25 m de comprimento por 15 m de largura (8 raias).

O protocolo experimental foi dividido em dois períodos. Durante a primeira sessão o nadador preencheu um questionário de identificação pessoal (Anexo B), sendo pesado por uma balança da marca *Tanita (modelo TBF 305, Japão)* e medido por um estadiômetro. Posteriormente o nadador realizou um aquecimento específico dentro da água constituído por 20 min de nado contínuo a velocidade moderada. A seguir a instrução, tendo em vista o processamento das imagens informáticas recolhidas, o sujeito integrante da amostra foi marcado com fita adesiva de cor

vermelha no ponto anatômico do grande trocânter femural, do seu plano sagital direito.

Para evitar os efeitos da fadiga, o nadador simulou sobre uma distância de 25m três tentativas na técnica de borboleta de cada uma das intensidades propostas no estudo, 2 submáximas (60, 80% da intensidade máxima de prova) e uma máxima (100%). Após cada tentativa o nadador foi informado sobre o seu desempenho, o qual foi esperado estar dentro do intervalo de $\pm 2.5\%$ da intensidade determinada. Se isso não ocorresse, a tentativa era repetida.

Durante o teste, a intensidade era monitorada com um cronômetro Seiko, que servia somente para validar cada tentativa, para garantir mínima discrepância entre a intensidade determinada do nadador e a velocidade a qual deveria realizar cada tentativa.

Tendo em conta que o tempo estimado para a realização da distância dos 25m nas repetições de intensidades impostas está compreendido entre 13 e 20s, optamos por um intervalo passivo de 5min entre cada um dos percursos, o qual foi referido como suficiente para a restauração completa dos sistemas energéticos, minimizando o efeito da fadiga (Wilmore e Costill, 1994).

Para a sessão de coleta de dados a ordem das tentativas foi aleatória para reduzir os efeitos de ordem (Takaeda et al., 2009).

4.4. COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

4.4.1. Cinemática

4.4.1.1. Coleta das imagens

As imagens do nadador participante no estudo foram registradas em vídeo através de uma câmera de superfície (JVC-JRD20US). A câmera foi fixada em um tripé e colocada a 12.3m da parede testa da piscina e 7.72m distante do plano de deslocamento do nadador, a uma altura de 45cm da superfície, como mostra a Figura 2.

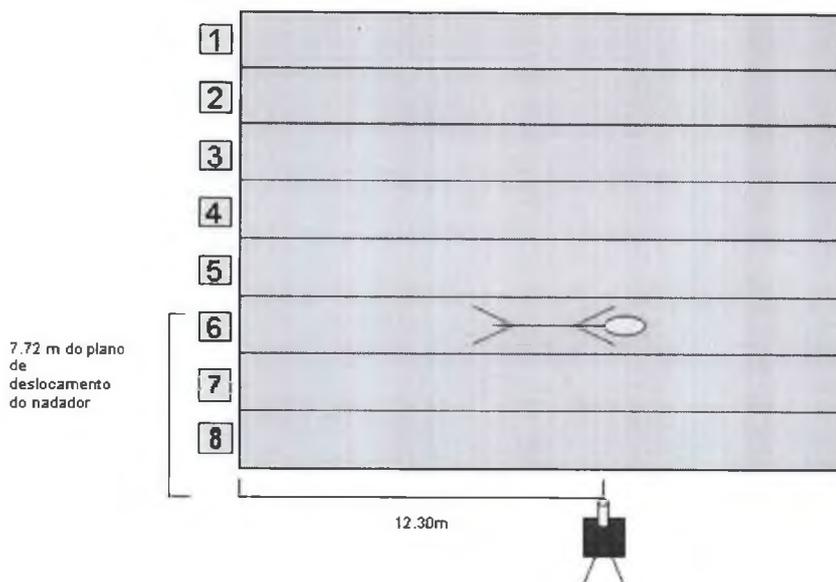


Figura 3. Representação do posicionamento da câmera utilizado para a coleta das imagens.

A câmera foi regulada de modo a que o seu eixo óptico convergisse para o nadador e enquadrasse, no limite do seu campo de visão, a totalidade do objeto de calibração. Este procedimento possibilitou o registro de um ciclo completo de nado, com uma dimensão e nitidez suficiente dos pontos a serem posteriormente identificados no processo de digitalização. A câmera operou a 60 Hz e foi regulada a uma velocidade de obturação de 1/250, de modo a evitar o esbatimento da imagem formada em gestos executados a maiores velocidades.

O alinhamento e ajuste das dimensões das imagens da câmera foram conseguidos através do recurso a um referencial externo bidimensional (2.30 x 1.83 m, com quatro pontos notáveis), situado no plano de movimento do nadador, o qual posteriormente permitiu o cálculo do fator de escala utilizado para converter as coordenadas do sistema informático em coordenadas reais. Este sistema de calibração foi registrado durante dois minutos antes da captação das imagens.

4.4.1.2. Análise das imagens

As imagens foram posteriormente digitalizadas utilizando o sistema de processamento cinemático das imagens *Ariel Performance Analysis Systems*

(APAS), incluindo os seguintes procedimentos: (i) conversão das imagens registradas em fita magnética em formato de vídeo para *Windows* ou *NT* (avi); (ii) adoção do modelo espacial a adotar na análise – baseado no modelo de Zatsiorsky e Seluyanov (1983), adaptado por De Leva (1996); (iii) introdução dos quatro pontos do sistema de calibração das coordenadas de posição (x e y) para o sistema de referência usado; (iv) digitalização do ponto de controle (ponto fixo que terá de ser visível em todas as imagens analisadas) e do ponto antômico utilizado para o nadador digitalizado, sendo a frequência de leitura das imagens de vídeo de 60 Hz; (v) reconstrução bidimensional a partir do procedimento *Direct Linear Transformation* (APAS) concomitantemente a filtragem dos dados numa frequência de corte de 5 Hz no sistema de *Digital Filter Algorithm* (APAS), para serem removidos quaisquer pequenos erros aleatórios decorrentes do processo de digitalização; (vi) visualização dos resultados por meio de gráfico, numérico e pictórico e (vii) a realização de cálculos para a obtenção de determinados resultados estabelecidos nos parâmetros em estudo e, que não são diretamente determinados pelo programa informático.

No Quadro 3 são indicados os parâmetros cinemáticos obtidos pela análise das imagens, como também a respectiva forma de determinação.

