



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA BIOMÉDICA  
PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA**

**MÉTODO DE ANÁLISE BIOMECÂNICA DA SAÍDA TIPO  
ATLETISMO NA NATAÇÃO COMPETITIVA**

Marco Alves de Borba Lima

Julho

2016

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA BIOMÉDICA**  
**PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA**

**MÉTODO DE ANÁLISE BIOMECÂNICA DA SAÍDA TIPO**  
**ATLETISMO NA NATAÇÃO COMPETITIVA**

Marco Alves de Borba Lima

Texto da dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, perante a banca examinadora abaixo, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Banca examinadora:

Prof. Adriano Alves Pereira, Dr. – Orientador (UFU)

Prof. Silvio Soares dos Santos, Dr. – Co-Orientador (UFU)

Prof. Eduardo Lázaro Martins Naves, Dr (UFU)

Prof. Lara Ferreira Paraíso, Dr. – (UNIPAC)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

L732m      Lima, Marco Alves de Borba, 1974-  
2016      Método de análise biomecânica da saída tipo atletismo na natação competitiva / Marco Alves de Borba Lima. - 2016.  
81 f. : il.

Orientador: Adriano Alves Pereira.  
Coorientador: Silvio Soares dos Santos.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.  
Inclui bibliografia.

1. Engenharia biomédica - Teses. 2. Biomecânica - Teses. 3. Natação - Teses. 4. Eletromiografia - Teses. I. Pereira, Adriano Alves. II. Santos, Silvio Soares dos. III. Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica. III. Título.

---

CDU: 62:61

# **MÉTODO DE ANÁLISE BIOMECÂNICA DA SAÍDA TIPO ATLETISMO NA NATAÇÃO COMPETITIVA**

Marco Alves de Borba Lima

Texto da dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

---

Prof. Adriano Alves Pereira, Dr.

Orientador

Não há nada que dominemos  
inteiramente a não ser os nossos  
pensamentos.

(René Descartes)

Dedico este trabalho aos meus pais Jorge e Dina, que tanto me incentivaram, a minha esposa Edna e meu filho João Pedro.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a Deus por me dar saúde e persistência para poder realizar este trabalho, mesmo nas diversidades da vida, e concluir mais esta etapa da minha vida.

A presente dissertação é dedicada também a todos àqueles que direta ou indiretamente contribuíram para sua realização, desta forma agradeço a todos os funcionários e atletas do Praia Clube e funcionários da Faculdade de Educação Física da UFU, principalmente a Mario Eduardo, técnico responsável pelo laboratório de Biomecânica da FAEFI – UFU, que sempre me auxiliou nas coletas.

Gostaria de agradecer em especial aos professores que incansavelmente me atenderam e apoiaram nas horas de instrução e orientação, principalmente ao meu orientador Prof. Dr. Adriano Alves Pereira.

Um agradecimento especial também ao meu Co-Orientador Prof. Dr. Silvio Soares dos Santos, que tanto me auxiliou para a construção do trabalho.

Aos colegas do BioLab, Amanda, Andrei, Bruno, Daniel, Franciel, que sempre que possível estavam ao meu lado, nos estudos e nas dificuldades, sempre me apoiando e auxiliando quando precisava.

Aos alunos da graduação em Engenharia Biomédica e da Iniciação Científica, Amanda, Mateus e Túlio.

Agradeço também aos meus pais que sempre apostaram em mim investindo no meu futuro como aluno e pesquisador e a minha esposa e meu filho, que por várias vezes, por causa dos estudos, deixei de dar-lhes a atenção necessária como pai e marido.

## Resumo

**LIMA, M. A. B.** Método de Análise Biomecânica da Saída Tipo Atletismo na Nataação Competitiva, PPGEB-FEELT-UFU, 2015

Quando falamos em esporte de alto rendimento, estamos falando diretamente em vencer os limites, e na nataação milésimos de segundo, fazem a diferença. Os aspectos técnicos como a saída, o nado e a virada são os principais responsáveis pelo resultado final em provas de 50 e 100 metros e nestas provas, à saída tem papel importante no resultado final podendo corresponder a 10% (50 m) e 5% (100 m) do tempo total de prova. Desta forma esta pesquisa buscou desenvolver um método de análise da fase inicial das provas de nataação, a saída de cima do bloco até o início do nado, de forma individual, com o intuito de aprimorar seus tempos finais de prova, otimizando a terceira fase da saída (fase submersa), por meio de uma análise biomecânica das fases que compõem a saída do nado livre. Foram utilizados nove (9) atletas da categoria máster que participam de competições nacionais em provas de 50 metros e 100 metros e que possuam uma carga mínima de cinco (5) treinos por semana. Para a análise do movimento as imagens foram captadas por quatro (4) câmeras sendo três (3) posicionadas perpendicularmente à raia do teste (2 externas e 1 submersa) e uma (1) posicionada posteriormente ao atleta. Todas as imagens foram editadas e analisadas através do software Kinovea 0.8.24. e os dados de velocidade e aceleração obtidos foram analisados e plotados através do software Microsoft Excel®. Após os testes e as análises dos vídeos e dos dados de cada atleta foi possível verificar a eficácia do método para encontrar possíveis erros de execução na técnica de saída e criando possibilidades de correção para técnicos e atletas de provas de velocidade (50 e 100 metros), demonstrando ser um método de baixo custo e de fácil manuseio.

Palavras chave: nataação, biomecânica, cinemetria, velocidade.

## Summary

LIMA, M. A. B. Biomechanical Analysis Method of Track Start in the Competitive Swimming, PPGEB-feelt-UFU, 2015

When we talk about high performance sport, we're talking directly to overcome the limits, and in swimming, milliseconds make difference. Technical aspects such as start, swimming and turn, are the main responsible for the final result in tests of 50 and 100 meters and in these swim, the output as so important in the final result, may correspond to 10% (50 m) and 5% (100 m) of the total test time. Thus this research has developed a method of analysis of the initial phase of the swimming competitions, the start from the block to the start of the swim, individually, in order to improve their end times swim, optimizing the third stage of the (submerged phase) by means of a biomechanical analysis of the stages that comprise the start of the freestyle. Nine (9) athletes of master category participating in national competitions in 50 meters and 100 meters and have a minimum charge of five (5) workouts per week were used. For the analysis of motion images were captured by four (4) cameras, three (3) positioned perpendicularly to the test ray (2 external and 1 submerged) and one (1) positioned behind the athlete. All images were edited and analyzed by Kinovea 0.8.24 software and the velocity and acceleration data obtained were analyzed and plotted using software Microsoft Excel®. After testing and analysis of video data of each athletes was able to verify the effectiveness of the method for finding possible implementation errors in the start technic and creating correction possibilities for technical and speed events athletes (50 and 100 meters), proving to be a method of low cost and easy to handle.