Parâmetro	Abreviatura (unidade)	Determinação
Velocidade média horizontal do deslocamento do quadril em cada ciclo de nado	Vmq ($m.s^{-1}$)	Parâmetro determinado diretamente a partir do programa de aplicação APAS.
Duração absoluta de cada ciclo de nado	Dab (s)	Parâmetro determinado diretamente a partir do programa de aplicação APAS.
Distância de cada ciclo de nado	DC (m)	Parâmetro obtido pelo quociente entre a velocidade média (Vm) e da frequência de braçadas. $DC = VM / FB$
Frequência gestual de cada ciclo de nado	FG (Hz)	Parâmetro calculado através do tempo necessário para completar um ciclo de nado. $FG = 1/T$
Índice de eficiência de cada ciclo de nado	IE ($m^2.c^{-1}.s^{-1}$)	Parâmetro obtido pelo produto da velocidade média pela distância do ciclo de nado. $IE = VM \times DC$
Coefficiente de variação da velocidade em cada ciclo de nado	CV	Parâmetro determinado através do quociente do desvio padrão da velocidade e da média da velocidade $CV = DP / VM$

Tabela 2. Parâmetros cinemáticos, e respectivas determinações, analisados a cada ciclo de nado.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. PARÂMETROS CINEMÁTICOS

Para mostrar os resultados obtidos nos testes realizados foram organizadas tabelas contendo a média e o desvio padrão do tempo de 25 m, do tempo que o atleta realizou um ciclo de braçada, a velocidade média, o comprimento da braçada (CB), o Índice de eficiência (IE) e a frequência do ciclo (FC). Os quadros mostram a média e o desvio padrão das três tentativas realizadas nas três diferentes velocidades.

A tabela 1 apresenta os resultados, média e desvio padrão da intensidade de 60, 80 e 100%.

	Intensidade 60%	Intensidade 80%	Intensidade 100%
Tempo 25 metros	18,72 ±1,22	18,25 ±0,46	15,56 ±0,19
Tempo ciclo	2,03 ±0,01	1,66 ±0,03	1,24 ±0,01
Velocidade Média (m.s ⁻¹)	1,33 ±0,08	1,37 ±0,03	1,60 ±0,02
Comprimento Braçada (CB)	2,49 ±0,01	2,46 ±0,09	2,51 ±0,01
IE= CBxVM	3,33 ±0,20	3,36 ±0,10	4,00 ±0,37
Frequencia Ciclo (FC)	0,53 ±0,03	0,56 ±0,03	0,64 ±0,01

Tabela 3: Média e desvio padrão das tentativas com 60,80 e 100% da intensidade

Observando a tabela nota-se que na intensidade de 100% a velocidade média parece ser mais alta do que nas outras intensidades e o comprimento da braçada apresenta-se mais elevado, com esses dados, a intensidade 100% mostra uma maior eficiência de nado mostrado por $IE = V_m \times CB$. O valor elevado do Comprimento da Braçada mostra que o tempo da realização dos ciclos tende a ser inferior na intensidade 100% seguidas pela intensidade 80% e após a intensidade 60%.

De acordo com Vilas-Boas (1993) quanto maior a velocidade média do nado menos expressivas serão as alterações da velocidade horizontal.

Observando a Frequência do Ciclo, Haljand (1997) apresenta que atletas expressivos na técnica de Borboleta tiveram uma FC de aproximadamente 0,87Hz, um V_m de 1,66 m. s⁻¹, e um índice de eficiência de 3,30 em uma performance de

100% de velocidade. Isso mostra que o atleta apresentado mostra valores muito diferenciados das atletas de elite.

5.2. CURVAS INDIVIDUAIS DA VELOCIDADE HORIZONTAL DO QUADRIL

Para melhor visualização dos resultados segue abaixo os graficos com a velocidade horizontal exercida pelo trocanter durante um ciclo de braçada. Foram realizadas três tentativas de velocidades de 100, 80 e 60%.

Na figura 4A observa-se que a velocidade horizontal do trocanter não teve uma grande variação e nota-se que a menor velocidade parece ocorrer em $T=2\%$ onde houve a entrada dos MS na água o que representa o termino da 2ª ação ascendente, logo há uma desaceleração da velocidade (Seifert et. al, 2008). Nota-se também que em $T=60\%$, aproximadamente, há uma um aumento na velocidade o que parece corresponder a ALI dos MS. Já no $T=80\%$ percebe-se o pico mais alto dessa tentativa, atingindo uma velocidade próxima de $3,3 \text{ m.s}^{-1}$ onde ocorre a AA. De acordo com Maglisho (1993) existem dois padrões para caracterizar a velocidade, um deles é que os dois picos de velocidade apresentadas em cada ciclo de braçadas, são realizados pela ALI e pela AA. Próximo ao $T=100\%$ há uma diminuição da velocidade o que caracteriza o final do ciclo.

Na figura 4B parece haver uma variação maior da velocidade, o que, segundo Toussaint (1988) não é algo desejável, pois essa variação intracíclica causa limitações no desempenho do nado. No instante próximo a $T=10\%$ observa-se uma notável queda da velocidade, o que implica na entrada da mão na água. Maglisho (1993) cita que a Força de Arrasto aumenta quando as mãos então entrando na água, o que pode causar uma queda na velocidade da fase da entrada até o “agarre”. O primeiro pico da velocidade horizontal é encontrado em aproximadamente $T=55\%$ que pode corresponder ao inicio da ALI. Este ponto pode ser considerado um dos pontos mais propulsivos do nado Borboleta, o que se deve a posição da mão voltada para trás, dando assim uma aceleração positiva para ação (Costill, 1992). Posteriormente, o segundo pico máximo que aparece na figura 3B está próximo ao $T=90\%$ que pode corresponder a AA dos membros superiores onde também acontece a 2ª AD dos MI. De acordo com os autores Barthels e Adrian

(1975) esta fase da ação ascendente dos MS tem uma velocidade de deslocamento praticamente máxima.