Keywords: swimming, biomechanics, kinematics, speed.

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> - Movimento ondulatório durante a fase submersa.....	15
<b>Figura 2</b> - Stremline position.....	16
<b>Figura 3</b> - Imagem posterior da piscina de 50 metros do Praia Clube de Uberlândia...	30
<b>Figura 4</b> - Fase de tempo de bloco .....	31
<b>Figura 5</b> – Fase de voo .....	31
<b>Figura 6</b> - Fase submersa (Entrada).....	32
<b>Figura 7</b> - Fase submersa (Streamline).....	32
<b>Figura 8</b> - Fase submersa (Ondulação).....	33
<b>Figura 9</b> - Fase de nado .....	33
<b>Figura 10</b> - Posicionamento dos marcadores.....	35
<b>Figura 11</b> - Dispositivo de sincronização de imagens.....	35
<b>Figura 12</b> - Lâmpadas de sincronização em estado off .....	36
<b>Figura 13</b> - Lâmpadas acesas após o acionamento do dispositivo de sincronização de imagens.....	37
<b>Figura 14</b> - Esquema gráfico da captura de imagens.....	38
<b>Figura 15</b> - Tela inicial do software Kinovea 0.8.24.....	39
<b>Figura 16</b> – Tela inicial do Microsoft Excel 2016.....	40
<b>Figura 17</b> - Gráfico de análise da saída plotado no Microsoft Excel 2016 .....	41
<b>Figura 18</b> - Distribuição dos marcadores de distância nos 25 metros .....	42
<b>Figura 19</b> - Distância dos marcadores de superfície da piscina.....	42
<b>Figura 20</b> - Distância dos marcadores submersos (5 e 10 metros).....	43
<b>Figura 21</b> - Buscar arquivo de vídeo .....	45
<b>Figura 22</b> - Calibração do vídeo no Kinovea.....	46
<b>Figura 23</b> - Caixa de calibração através de um plano.....	46
<b>Figura 24</b> - Posicionamento das linhas de calibração das imagens externas.....	47
<b>Figura 25</b> - Caixa de calibração através de uma linha.....	48
<b>Figura 26</b> - Inserção e ajustes do cronômetro e caixa de texto.....	49
<b>Figura 27</b> - Caixa de configuração da persistência de objetos inseridos no filme .....	49
<b>Figura 28</b> - Seleção da ferramenta desenhar caminho.....	50
<b>Figura 29</b> - Quadro de configuração da trajetória .....	51
<b>Figura 30</b> – Finalização da captura de dados da trajetória .....	52

<b>Figura 31</b> - Trajetória e velocidade editada no vídeo .....	52
<b>Figura 32</b> - Forma de salvar os dados no formato Microsoft Excel .....	53
<b>Figura 33</b> - Janela para salvar dados e gráficos .....	54
<b>Figura 34</b> - Junção dos dados coletadas de diferentes câmeras no Microsoft Excel .....	55
<b>Figura 35</b> - Separação dos dados no Microsoft Excel .....	56
<b>Figura 36</b> - Modelo de análise para a saída ventral (tempo de bloco) - Adaptado de (SILVA et al., 2005) .....	57
<b>Figura 37</b> - Modelo de análise para a saída ventral (tempo de voo). Adaptado de (SILVA et al., 2005) .....	58
<b>Figura 38</b> - Modelo de análise para a saída ventral (tempo submerso). Adaptado de (SILVA et al., 2005) .....	59
<b>Figura 39</b> - Construção de gráficos no Microsoft Excel® .....	60
<b>Figura 40</b> - Gráfico da saída plotado no Microsoft Excel® .....	60
<b>Figura 41</b> - Gráfico de comparação entre os três saltos .....	61
<b>Figura 42</b> - Gráfico colorido separando as fases e as etapas do salto .....	62
<b>Figura 43</b> - Inserção das linhas de velocidade média das fases no gráfico .....	63
<b>Figura 44</b> - Gráfico de comparação das velocidades médias do 1º salto do voluntário 9 .....	65
<b>Figura 45</b> - Análise da técnica do salto 1 do voluntário 9 .....	66
<b>Figura 46</b> - Gráfico de comparação das velocidades médias do 1º salto do voluntário 1 .....	67
<b>Figura 47</b> - Análise da técnica da saída do 1º salto do voluntário 1 .....	68
<b>Figura 48</b> - Gráfico de comparação das velocidades médias do 1º salto do voluntário 3 .....	70
<b>Figura 49</b> - Análise da técnica da saída do 1º salto do voluntário 3 .....	71
<b>Figura 50</b> - Gráfico de comparação das velocidades médias do 1º salto do voluntário 4 .....	72
<b>Figura 51</b> - Análise da saída do 1º salto do voluntário 4 .....	73