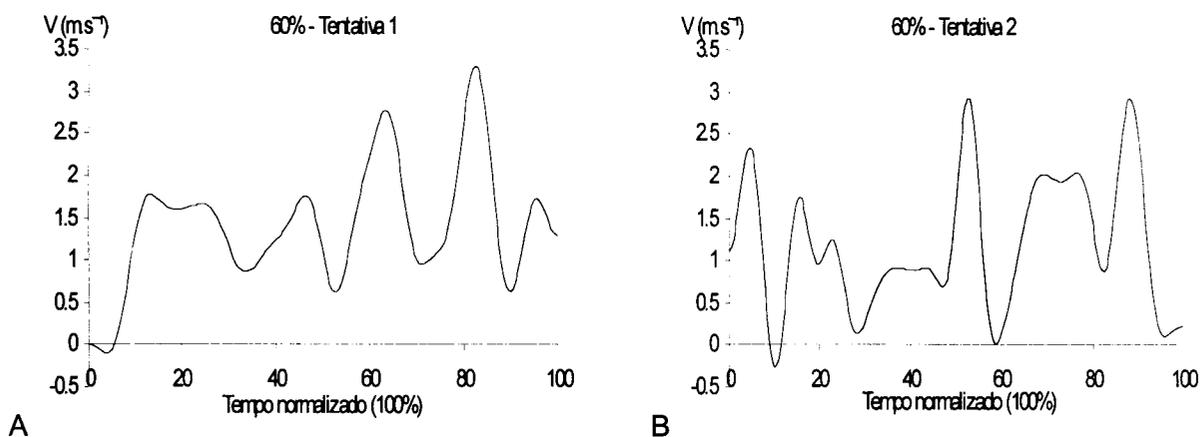


Figura 4: Curvas individuais das tentativas com intensidade 60%.

A figura 5A mostra certa queda da velocidade do trocanter é atingido em, aproximadamente, $T = 65\%$ mostrando a possível transição entre ALI e AA dos MS. Maglisho (1993) explica haver uma desaceleração nessa transição pois os nadadores mudam a orientação das superfícies propulsivas com a intenção de realizar a AA com sucesso. O autor cita também que alguns nadadores que possuem trajetos motores com maior amplitude, realizam essa troca de fase sem uma significativa desaceleração. Logo após há um pico máximo que demonstra a fase da recuperação aérea dos AA juntamente com a 2ª AD dos Membros Inferiores.

Observando a figura 5A nota-se que ocorre um ponto onde a velocidades está negativa, isso se deve ao erro de calibração do vídeo, pois o ponto estudado, no caso o trocanter, estava a baixo da linha da água causando certa dificuldade de visualização pois só foi trabalhado com cameras aéreas e não subaquáticas.

Na figura 5B observa-se que ocorre próximo à $T = 40\%$ uma possível fase de transição entre a ALE e ALI. Nesta fase ocorre o período de mudança de batimento dos MI de descendente para ascendente, o que causa uma desaceleração na velocidade (Seifert et. al, 2007) Em, aproximadamente, $T = 65\%$ há uma possível ALI dos MS. Vilas-Boas (2000) afirma que a leve rotação do ombro e a consequente ação baixa dos cotovelos causa uma elevação na velocidade horizontal das mãos na ALI. Observando o pico máximo, próximo a $T = 80\%$, da Figura 5B nota-se a possível

Ação Ascendente dos MS. Finalmente há o pico máximo, caracterizado pela recuperação aérea dos MS.

Na figura 5C, em aproximadamente $T = 2\%$ é o provável momento da entrada da mão na água, seguida do “catch the wave” que é o momento mais propulsivo do ciclo de braçada do nado Borboleta (Seifert et. al, 2007). Mason et. al (1992) menciona o “catch the wave” como sendo um acréscimo propulsivo do deslocamento decorrente do movimento ondulatório. No pico $T = 80\%$ ocorre a AA. Nesta fase o corpo deve apresentar um alinhamento corporal estando mais horizontal possível. Isto se deve a uma Ação Descendentes dos MI menos profunda (Maglisho, 2003).