## **Lista de Tabelas**

<b>Tabela 1 - Dados da Amostra .....</b>	<b>30</b>
--	-----------

## **Lista de Abreviaturas**

**FINA** – Federação Internacional de Natação

**VO<sub>2</sub> Max.** – Consumo máximo de Oxigênio

**NPD** - Natação puramente desportiva

**SwS** - Swing Start

**GS** - Grab Start (Saída de Agarre)

**TS** - Track Start (Saída de Agarre do tipo atletismo)

**TSf** - Track Start c/ centro de gravidade deslocado a frente

**TSa** - Track Start c/ centro de gravidade deslocado a trás

**FBloco** - Fase de Bloco

**FVoo** - Fase de Voo

**FSub** - Fase Submersa

**FNado** - Fase de Nado

**CM** - Centro de Massa

**TCLE** - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

**UFU** - Universidade Federal de Uberlândia

**3D** - Três dimensões

**2D** - Duas dimensões

**fps** - Frames per second (quadros por segundos)

**BT** - Tempo de bloco

**FT** - Tempo de voo

**PHF** - Pico horizontal de força dos membros inferiores

**V<sub>x</sub>** - Velocidade horizontal

**TT10 m** - Tempo dos 10 metros

**TT** - Tempo total

**PVF** - Força de pico vertical

**FD** - Distância de voo

**Hz** - Hertz

**PVC** - Policloreto de Vinil

**T<sub>1</sub>** - Tempo no instante

**T<sub>0</sub>** - Tempo anteriormente coletado

**ts<sup>1</sup>** - Tempo de streaming no instante

**ts<sup>0</sup>** - Tempo de streaming anteriormente coletado

**MI** - Membros inferiores

**Md** - Média aritmética

**DP** - Desvio Padrão

**EP** - Erro Padrão

**V<sub>m Sub</sub>** - Velocidade média submersa

**V<sub>m Ond</sub>** - Velocidade média ondulação

**V<sub>m Nado</sub>** - Velocidade média de nado



## **Sumário**

CAPÍTULO 1 .....	14
1. Introdução.....	14
1.1. Motivação .....	14
1.2. Objetivo Geral .....	17
1.3. Objetivos Específicos .....	17
1.4. Estrutura da Dissertação .....	17
CAPÍTULO 2 .....	19
2. Revisão da Literatura .....	19
2.1. Introdução.....	19
2.2. História das competições na NPD .....	19
2.3. Técnicas de saída ventral na Natação Puramente Desportiva (NPD).....	20
2.4. Métodos de Análise da Saída na NPD.....	22
2.5. Conclusão .....	28
CAPÍTULO 3 .....	29
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	29
3.1. Introdução.....	29
3.2. Procedimentos Gerais .....	29
3.3. Amostra .....	29
3.4. Local e Procedimentos.....	30
3.5. Cinemetria .....	34
3.5.1. Sincronização das filmagens.....	34
3.5.2. Posicionamento das Câmeras.....	38
3.6. Edição e análise dos dados .....	39
3.6.1. Kinovea 0.8.24.....	39

3.6.2.	Microsoft Excel 2016.....	40
3.7.	Calibração e Coleta de Dados.....	41
3.7.1.	Posicionamento dos marcadores na piscina.....	41
3.7.2.	Calibração do Kinovea 0.8.24.....	44
3.7.3.	Calibração da filmagem submersa.....	44
3.7.4.	Calibração das imagens externas.....	47
3.7.5.	Ferramentas Cronômetro, Lupa e Caixa de diálogo.....	48
3.7.6.	Coleta de dados no Kinovea.....	50
	CAPÍTULO 4.....	57
4.	Análise dos dados coletados e Avaliação do método.....	57
4.2.	Plotagem e análise dos dados no Microsoft Excel 2016.....	59
4.2.1.	Divisão dos gráficos em cores por fase da saída.....	61
4.2.2.	Cálculo das Velocidades médias de cada fase.....	62
	CAPÍTULO 5.....	64
5.	Apresentação e Discussão dos Resultados.....	64
	CAPÍTULO 6.....	74
6.	Conclusão.....	74

# CAPÍTULO 1

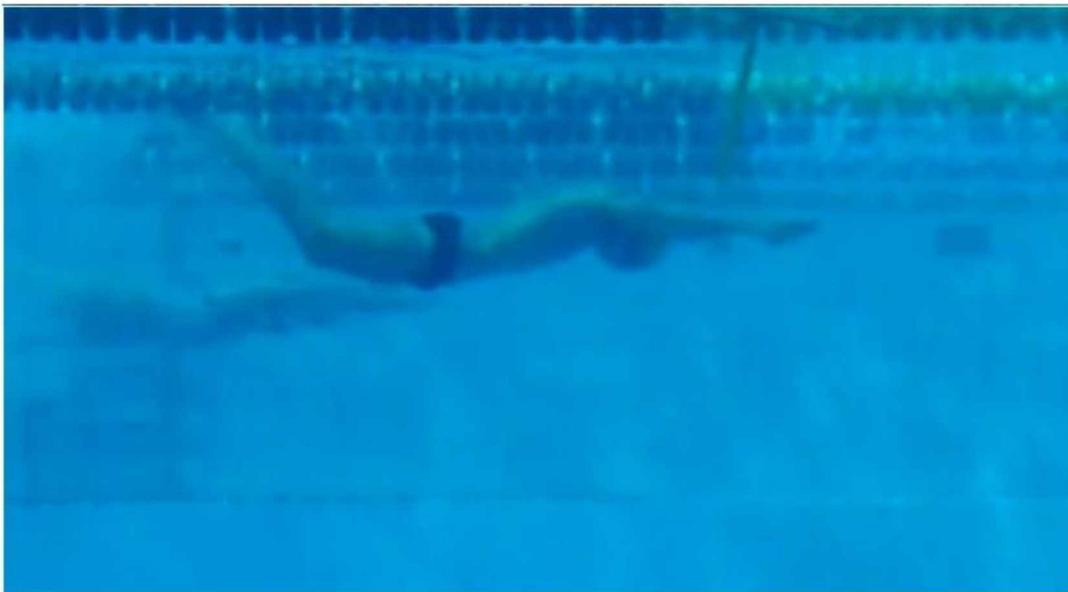
## 1. Introdução

### 1.1. Motivação

Quando falamos em esporte de alto rendimento, estamos falando diretamente em vencer os limites, e na natação milésimos de segundo, fazem a diferença. Conforme (HAY, 1986) os aspectos técnicos como a saída, o nado e a virada são os principais responsáveis pelo resultado final em provas de 50 e 100 metros. Corroborando com esta afirmação (MAGLISCHO, 1997) afirma que em provas rápidas, a saída tem papel importante no resultado final da prova podendo corresponder a 10% (50 m) e 5% (100 m) do tempo total de prova, e ainda afirma que a saída é composta de quatro fases: fase de bloco (do posicionamento à perda de contato com o bloco inclusive o tempo de reação), fase de voo (inclusive o ângulo de entrada), fase submersa (fase de deslize e fase de propulsão das pernas) e fase de nado (fim da ondulação e início do nado completo) desta forma se faz necessário que atletas busquem ao máximo melhorar aspectos técnicos e estratégicos onde (SILVA, 2007) ainda acrescentam uma outra fase que compreende do início do nado na superfície da água até que o centro de massa do atleta alcance os 15 metros. Estas fases correspondem aos quinze (15) metros iniciais da prova, medida máxima estipulada pelas regras oficiais da Federação Internacional de Natação (FINA) a qual os atletas poderão permanecer submersos (FINA 2007) e segundo (COSSOR; MASON, 2001) esta fase inicial corresponde à um quarto do tempo total de prova, e em atletas de elite masculino, a velocidade média na parte inicial (15 metros) corresponde aproximadamente a 3 m/s sendo que a velocidade média de nado (estilo livre) é algo aproximado de 1,8 m/s a 2,0 m/s.