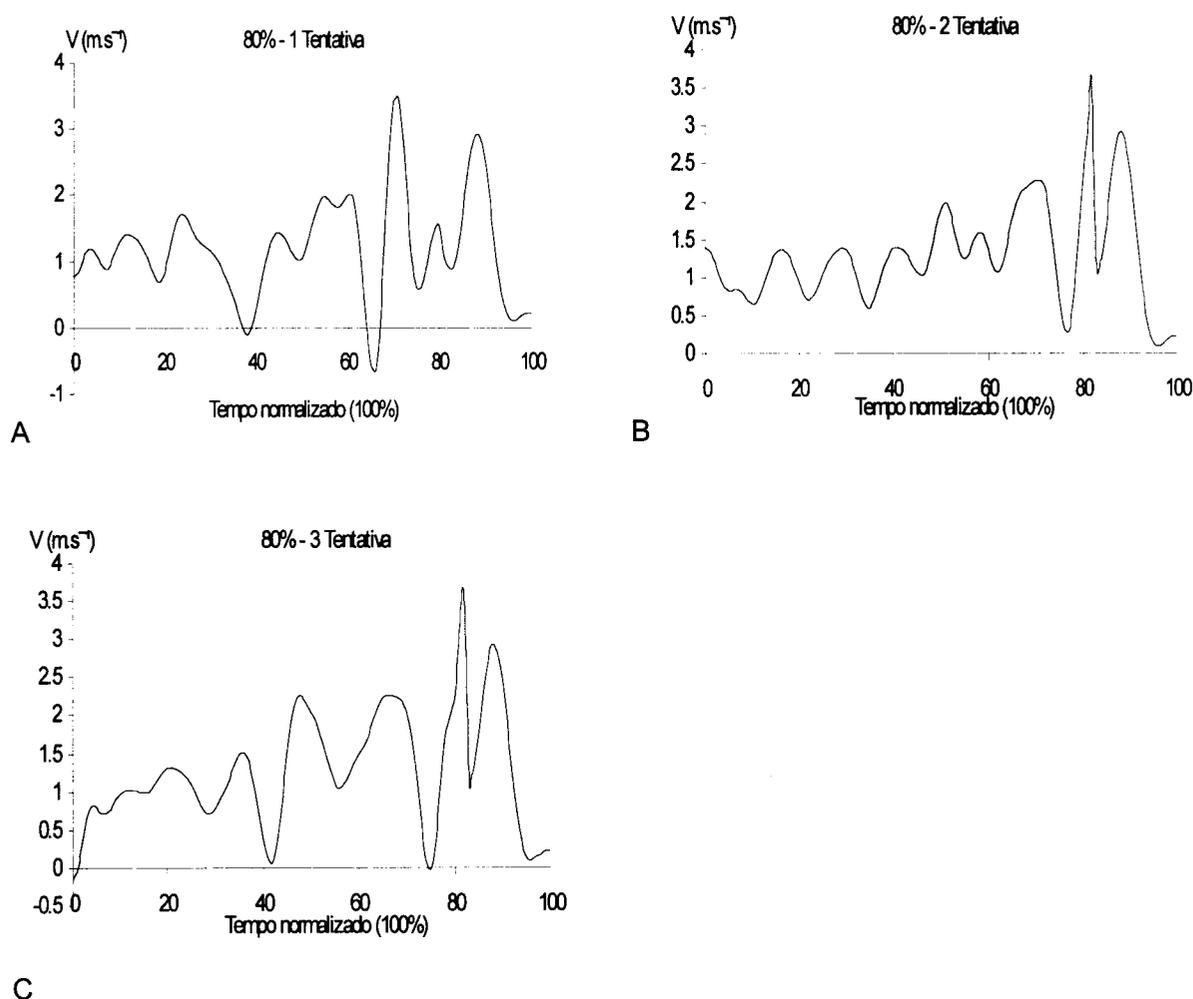


Figura 5: Curvas individuais das tentativas com 80% da intensidade.

Na figura 6A com percebe-se que houve uma maior variação da velocidade. Próximo ao ponto $T = 55\%$ ocorre uma elevação na velocidade, o que pode caracteriza a ALI. Aproximadamente no ponto $T = 75\%$ parece ocorrer a AA dos MS,

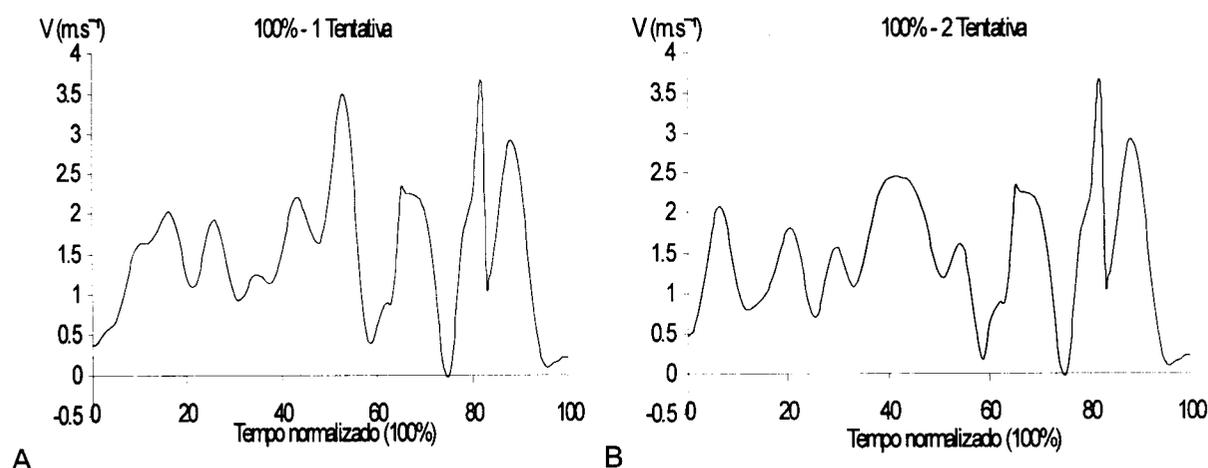
por isso há a queda da velocidade. No $T = 80\%$ há outro pico que implica a recuperação aérea dos MS.

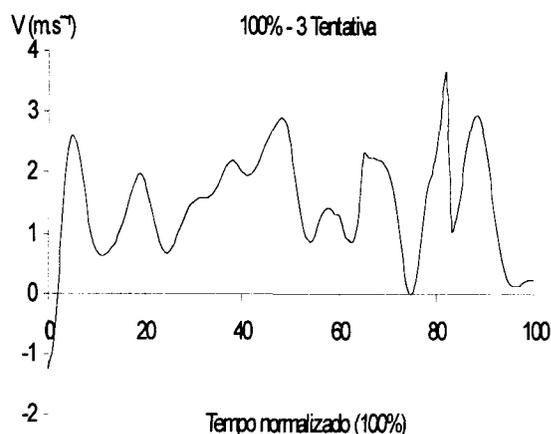
Analisando a figura 6B observa-se a grande movimentação do trocanter e a grande variação de velocidade. Quando ocorre um estilo mais ondulatório pode corresponder a uma técnica de Borboleta com existente fase inspiratória (Zhu, 1996). De acordo com Hang e Krung (1992) com a ocorrência da inspiração a velocidade horizontal tende a ser menor do que nos ciclos não-inspiratórios. Estes autores ainda afirmam que com o ciclo inspirotório existe uma elevação da flutuação intracíclica da velocidade.

O pico máximo da velocidade da Figura 6B ocorre no ponto próximo a 60% ocorre a fase inspiratória do ciclo, o que faz com que os pontos $T = 40\%$, ALI, e o ponto $T = 70\%$, AA, aproximadamente, diminuam a velocidade e não tenham uma elevada duração nestes dois pontos que são considerados os mais propulsivos do ciclo (Barbosa, 2006b).

A diminuição da velocidade nos ciclos não inspiratórios ocorre devido a elevação do tronco, causando assim uma grande Força de Arrasto (Seifert et. al 2006). O autor complementa que quando há uma inclinação expressiva do tronco a coordenação tende a ficar deficiente.

Na ultima tentativa com intensidade 100% representada na figura 6C próximo ao $T = 23\%$ pode haver uma desaceleração que corresponde ao final da 1ª AD dos MI (Maglisho, 2003). Já aproximadamente no pico $T = 45\%$ parece ocorrer a ALI, por isso o aumento da velocidade. No pico máximo apresentado próximo à $T = 80\%$ tende a ocorrer a AA dos MS.





C

Figura 6: Curvas individuais das tentativas com 100% de intensidade.

5.3. CURVA TÍPICA DA VELOCIDADE HORIZONTAL DO QUADRIL

As figuras abaixo mostram a curva típica da velocidade horizontal do quadril de cada intensidade estudada.

Na figura 7, a maior velocidade do percurso ocorre próximo ao T=85% onde parece haver a AA dos MS juntamente com a 2ª AD dos MI. No ponto próximo a T=60% parece ocorrer uma desaceleração em vista da transição da ALE para ALI. Aproximadamente em T=40% da figura 6, há uma velocidade praticamente constante, assim pode ter ocorrido o momento propulsivo “catch the wave”.