Desta forma se faz necessário o treinamento técnico da saída onde (BLANKSBY; NICHOLSON; ELLIOTT, 2002) afirma que esta mudança na técnica pode reduzir o tempo de prova em até 0,10 segundos. E para isto é necessário que o atleta melhore três elementos básicos para a saída: tempo de reação, força de impulsão e posição de deslize na fase submersa, sendo os dois últimos fatores de maior facilidade de aperfeiçoamento (MAGLISCHO, 1997). Já (COSSOR; MASON, 2001) ao analisarem as provas dos Jogos

Olímpicos de Sydney (2000) afirmaram que 95% das variações no tempo de saída são referentes à fase submersa, tendo pequena relação com o ângulo de entrada na água. Nesta mesma linha (LYTTLE et al., 2000) afirmaram que a velocidade ideal para se iniciar o movimento propulsivo na fase submersa é quando a velocidade debaixo da água gira em torno de 2,2 à 1,9 m/s.



*Figura 1 - Movimento Ondulatório durante a fase submersa (banco de dados do autor)*

Em pesquisa de Houel et al. (2013) realizaram uma pesquisa buscando analisar o movimento ondulatório de atletas de natação objetivando otimizar o momento e a forma que deveriam ser realizados esses movimentos na fase submersa, para isto realizaram uma análise de regressão múltipla (stepwise) no centro de massa e na velocidade do quadril, chegando a opinião de que os atletas deveriam manter uma posição mais alongada (streamline position) e iniciar os movimentos ondulatórios antes que atinjam os 6 metros, afirmando que se os atletas começarem antecipadamente isto terá uma influência diminuindo e limitando a fase submersa do atleta. Corroborando com esta linha de pensamento (ELIPOT et al., 2009) afirmam que atletas que iniciam os movimento de pernas além dos 7 metros tem um decréscimo de 0,4 m/s aproximadamente e se o atleta começar muito antes ele criará um aumento na resistência hidrodinâmica e perderá

velocidade. E a manutenção desta posição mais alongada (streamline position) tem influência direta na resistência hidrodinâmica criada pelo atleta (HAVRILUK, 2007).



*Figura 2 - Streamline position (banco de dados do autor)*

Porém os dados acima foram encontrados através de cálculos estatísticos de vários atletas, no entanto não foram considerados questões básicas do treinamento desportivo como o princípio da individualidade biológica que segundo (DANTAS, 2003) é a associação do genótipo e do fenótipo que gerará pessoas totalmente diferentes entre si, onde o genótipo é a carga genética transmitida ao indivíduo e determinará aspectos como composição corporal, estatura, altura, força. Já o fenótipo é tudo o que foi acrescido ao indivíduo após o nascimento como as habilidades desportivas, o consumo máximo de oxigênio ( $VO_2$  máx.).

Esta pesquisa busca analisar os aspectos biomecânicos da saída de cima do bloco de atletas da categoria máster, de forma individualizada, pois cada atleta possui uma estrutura física e habilidades físicas próprias, o que influencia no princípio da individualidade biológica, no intuito de aprimorar seus tempos finais de prova, otimizando a terceira fase da saída (fase submersa), através de análise biomecânica das fases que compõem a saída do nado livre.

## 1.2. Objetivo Geral

Desenvolver um método para se analisar e avaliar o movimento submerso (terceira fase da saída) por meio de uma análise cinemática para a avaliação dos aspectos biomecânicos e técnicos para uma melhor *performance* individual.

## 1.3. Objetivos Específicos

- Avaliar o tempo da saída de bloco, da trajetória da fase aérea e da fase submersa dos atletas até o início do nado;
- Avaliar a técnica empregada pelo atleta para dimensionar as falhas e prejuízos devido as mesmas;
- Mensurar o ângulo de entrada na água de cada atleta;
- Mensurar as variáveis velocidade (m/s), aceleração ( $m/s^2$ ) e distância (m) nas técnicas de saída durante a fase aérea;
- Mensurar as variáveis velocidade (m/s), aceleração ( $m/s^2$ ) e distância (m) nas técnicas de saída durante a fase submersa;
- Mensurar as variáveis velocidade (m/s), aceleração ( $m/s^2$ ) e distância (m) de nado (livre).

## 1.4. Estrutura da Dissertação

Este trabalho foi estruturado seguindo as etapas descritas nos objetivos, observando a cronologia e os materiais utilizados em cada momento. Sendo assim, esta dissertação foi estruturada da seguinte forma:

- **Capítulo 1** – Motivação, Objetivo Geral, Objetivos Específicos e Estrutura da Dissertação;
- **Capítulo 2** – Revisão da literatura fazendo um breve histórico da evolução da natação como desporto, das evoluções dos tipos de saída e relato

de artigos referente às técnicas de avaliação biomecânica utilizadas para melhora de performance na saída de atletas de alto rendimento na natação puramente desportiva, descrevendo os métodos e equipamentos utilizados;

- **Capítulo 3** – Proposta de um método de análise biomecânica (hardware e software) para determinação do momento ideal, de cada atleta, para iniciar e finalizar o movimento ondulatório na fase submersa da saída ventral na natação puramente desportiva;

- **Capítulo 4** – Detalhamento das etapas de calibração de hardware e software e coleta de dados;

- **Capítulo 5** – Análise do desempenho nos dados de atletas regionais de natação e avaliação do sistema de análise biomecânica dos mesmos;

- **Capítulo 6** – Conclusões e sugestões para futuros trabalhos.

## **CAPÍTULO 2**

### **2. Revisão da Literatura**

#### **2.1. Introdução**

O objetivo deste capítulo é fazer uma revisão da literatura buscando dar ênfase à importância da saída através de um breve histórico de sua evolução ao longo dos tempos e os principais métodos utilizados para a análise biomecânica do movimento humano, focando nos métodos utilizados no ambiente aquático e nas técnicas de avaliação biomecânica utilizadas para melhora de performance de atletas de alto rendimento na Natação puramente desportiva (NPD), descrevendo os métodos e equipamentos utilizados.