As curvas apresentadas, com velocidade baixa, tem uma variação muito grande da velocidade se comparada com a de um nadador de elite. Seifert et. al (2008) aponta que as curvas dos nadadores profissionais apresentam uma constância na velocidade, definindo bem os picos de velocidade e as fases mais propulsivas do nado.

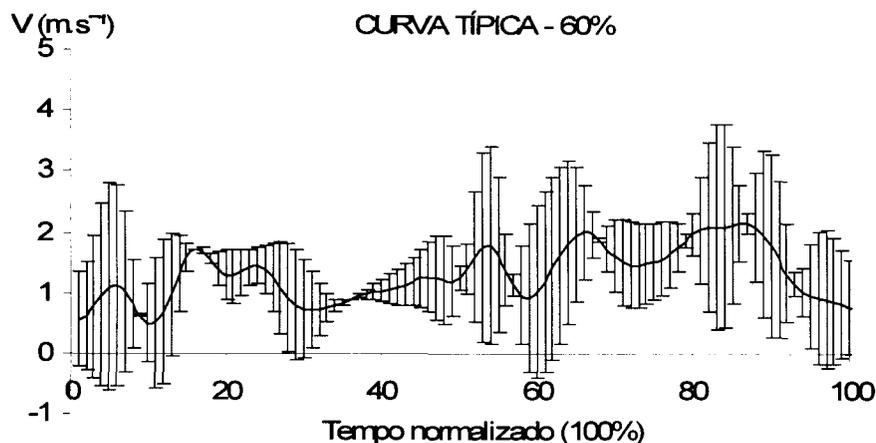


Figura 7: Curva típica intensidade 60%.

De acordo com a figura 8 no ponto $T=40\%$, onde a velocidade é baixa, houve a transição do ALE para o ALI. Em aproximadamente $T=70\%$ nota-se o pico máximo da velocidade atingida, o que implica na AA seguida pela saída das mãos da água, o que causa a depressão na curva em vista da Forção de Arrasto sofrida pelo atleta (Chollet et. al, 2006).

A curva típica de velocidade média se apresenta um pouco mais constante e com baixa variação da velocidade o que faz parecer muito mais com a de um atleta de elite. Seifert et. al (2006) mostra que os atletas profissionais definem melhor a AA como o pico máximo da velocidade e não apresentam grande variação no final do ciclo.

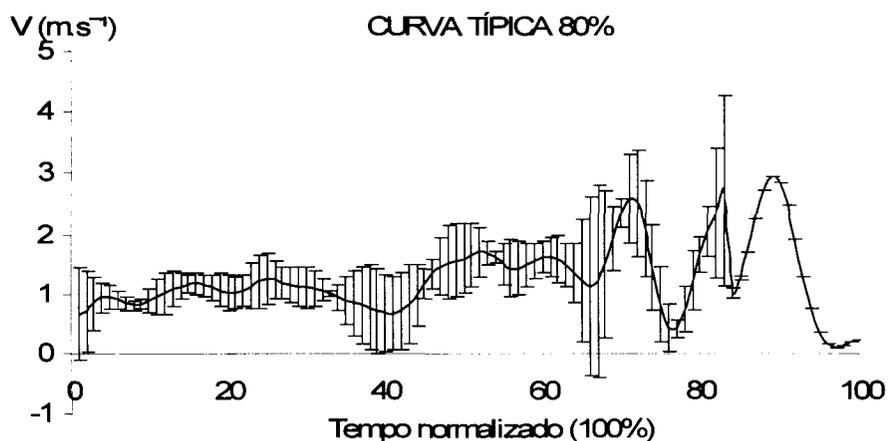


Figura 8: Curva típica intensidade 80%.

Observando a figura 9 percebe-se que os pontos mínimos acontecem na entrada da mão na água. O pico máximo ocorre no ponto T= 80% caracterizado pela AA seguida pelo ponto T= 90% que mostra a recuperação aérea dos MS.

Principalmente nas curvas de alta intensidade o atleta de elite apresenta as velocidades mais homogêneas sem discrepância dos valores. Seifert et. al (2007) apresenta que nessa velocidade os atletas profissionais apresentam melhor definição do “catch the wave” como sendo um momento propulsivo e também apresentam poucos picos mínimos o que define a eficiência do nado.

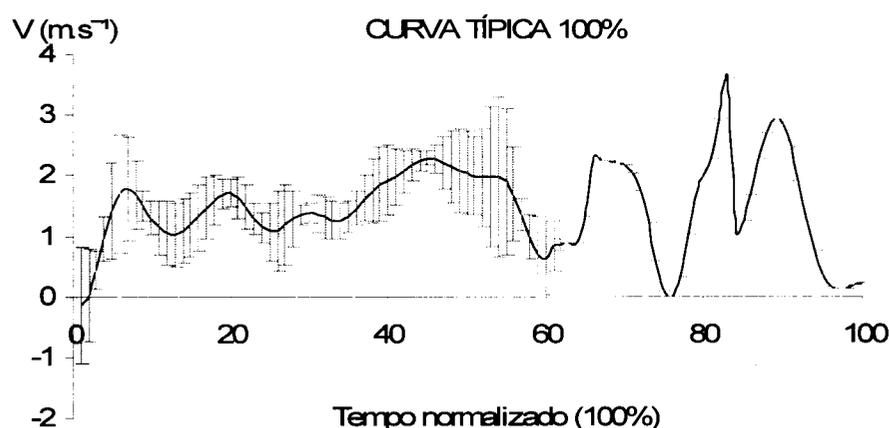


Figura 9: Curva típica intensidade 100%.

6. CONCLUSÃO

- 1- As curvas individuais e típicas descritas apresentaram certa irregularidade devido ao nadador não ser um atleta de alta performance, por isso a inconstância e a grande variabilidade da velocidade descrita.
- 2- Os parâmetros cinemáticos apresentados pelo atleta mostram certa discrepância nos resultados também por ele não ser um atleta de elite.
- 3- A sugestão para os próximos estudos é:
 - Que haja uma câmera sub-aquática para melhor visualizar as fases do nado.
 - Que haja melhor controle pelo atleta dos ciclos inspiratórios e não inspiratórios para não haver tanta variação na velocidade
 - Que haja maior número de atletas para haver uma comparação e análise dos resultados.

7. REFERÊNCIAS

- ABDEL-AZIZ, Y. e KARARA, H. **Direct linear transformation: from comparatur coordinates to object coordinates in close range photogrammetry**. Proceedings ASPUS Symposium on close range photogrammetry. Church Falls, 1971.
- ABRANTES, J. **Biomecânica**. Edições da Faculdade de Motricidade Humana, Lisboa, 1997.
- MAGLISCHO, E.W. **Nadar mais rápido**. Editora Manole, 1999.
- BARBOSA, T. M. **Análise tridimensional da cinemática da técnica de Mariposa ao realizarem-se ciclos de inspiração frontal, ciclos de inspiração lateral e ciclos não inspiratórios**. Dissertação apresentada à Faculdade de Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto para a obtenção de grau de Mestre em Ciências do Desporto, Porto, 2000.
- BARBOSA, T. **Caracterização biofísica da técnica de Mariposa**. Instituto Politécnico de Bragança. Portugal, 2004.
- BARBOSA, T. M., FERNANDES, R. J., KESKINEN, K. L., COLAÇO, P., CARDOSO, C., SILVA, J., VILAS-BOAS, J. P. **Evaluation of the energy expenditure in competitive swimming strokes**. In: J Sports Med. 27: 894-899, 2006b.
- BARBOSA, T. M., LIMA, F., PORTELA, A., NOVAIS, D., MACHADO, L., COLAÇO, P., GONÇALVES, P., FERNANDES, R. J., KESKINEN, K. L., VILAS-BOAS, J. P. **Relationships between energy cost, swimming velocity and speed fluctuation in competitive swimming strokes**. In: Vilas-Boas, J. P., Alves, F., Marques, A (Eds.), Biomechanics and Medicine, 2006c.
- BARBOSA, T., SOUSA, F., VILAS-BOAS, J. P. **Kinematical modifications induced by the introduction of lateral inspiration in Butterfly stroke**. In: Keskinen, K., komi, P., hollander, P (Eds.), Biomechanics and Medicine in Swimming VIII. pp.15-20. Gummerus Printing, 1999.
- BARTHEL, K. M e ADRIAN, M. J. **Three-dimensional spatial hand patterns of skilled butterfly swimmers**. In: Lewille, L e Clarys, J. P (Eds.), Swimming II. pp. 154-160. University Park Press. Baltimore. 1975.
- BOMPA, T. O. **Theory and methodology of training**. York University, Toronto. 1983.
- CAPPAERT, J. **Biomechanics of swimming analysed by three-dimensional techniques**. In: K. Keskinen, P. Komi e P. Hollander (eds.). Biomechanics and Medicine in Swimming VIII. pp. 141-145., 1999.
- CAPPAERT, J.; PEASE, D. e TROUP, J. **Biomechanical highlights of world champion and olympic swimmers**. In: J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert e T.A. Trappe (eds.). Biomechanics and Medicine in Swimming VII. pp. 76-80. E & FN Spon. London, 1996.
- CHANDLER, R., CLAUSER, C., MCCONVILLE, J., REYNOLDS, H. E YOUNG, J. **Investigation of the inertial properties of human body**, AMRL Technical Report, pp. 74-137, 1975.
- CHENGALUR, S. e BROWN. P. **An analysis of male and female olympic swimmers in the 200m events**. Can. J. Spt. Sci.. 17(2). pp. 104-109, 1992.
- CHOLLET, D., SEIFERT, L., BOULESTEIX, L., CARTER, M. **Arm to leg coordination in elite butterfly swimmers**. Int J Sports Med. 27: 322-329, 2006.
- CLARYS, J.P. **Human morphology and hidrodinamics**. In: J. Teradus e W. Bensingfiel (eds.). Swimming III. pp. 3-41. Univerty Park Press. Baltimore, 1979.

- COLMAN, V.; PERSYN, U. e UNGERECHTS, B. **A mass of water added to the swimmer's mass to estimate the velocity in dolphin-like swimming below the water surface.** In: K. Keskinen, P. Komi e P. Hollander (eds.). *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII.* pp. 89-94. 1999.
- COLWIN, C. M. **Swimming into the 21st century.** Leisure Press. Champaign. Illinois, 1992.
- CORREIA, P. e MIL-HOMENS, P. **A electromiografia no estudo do movimento humano.** Edições FMH, Lisboa, 2004.
- Costill, D. L., Maglischo, E. W., Richardson, A. B. **Swimming.** Oxford: Blackwell Scientific. 1992.
- COSTILL, D.; KOVALESKI, J.; PORTER, D.; FIELDING, R. e KING., D. **Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle-distance events.** *Int. J. Sports Med.* 6(5). pp. 266-270, 1985.
- COUNSILMAN, J. **The Science of Swimming.** Prentice Hall. Englewood Cliffs. New York, 1968.
- CRAIG, A. B., BOOMER, W. L., GIBBONS, J. F. **Use of stroke rate, distance per stroke and velocity relationships during training for competitive swimming.** In: Terauds, J e Bedingfield, E. W (Eds.), *Swimming III.* pp. 265-274. University Park Press. Baltimore, 1979.
- CRAIG, A. B E PENDERGAST, D. R. **Relationships of stroke rate distance per stroke and velocity in competitive swimming.** *Medicine Science in Sport and Exercise*, 11: 278-283, 1979.
- CRAIG, A. B., JR., SKEHAN, P. L., PAWELCZYK, J. A., BOOMER, W. L. **Velocity, stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition.** *Medicine and Science in Sports en Exercise*, 17 (6): 625-634, 1985.
- CRUELLES, J. **Natación. Evolución de los estilos.** Editorial Juventud. Barcelona, 1956.
- CUNHA, P. **Características cinemáticas da técnica de Mariposa em padrões respiratórios distintos.** Lisboa: P. Cunha Fonte. Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa, 1997.
- EAST, D. **Swimming: an analysis of stroke frequency, stroke length and performance.** *New Zealand Journal of Health, Physical Education and Recreation*, 3. 16-27, 1970.
- FERNANDES, R., SANTOS-SILVA, J. V., VILAS-BOAS, J. P. **Natação: Vivências Específicas e Conhecimentos Teóricos Básicos Colectânea de Textos.** Documento de apoio à disciplina de Estudos Práticos I – Natação. Associação de Estudantes FCDEF – UP, Porto, 1997.
- FERNANDES, R., VILAS-BOAS, J. P. **Factores influenciadores do rendimento em natação pura desportiva.** Breve revisão. In: R. Fernandes, C. Carmo, J. P. Vilas-Boas (Eds.), *Natação: caracterização do treino e investigação. Volume I. Colectânea de textos de apoio à disciplina de Metodologia I – Natação, da opção complementar do Desporto de Rendimento.* pp. 75-86. Associação de Estudantes da Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto, 2002.
- FIGUEIRAS, T. **Alterações biomecânicas da técnica de Mariposa ao longo da prova de 200m: comparação de nadadores infantis e seniores.** Dissertação apresentada à Faculdade de Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto para obtenção do grau de Mestre em Ciências do Desporto, Porto, 1995.