#### **2.2. História das competições na NPD**

A utilização do meio líquido pelo ser humano faz parte de sua história desde suas épocas mais primitivas [NETTO (2000); VELASCO (1994)] , no entanto não se sabe ao certo se esta necessidade do ser humano para com a água surgiu devido a necessidades pessoais como alimentação e higiene, ou por necessidades impostas pelo ambiente como a sobrevivência em desastres naturais, guerras entre outros (NETTO, 2000). A prática da natação ou o ato de nadar, que tem como significado sustentar-se ou mover-se sobre a água por impulso próprio (HOUAISS, 2002) já foi relatado de diversas formas como em pinturas, descrição de batalhas, contos e lendas, mostrando assim que o ser humano possui uma relação muito forte como meio aquático. Em 310 A.C. no Império Romano a natação era muito utilizada em casas de banho que possuíam em seu interior grandes piscinas de água corrente, nas quais nobres e soldados se utilizavam do ambiente para descanso ou treinamento (NETTO, 2000). No entanto, a natação surgiu como esporte somente em 36 A.C. no Japão, porém estas ficaram restritas somente ao continente, sendo que em 1603 o Imperador japonês ordenou que a natação fosse incorporada ao programa educacional japonês (NETTO, 2000). A natação se popularizou na Europa graças a um feito incrível do famoso poeta inglês, Lord Byron que atravessou a nado o Estreito de Dardanelos (1960

metros) entre Abdos e Sestos, em 3 de maio de 1810, repetindo a proeza de Leandro personagem principal de um conto da mitologia grega (NETTO, 2000), sendo que devido a esta façanha de Lord Byron, algum tempo depois foi realizado em Londres (1837) a primeira competição na Europa, surgindo desta forma, por parte de atletas e nadadores a necessidade da evolução das técnicas do nado (VELASCO, 1994). Com esta evolução, nas competições, foram separadas na época, provas de nado peito e nado livre, as quais foram sofrendo algumas alterações em suas regras com o passar dos anos, surgindo também os nados costas e borboleta (FINA 2007). A natação faz parte dos esportes Olímpicos desde a primeira Olimpíadas da era moderna em 1896, e em 1908 surgiu a Federação Internacional de Natação (FINA) que cuida das normas e regras que regem os esportes aquáticos (natação, polo aquático, nado sincronizado, saltos ornamentais) (FINA 2007)(NETTO, 2000).

### **2.3. Técnicas de saída ventral na Natação Puramente Desportiva (NPD)**

Quando analisadas as provas de natação em competições oficiais da FINA, é possível observar uma diferença mínima no tempo final de prova dos atletas, principalmente nas provas rápidas (50m, 100m). Conforme (ALLEN, 1997) a saída na NPD desempenha um papel fundamental para determinar o resultado final em provas de curta duração sendo necessário que técnicos, atletas e pesquisadores trabalhem em conjunto para que encontrem uma técnica de saída ideal, principalmente quando se ganha ou perde por milésimos de segundo.

Vários autores [GARCIA-HERMOSO et al. (2013); THANOPOULOS et al. (2012); JORGIC et al. (2010); HONDA et al. (2010); TUCHER, COELHO (2008); BLANKSBY, NICHOLSON, ELLIOTT (2002); COSSOR & MASON (2001); MAGLISCHO (1997); NOMURA, ENDO, COUNSILMAN (1988)] citam como sendo as principais e mais marcantes técnicas de saída na NPD a saída tradicional (swing start - SwS), a saída de agarre (grab start - GS) e uma variação da saída de agarre que é a saída de atletismo (track start - TS) a qual é amplamente utilizada nas competições por atletas de elite. Em ordem cronológica Galbraith (2008) diz que a saída tradicional (SwS) foi muito utilizada até meados dos anos 60. Em 1967, o treinador Hanauer introduziu a saída

de agarre (GS) que foi amplamente aceita pelos atletas e que alguns anos depois, na Olimpíada de 1972, mostrou a grande preferência de todos pela técnica. A saída de atletismo (TS) surgiu apenas nos anos 70 como uma variação da saída de agarre (GS) e esta é a técnica mais utilizada atualmente.

De acordo com de Alvarenga (2002), as características básicas da saída tradicional (SwS) é que os dois braços têm uma posição anterior em relação ao corpo e após o sinal sonoro os mesmos realizam um movimento pendular (circundução) para gerar impulso horizontal, este acréscimo no impulso gera uma melhor transferência de *momentum* o que proporcionará uma maior velocidade de entrada, porém este tipo de movimento leva o atleta a permanecer por mais tempo no bloco de partida, já as saídas do tipo agarre (GS) e de atletismo (TS) tem uma resposta mais rápida pois nas duas o atleta se posiciona com as duas mãos agarradas a lateral ou a parte da frente do bloco mantendo o tronco mais baixo de forma que na primeira os pés se posicionam paralelos no bordo frontal do bloco de partida e a segunda os pés se posicionam com um afastamento anteroposterior dos mesmos e ambos mantêm o centro de gravidade do atleta mais baixo o que proporcionará uma resposta mais rápida e um menor tempo de bloco.

Segundo Palmer (1990) os pré-requisitos para uma boa saída são reações rápidas após o sinal sonoro, capacidade de gerar uma potência instantânea máxima, conhecimento e apreciação da mecânica adequada do corpo e compreensão dos princípios gerais da hidrodinâmica relacionados ao movimento do corpo na água e que se faz necessário uma alta velocidade de voo e uma diminuição na força de arrasto durante a entrada, mantendo uma posição alongada de baixa resistência durante a fase subaquática para minimizar a perda de velocidade horizontal, bem como um aumento no rendimento da propulsão durante a fase de transição.

De acordo com Maglisho (2003) a saída na NPD é dividida em quatro fases: fase de bloco (do posicionamento à perda de contato com o bloco inclusive o tempo de reação), fase de voo (inclusive o ângulo de entrada), fase submersa (fase de deslize e fase de ondulação) e fase de nado (fim da ondulação e início do nado completo), e Palmer (1990) complementa que o fim da fase submersa e a fase de nado deve ocorrer no momento em que a velocidade de deslocamento da fase submersa se iguala ou aproxima-se muito da velocidade de nado.

Desta forma Cossor & Mason (2001) ao analisarem as provas dos Jogos Olímpicos de Sydney (2000) afirmaram que 95% das variações no tempo de saída são referentes à fase submersa, tendo pequena relação com o ângulo de entrada na água e Lyttle et al. (2000) afirmaram que a velocidade ideal para se iniciar o movimento propulsivo (ondulação) na fase submersa é quando a velocidade debaixo da água gira em torno de 2,2 à 1,9 m.s<sup>-1</sup>, pois esta é a velocidade aproximada de nado.