- GRIMSTON, S. e HAY, J. **Relationship among anthropometric and stroking characteristics of college swimmers**. Med. and Sci. in Spts. and Exerc. 18(1). Pp. 60-68, 1986.
- HAHN, A E KRUG, T. **Using the knowledge about the coordination of partial movements in breast-stroke and butterfly swimming for the development of technical training**. In: MacLaren, D., Reilly, T & Lees, A (Eds.), Biomechanics and Medicine in Swimming Science VI. pp.167-172. E & FN Spon. London, 1992.
- HALJAND, R. **Methods of kinematic evaluations for competition techniques in swimming and conclusions for training**. In: K. Daniel, U. Huffmann e J. Klauck (eds.). Cologne Swimming Symposium. pp. 54-61. Sport Fahnenmann. Cologne, 1997.
- HALL, S. **Biomecânica básica**. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1991.
- HAMIL, J. E KNUTZEN, K. **Biomechanical basis of human movement**. Williams e Wilkins, Baltimore, 1995.
- HAY, J. **The status of research on the biomechanics of swimming**, 1988.
- HOLMÉR, I. **Physiology of swimming man**. Acta Physiol. Scand. (407), 1974c.
- HOLMÉR, I. **Energetics and mechanical work in swimming**. In: Hollander A. P., Huijing, P., de Groot G (Eds.), Biomechanics and Medicine in Swimming. pp. 154-164. Human Kinetics Publishers. Illinois, 1983.
- KENNEDY, P.; BROWN, P.; CHENGALUR, S. e NELSON, R. **Analysis of male and female olympic swimmers in the 100-meter events**. J. Sports Biomechanics. 6(2). pp. 187- 197, 1990.
- KORNECKI, S. AND BOBERT, T. **Extreme velocities of a swimming cycle as a technique criterion**. In: B. Erikson e B. Furberg (eds.), Swimming Medicine IV, pp.402-407. University Park Press, Baltimore, Maryland, 1978.
- Lima, A. B. **Conhecimento de resultados e eficiência no treino da técnica em natação. Concepção, desenvolvimento e avaliação de um sistema de "biofeedback" para o treino da técnica em nadadores**. Porto: A. Lima. Dissertação de Doutorado apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto, 2005.
- MAGLISCHO, E. **Swimming even faster**. Mayfield Publishing Company. Mountainview, California, 1993.
- MAGLISCHO, E. **Swimming fastest: the essential reference of technique, training and program design**. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois, 2003.
- MENAUDS, M. e ZINS, L. **Natation Sportive**. Editions Amphora. Paris, 1979.
- MARTINS-SILVA, A. **Variabilidade da execução técnica em situação de competição na Natação Pura. Estudo comparativo da alteração do padrão técnico no decurso de uma prova de 200 metros Mariposa entre nadadores de diferente nível de desempenho competitivo**. Lisboa: A. Martins-Silva. Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa, 1997.
- MARTINS-SILVA, A.; ALVES, F. e GOMES-PEREIRA, J. **Determinant factors in a 200 m butterfly swim as related to the fluctuation in horizontal velocity of the body centre of gravity**. In: K. Keskinen, P. Komi e P. Hollander (eds.). Biomechanics and Medicine in Swimming VIII. pp. 21-24, 1999.
- MASON, B.; TONG, Z. e RICHARDS, R. **Propulsion in the Butterfly stroke**. In: D. MacLaren, T. Reilly e A. Lees (eds.). Biomechanics and Medicine in Swimming VI. pp. 81- 86. E & FN SPON. London, 1992.

- NELSON, R. e PIKE, N. **Analysis and comparasion of swimming stars and strokes**. In: B. Eriksson e B. Furberg (eds.). *Swimming Medicine IV*. pp. 347-360. University Park Press. Baltimore, Maryland, 1978.
- NIGG, B. E HERZOG, W. (1994). **Biomechanics of musculo - skeletal system**. Jonh Wiley & Sons, New Jersey, 1994.
- OPPENHEIM, F. **Historie de la Natation Mondiale et Française**. Editions Chiron, Paris, 1977.
- RUSHALL, B. **Breathing actions in Butterfly swimming**. *Carlile Coaches Forum*. 2(6), 1996.
- SANDERS, R. **Some aspects of butterfly technique of New Zeland Pan Pacific squad swimmers**. In: Troup, J. P., Hollander, A. P., Strasse, D., Trappe, S. W., Cappaert, J. M e Trappe, T. A (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*. pp.23-28. E & FN Spon. London, 1996.
- SANDERS, R. H., CAPPERT, J. M., DEVLIN, R. K. **Wave characteristics of butterfly swimming**. *Journal Biomechanics*, 28 (1): pp. 9-16, 1995.
- SANTOS SILVA, J. **Indicadores técnicos em Natação. Estudo exploratório em nadadores nacionais. Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica**. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto. Porto. *Não Publicado*, 1994.
- SCHLEIHAUF, R. E. **A hydrodynamical analysis of swimming propulsion**. In: J. Terauds e E. W. Bedingfield (eds.), *Swimming II*, pp.70-109. University Park Press, Baltimore, 1979.
- SCHLEIHAUF, R. E., HIGGINS, J., HINRICKS, R., LUEDTKE, D., MAGLISCHO, C., MAGLISCHO, E., THAYER, A. **Propulsive techniques: front crawl, butterfly, backstroke and breastroke**. In: Ungerechts, B. E., Wilke, K., Reische, K (Eds.), *Swimming Science V*. pp. 53-59. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois, 1988.
- SEIFERT, L., DELIGNIERES, D., BOULESTEIX, L., CHOLLET, D. **Effect of expertise on butterfly stroke coordination**. *Journal of Sports Sciences*, 25 (2): 131-141, 2007.
- SEIFERT, L.; BOULESTEIX, L.; CHOLLET, D; VILA-BOAS, P. **Differences in spatial-temporal parameters and arm-leg coordination in butterfly stroke as a function of race pace, skill and gender**. *Human Movement Science* 27 (96 - 111); 2008
- SOARES, P. **Alterações da técnica de Bruços com a velocidade de nado. Estudo comparativo da técnica de Bruços quando executada à velocidade média das provas de 200, 100 e 50 metros em dois grupos de rendimento desportivo distintos**. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto. Porto. *Não Publicado*, 1998.
- SOBRAL, F. **Valores antropométricos e somatótipo, candidatos ao Instituto Superior de Educação Física-Universidade Técnica de Lisboa**. Estatísticas e Normas CDI, Instituto Superior de Educação Física, Lisboa, 1987.
- TAKAEDA, T., ICHIKAWA, H., TAKAGI, H., TSUBAKIMOTO, S. **Do differences in initial speed persist to the stroke phase in front-crawl swimming?** *Journal of Sports Sciences*, 27: 13, 1449 -1454, 2009.
- TAVARES DA SILVA, A. **História da Natação**. Instituto Superior de Educação Física da Universidade do Porto. Porto. *Não Publicado*, 1981.