#### **2.4. Métodos de Análise da Saída na NPD**

A natação por ser um desporto altamente competitivo sempre foi foco de pesquisas buscando a melhor performance individual de seus atletas. Com isto várias pesquisas foram realizadas na busca da técnica perfeita, seja ela no aspecto físico [MASCARENHAS, RIPKA, ILKIU, NEVES, (2012); BOCALINI, RICA, SERRA (2010); BREED, YOUNG (2003); FARAH et al. (2010); STAMM et al. (2011); BERETIĆ et al. (2013); CAPUTO et al. (2002); PEREIRA et al. (2002)], ou no aspecto técnico [NOMURA, ENDO, COUNSILMAN (1988); ALLEN (1997); VILARS-BOAS et al. (2000); BLANKSBY, NICHOLSON, ELLIOTT (2002); FABIAN, LOPEZ (2002); ISSURIN, VERBITSKY (2003); CHEN, TANG (2005); DA SILVA, DE OLIVEIRA, GANDOLFO, CONCEIÇÃO (2005); HUBERT et al. (2005); GALBRAITH et al. (2008); ELIPOT et al. (2010); JORGIC et al. (2010); SLAWSON et al. (2012); THANOPOULOS et al. (2012); HOUEL et al. (2013); CORTESI, GATTA (2015)]. Desta forma serão relatados a seguir algumas pesquisas que tiveram como base os aspectos técnicos que influenciam diretamente na fase inicial de provas de natação, ou seja, que estejam diretamente ligadas as quatro fases da saída (FBloco, FVoo, Fsub, FNado).

Em estudo realizado por Sanders, Gonjo, McCabe (2016) exploraram a confiabilidade da estimativa tridimensionais (3D) na cinemática angular e cinética de um nadador por intermédio de filmagem digitalizada. Para a pesquisa foram utilizados dois nadadores de crawl e um nadador de costas de alto nível que foram filmados por quatro câmeras, duas por debaixo d'água e duas acima da água. Um dos nadadores de crawl foi filmado a 50 frames por segundo, com uma janela de análise que se estendia 10 quadros

além do início e fim de cada ciclo de braçada e passava por um filtro digital Butterworth de 4ª ordem (FC1), enquanto o outro nadador de crawl (FC2) e o de costas (BS) foram digitalizados a 25 frames por segundo com a janela se estendendo a cinco quadros para além do início e fim do ciclo de braçada. Cada ciclo de braçada foi digitalizados cinco vezes rendendo cinco conjuntos de dados em três dimensões (3D) independentes a partir do qual o centro de massa do corpo inteiro (CM) gerou dados de queda de quadril, inclinação, rotação e torque que foram obtidos em conjunto com o punho e o tornozelo no momento da braçada em relação a um referencial inercial do sistema com origem no CM. Coeficientes de repetibilidade variando de  $r = 0,93$  para  $r = 0,99$  indicaram que ambas as taxas de amostragem de digitalização e métodos de extrapolação são suficientemente confiáveis para identificar diferenças reais na produção de torque. Erros na cinemática angular e os deslocamentos de pulso e tornozelos em relação à amplitude de movimento eram pequenos para todos, porém os tornozelos na direção X para FC2 houve erros maiores pois o mesmo tinha uma pernada muito vigorosa. Para evitar grandes erros em relação a digitalização dos tornozelos de nadadores com pernas vigorosas eles recomendam que o marcador sobre a haste seja usado para calcular a posição do tornozelo com base nos deslocamentos entre os marcadores conhecidos do joelho, da haste, e do tornozelo.

Em relatos de Mooney et al. (2015) fizeram uma análise explorando a aplicação dos métodos base de vídeo para a análise da performance competitiva na natação, utilizando uma pesquisa sistemática nos principais bancos de dados eletrônicos (ISI Web of Knowledge, PubMed, Science Direct, Scopus, SPORTS) usando as palavras chave : natação, performance, análise, quantitativa, qualitativa, câmera, vídeo em pesquisas publicadas nos últimos cinco anos. Na pesquisa foram primeiramente encontrados 384 artigos, dentre estes 30 artigos eram completos e seus resultados foram analisados e categorizados de acordo com I) com os processos envolvidos, II) a aplicação do vídeo para a análise técnica da performance na natação, III) os avanços tecnológicos emergentes dos vídeos, e concluem que o vídeo é um dos métodos mais comuns de análise para adquirir dados para a análise de performance na natação e continuará sendo um meio eficaz, principalmente com os avanços na automação das técnicas de processamento de vídeos e a integração do vídeo com outras ferramentas de análise.

Em pesquisa de Kobayashi et. al. (2015) investigaram a relação entre o alinhamento lombar e as atividades musculares do tronco durante a posição de streamline durante a fase

submersa. Vinte e dois nadadores colegiais do gênero masculino participaram do estudo. Foram avaliados o alinhamento da coluna vertebral dos 22 participantes na posição em pé e na posição alongada subaquática (streamline) usando análise de imagem. Durante a avaliação foram analisados o ângulo de cifose torácica e o ângulo de lordose lombar para avaliar o alinhamento da coluna vertebral. Onze nadadores participaram da investigação, formando dois grupos: 6 participantes que tiveram a menor alteração na lordose lombar entre as duas posições e 5 participantes que tiveram a maior alteração. Seus alinhamentos da coluna vertebral e as suas atividades musculares do tronco foram mensuradas durante as duas posições da mesma maneira. As atividades musculares foram mensuradas utilizando a eletromiografia de superfície. Como resultado, uma diferença significativa entre os dois grupos foi observada nas atividades dos músculos abdominal oblíquo / transversos internos, durante a posição alongada subaquática ( $p < 0,05$ ). Desta forma os mesmos consideraram que as atividades do músculo abdominal oblíquo / transversos internos estavam diretamente relacionados com a magnitude da alteração da lordose lombar durante a posição alongada debaixo d'água (streamline).

Na mesma linha Connaboy et al. (2015) afirmam em seu estudo que a otimização da ondulação na fase submersa é de extrema importância na natação competitiva e desta forma buscaram determinar quais as variáveis cinemáticas que são a chave da produção máxima de velocidade na ondulação subaquática. Para isto foram coletadas por meio de filmagem a cinemática da velocidade máxima da ondulação subaquática de dezessete atletas de natação. Uma série de análises do tipo de eliminação retrógrada separada, de modelos de covariância foi produzido pela frequência do ciclo e comprimento de ciclo de braçada como variáveis dependentes e o participante como um fator fixo, o que explicaria 100% da variação máxima da velocidade de nado, as co-variáveis identificadas nos modelos de frequência e comprimento de ciclo foram utilizadas para formar o modelo saturado para a velocidade máxima de nado. O modelo final identificou três co-variáveis (velocidade angular máxima da articulação do joelho, velocidade angular máxima do tornozelo e amplitude do movimento) como determinantes da variação na velocidade máxima de nado. No entanto, eles relatam que quando o participante foi removido como fator fixo houve uma grande redução na variância, e só a velocidade angular máxima do joelho continuou a contribuir de forma significativa, o que destacava sua importância para a produção de velocidade máxima de nado. E desta forma afirmam que a redução da

variância explicada sugere uma ênfase sobre as diferenças interindividuais na técnica de ondulação subaquática e ou antropométricas.

Em pesquisa realizada por Formicola e Rainoldi (2014) apresentaram em seu estudo um método para avaliar a eficácia biomecânica das técnicas de saída, utilizando um *dataset* de uma referência cinemática. A biomecânica das técnicas foi analisada pelo desempenho de dez atletas usando um conjunto de dados com uma abordagem baseada no estereoscópico. Foram analisadas três técnicas de saída: GS, TSf, TSa. As referências de dados de um conjunto cinemático, foram compiladas a partir de dados disponíveis na literatura, da mecânica de nadadores de alto nível. O método de avaliação foi baseado em três parâmetros: (1) O componente horizontal na velocidade de deslize, (2) O ângulo entre a linha traçada no centro de massa do nadador e o ponto de interseção entre a superfície da água e o plano da beira da piscina, (3) A distância entre o bloco de saída e o centro de massa do atleta. Como resultados foram relatadas diferenças ( $p < 0,05$ ) em relação a posição no bloco de saída durante a largada entre atletas nacionais e as referências em GS, TSf e TSa. Concluindo que em seu estudo auxilia: (1) para formular um modelo de análise de dados da literatura, (2) para obter um modelo tridimensional de nadadores usando um sistema estereoscópico de mão de baixo custo, (3) para comparar diferentes modelos biomecânicos multidimensionais designados para descrever o deslize e o mergulho.

Da mesma forma Houel et al. (2013) objetivaram em seu estudo determinar as variáveis cinemáticas que melhoram o desempenho durante a fase subaquática na saída do tipo GS. Foi feita uma análise tridimensional da fase subaquática de dez nadadores de nível nacional. Para a análise dos dados foi utilizado regressões lineares múltiplas (Stepwise) identificando as principais variáveis que influenciam a cinemática, a velocidade horizontal do nadador cada 0,5 m na distância de 5 a 7,5 m do início da prova. Os resultados mostraram que os parâmetros da cinemática alteraram durante o intervalo de 5 a 7,5 m da fase subaquático da saída GS. Para esta população de nadadores, os resultados permitiram a proposta de quatro princípios para melhorar a fase subaquática: i) a racionalização no início da fase de deslizamento debaixo de água, ii) a iniciação da golfinhada antes de 6 m, iii), geração das forças de propulsão usando somente os pés e pernas durante a natação subaquática ondulatória, iv) melhoramento da frequência de natação subaquática ondulatória.

Em pesquisa de Cossor et al. (2008) desenvolveram um sistema baseado em componentes, que foi desenvolvido para fornecer um *feedback* quantitativo de força com base na saída dos atletas, as informações fornecidas pelo sistema compreendem visão integrada (vídeo), dados de força a partir de uma plataforma de força instrumentada e acoplada ao bloco de saída e dados de aceleração em três eixos (wireless) por um acelerômetro tri-axial. Para a pesquisa foi construído uma plataforma de força incorporando quatro transdutores Kistler (9317B) em um bloco de partida com dimensões semelhantes ao bloco Omega OSB9. Três eixos ortogonais de dados de força foram sincronizadas com saída de vídeo a partir de um conjunto Photron SA1 e uma câmera com velocidade de 50 fps e com uma resolução de 1024 x 1024 pixels. Um acelerômetro sem fio foi colocado nas costas do nadador, a fim de obter informação sobre as acelerações geradas durante o salto. Durante doze meses foram coletados testes de vinte atletas britânicos de nível nacional e internacional de ambos os sexos testando as diferenças nas saídas GS e TS. Os parâmetros das fases de bloco e de voo da saída foram determinados a partir da análise dos dados da plataforma de força e correlacionados com as imagens gravadas através do sistema de vídeo. Durante a fase de bloco foram determinados o tempo para o primeiro movimento, as forças horizontais e verticais, e tempo de bloco total. Distância de voo e tempo de 15m foram determinados através dos dados de vídeo, enquanto o tempo de voo, o tempo para a primeira braçada e número de braçadas antes de 15m foram determinados a partir de dados do acelerômetro sem fio. O teste inicial mostrou a viabilidade do sistema e do impacto directo na intervenção da técnica com atletas de elite.

Em sua pesquisa Elipot et al. (2010) objetivaram identificar os principais pontos anatômicos envolvidos na coordenação motora durante a fase de natação ondulatória subaquática. Doze nadadores franceses de alto nível participaram neste estudo. Os nadadores foram filmados durante toda a fase submersa da saída (ou seja, quinze metros da plataforma de início). Pontos anatômicos específicos foram identificados no corpo dos nadadores e coordenadas espaciais 2D destes pontos de referência foram calculados através de imagens. Funções de correlação cruzada foram utilizados para investigar a coordenação motora entre as ações do quadril, do joelho e do tornozelo. Todos os atletas realizaram 3 saídas GS e para a análise era utilizado apenas a melhor saída. Para a obtenção das imagens foram utilizadas 4 cameras, sendo três em janelas laterais a piscina e uma dentro da piscina e diagonalmente ao trajeto dos atletas. O estudo mostrou que,

durante a natação subaquática ondulatória, os nadadores de alto nível são capazes de adotar uma coordenação motora específica com movimentos ondulatórios caracterizados por uma forte sinergia entre a ação do quadril e do tornozelo.

Analisando a saída Sws e a TS com uma mão apoiada, Galbraith et al. (2008) buscaram verificar se esta variação da TS possuía implicações biomecânicas na performance do mergulho. Para esta pesquisa foram utilizados 12 atletas (5 homens e 7 mulheres) divididos em dois grupos (controle e intervenção). Todos os nadadores foram submetidos a uma intervenção de 4 semanas compreendendo  $12 \pm 3$  sessões de treinamento de trinta minutos. Câmeras de vídeo sincronizadas com um sinal audível e temporização de um suíte capturando dados temporais e cinemáticas, uma placa de força portátil e células de carga foram montadas em um bloco de partida de natação no qual foram recolhidos dados de força de mais de 3 ensaios de cada técnica. Um computador identificava e coletava o tempo de bloco (BT), Tempo de Voo (FT), Pico Horizontal de força do membros inferiores (PHF) e velocidade horizontal no Take-off ( $V_x$ ) como co-variáveis. Durante os 10 metros de teste de natação, foram encontradas diferenças significativas no tempo dos 10 metros (TT10m), Tempo Total (TT), Força de pico vertical (PVF), Distância de voo (FD), e velocidade horizontal na descolagem ( $V_x$ ) ( $p < 0,05$ ). Os resultados indicaram que o método convencional trilha um início mais rápido ao longo de 10 metros, e, por conseguinte, pode ser visto como uma partida superior depois de uma curta intervenção. Desta forma os mesmos afirmam que durante o treinamento, nadadores e treinadores deveriam centrar-se mais nas variáveis de desempenho de mergulho estatisticamente significativas: força horizontal de pico e velocidade de decolagem, bloco e tempo de vôo.