- TOGASHI, T E NOMURA, T. **A biomechanical analysis of the swimmer using butterfly stroke**. In: Maclaren, D., Reilly, T e Lees, A (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VI*. pp. 87-91. E & FN Spon. London, 1992.
- UNGERECHTS, B. **A comparasion of the movements of the rear parts of dolphins and butterfly swimmers**. In : P. Hollander, P. Huijing e G. de Groot (eds.). *Biomechanics and Medicine in Swimming*. pp. 215-221. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois, 1983.
- UNGERECHTS, B. **Considerations of butterfly kick based on hydrodynamical experiments**. In: S. M. Perren e E. Schneider (Eds.), *Biomechanics: Current Interdisciplinary Research*. pp. 705-710. Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht, 1985.
- VILAS-BOAS, J.P. **O mecanismo propulsivo em Natação**, pp.11-63. Provas de aptidão pedagógica e de capacidade científica. ISEF-UP, Porto, 1987.
- VILAS-BOAS, J. P. **O desenvolvimento científico e tecnológico e a prática desportiva em natação**. In: J. Bento e A. Marques (eds.), *As Ciências do Desporto e a Prática Desportiva - Actas (Vol. II)*, Desporto de Rendimento/Desporto de Recreação e Tempos Livres, pp. 301-325. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto, Porto, 1991.
- VILAS-BOAS, J. P. **Caracterização biofísica de três variantes da técnica de bruços**. Tese de doutoramento em Ciências do Desporto, da Faculdade de Desporto e Educação Física da Universidade do Porto, 1993.
- VILAS-BOAS, J. P. **A técnica de Mariposa**. In: Fernandes, R., Vilas-Boas, J.P (Eds.), *Sebenta de estudos práticos I*. Associação de Estudantes FCDEF – UP, Porto, 1996.
- VILAS-BOAS, J. P. **Bases mecânicas da natação**. In: R. Fernandes, J. V. Santos Silva e J. P. Vilas-Boas (eds). *Natação: vivências específicas e conhecimentos teóricos básicos*. Colectânea de textos, pp. 281-352, 1997.
- VILAS-BOAS, J. P. **A técnica como base da estrutura de formação do nadador**. V jornadas Técnicos-Científicas. Grupo de Promoção Desporto e Saúde. Póvoa do Varzim, 1998.
- VILA-BOAS, P.; CUNHA, P.; FIGUEIRAS, T.; FERREIA, M.; DUARTE, J. A. **Movement analysis in simultaneous swimming techniques**. University of Porto. Faculty os Sport Sciences. Porto: 2000.
- VILAS-BOAS, J. P. **Lição de Síntese**. Documento de apoio à disciplina de Biomecânica. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto. Porto, 2004
- ZATSIORSKY, V. e SELUYANOV, V. **The mass and inertia characteristics of main segments of the human body**. In: H. Matsoi, H. e K. Koraiashi (eds.), *Biomechanics VIII B*, pp. 1152-1159. Human Kinetics Publishers, Champaign Illinois.
- ZHU, J. (1996). **Trunk rotations, body waving and kineanthropometric characteristics in the symmetrical swimming strokes**. Tese de Doutoramento. Universidade Católica de Leuven. *Não Publicado*, 1983.
- ZHU, J.; PERSYN, U. e COLMAN, V. **Screening of kinanthropometric characteristics relevant for swimming strokes and style variants** In: K. Daniel, U. Huffmann e J. Klauck (eds.). *Cologne Swimming Symposium*. pp. 80-89. Sport Fahnemann. Cologne, 1997.
- WILLE, F. e PELAYO, P. **Evaluation et indice de nage**.EPS. (244). pp. 57-60, 1993.
- WINTER, D. **Biomechanics and motor control of human movement**. Jonh Wiley and Sons, New Jersey, 2005.

ANEXOS

ANEXO A

Declaração de Consentimento Informado

Título do projeto: Análise biomecânica da técnica do nado borboleta: estudo realizado em três diferentes variantes de velocidade.

Objetivos do estudo: O objetivo desse trabalho é descrever e analisar as alterações cinemáticas que ocorrem ao longo dos movimentos técnicos do nado borboleta em diferentes intensidades.

Local das avaliações: Piscina do CED (Centro de Educação Física e Desportos) da Universidade Federal do Paraná – Curitiba.

Procedimentos: Antes de iniciarem as avaliações propriamente ditas, o nadador preencherá um questionário, após o qual o nadador será marcado com fitas adesivas para os dados cinemáticos. Realizaremos depois, a recolha de dados para nossa pesquisa, na qual o nadador executará aleatoriamente num primeiro momento 3x25m a 60%, 80% e a 100% da velocidade de prova baseado no tempo de 100 m Borboleta. Entre cada 25m, o desportista terá um intervalo de 5min. Os procedimentos em questão não implicam quaisquer riscos acrescidos para a integridade do nadador.

Confidencialidade: Será garantida a confidencialidade de toda a informação recolhida. Os dados recolhidos poderão vir a serem utilizados em estudos futuros, mas nunca contendo qualquer informação de identificação pessoal do sujeito. O nome do nadador não será usado em qualquer relatório relacionado com este estudo.

Contato: Prof^a. Ms. Karla de Jesus (co-orientadora) – ; Prof^o. Dr. André Félix Luiz Rodacki (orientador)

ANEXO B**QUESTIONÁRIO**

Data de nascimento: _____

Clube onde nada: _____

Anos de treinamento: _____

Melhor tempo nos 50m borboleta: _____

Melhor tempo nos 100 metros borboleta: _____

Peso (kg): _____

Estatura (cm): _____

Envergadura (cm): _____