Em pesquisa de Chen & Tang (2005) fizeram uma comparação da efetividade das saídas GS e TS nos aspectos cinemáticos (distância horizontal de entrada) e suas variáveis cinéticas (pico de reação de força ao solo, pico vertical e horizontal de força, índice de velocidade de reação). Foram utilizados 8 atletas de natação com idades entre 19 e 22 anos (4 homens e 4 mulheres). Para a coleta foi utilizado uma câmera de vídeo digital (60 Hz) e um plataforma de força Kistler (1000 Hz), a câmera de vídeo foi posicionada lateralmente ao bloco de partida em um plano sagital e a plataforma de força foi fixada no bloco de saída. Para a sincronização dos dados foi utilizado um equipamento de gatilho conectado a uma sirene e uma luz que foi colocada no lado inverso da câmera. Os dados foram analisados por meio de um teste-t, e indicaram que há diferenças significativas

entre os dois tipos de saída (GS, TS) em relação pico de reação de força ao solo, índice de velocidade de reação, impulso, distância horizontal de entrada e índice de eficiência de impulso. No entanto não foram encontradas diferenças significantes em relação pico vertical e horizontal de força e o índice de eficiência da velocidade de reação, concluindo que os princípios gerais de uma boa saída são a alta velocidade da saída, a maior distância horizontal de entrada, o ângulo de entrada ideal. No entanto, a avaliação quantitativa de saída pode indicar não apenas um aspecto de maior performance da distância (GS) ou de força de reação, mas também uma maior eficiência (TS) que irá fornecer mais detalhes sobre melhores habilidades de partida.

Em estudo realizado por Fabian & Lopez (2002) foram analisados 40 atletas de triátlon de ambos os sexos com idades entre 20 e 25 anos e que tinha como objetivo analisar dois tipos de saída ventral na NPD (SwS, GS) e comparar o somatotipo dos atletas com os desempenhos obtidos nas duas técnicas. A definição por atletas de triátlon foi devido aos atletas não terem como prática o treinamento de nenhuma das duas técnicas de saída estudadas, evitando assim a possível tendência dos atletas para um determinado tipo de saída. Os atletas foram submetidos a 10 sessões de treinamento (5 SwS e 5 GS) e após o treinamento foram realizados 3 saltos em cada tipo de salto (SwS, GS) em três distâncias diferentes (6, 7 e 8 metros). Os resultados foram separados conforme o somatotipo do atleta e o tempo para se alcançar às distâncias pré-determinadas. Em geral os atletas obtiveram um menor tempo médio na saída do tipo GS, no entanto atletas do sexo feminino de somatotipo ectomorfo-mesomorfo obtiveram uma melhor eficiência na saída SS nas distâncias de 7 e 8 metros, e concluem que ambas as técnicas devem ser trabalhadas verificando às preferências dos atletas em relação a técnica empregada.

## **2.5. Conclusão**

Neste capítulo pudemos constatar que a forma mais utilizada para a correção de movimentos técnicos na natação é a observação dos aspectos cinemáticos por meio da cinemetria.

## **CAPÍTULO 3**

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1. Introdução**

Neste capítulo iremos descrever cada parte do método desenvolvido explicando em detalhes todos os componentes necessários de hardware e software para a aplicação dos testes em atletas de natação, para a busca de uma melhor performance em provas de velocidade (50 e 100 metros).

#### **3.2. Procedimentos Gerais**

O método que desenvolvemos, teve como principal finalidade encontrar um método de baixo custo e que viabilizasse a qualquer técnico, poder desenvolver a análise da técnica de saída de seus atletas. A base do método se compõe de quatro (4) câmeras de vídeo (digital), sendo três (3) posicionadas externamente à piscina e uma interna, para a análise da fase submersa da saída. Para sincronização dos vídeos foi desenvolvido um sistema de luzes ligados a uma sirene e um botão disparador, utilizado também para os procedimentos de início do salto. Para a edição e análise dos saltos foi utilizado o software Kinovea 0.8.24, que é um software *open source*, e os dados de velocidade e aceleração obtidos no mesmo, de cada fase, foram transferidos para o software Microsoft Excel 2016, analisados e plotados em gráficos separando todas as fases de cada saída do atleta individualmente, para desta forma identificar as características cinemáticas da saída do bloco de atletas de natação.

#### **3.3. Amostra**

A fim de que pudéssemos verificar a viabilidade da utilização dos procedimentos de análise das saídas propostas neste trabalho, foram testados nove (9) atletas regionais da categoria máster, sendo dois (2) do gênero feminino e sete (7) do gênero masculino,

especialistas em provas de 50 metros e 100 metros, que participam de competições nacionais e que possuem uma carga de treino de no mínimo cinco (5) vezes por semana.

*Tabela 1 - Dados da Amostra*

	Md	DP	EP
Idade (anos)	32,78	10,50	3,50
Estatura (m)	1,79	0,08	0,02
Massa (kg)	80,80	13,27	4,42

**n = 9 voluntários**

Todos os voluntários foram informados previamente sobre a metodologia de avaliação e os benefícios e riscos envolvidos na mesma, e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) aceito pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Uberlândia e registrado pelo CAAE 40651114.9.0000.5152. Os voluntários foram informados que todos os dados pessoais serão mantidos em sigilo e todas as imagens de fotos e vídeos serão deletadas posteriormente.

### **3.4. Local e Procedimentos**

Os testes foram realizados na piscina de 50 metros do Praia Clube na cidade de Uberlândia – MG. (Figura 3)



*Figura 3 - Imagem posterior da piscina de 50 metros do Praia Clube de Uberlândia (banco de dados do autor)*

Para a divisão das fases da saída optamos por utilizar o método descrito por (MAGLISHO 2003), o qual a divide em quatro fases. Primeira fase – início do salto (período compreendido entre o sinal de saída até o último contato com o bloco de saída inclusive tempo de reação atleta-bloco). (Figura 4)



*Figura 4 - Fase de Tempo de bloco (banco de dados do autor)*

Segunda fase – fase de voo (período compreendido entre o último contato com o bloco de saída e o primeiro contato com a superfície da água). (Figura 5)

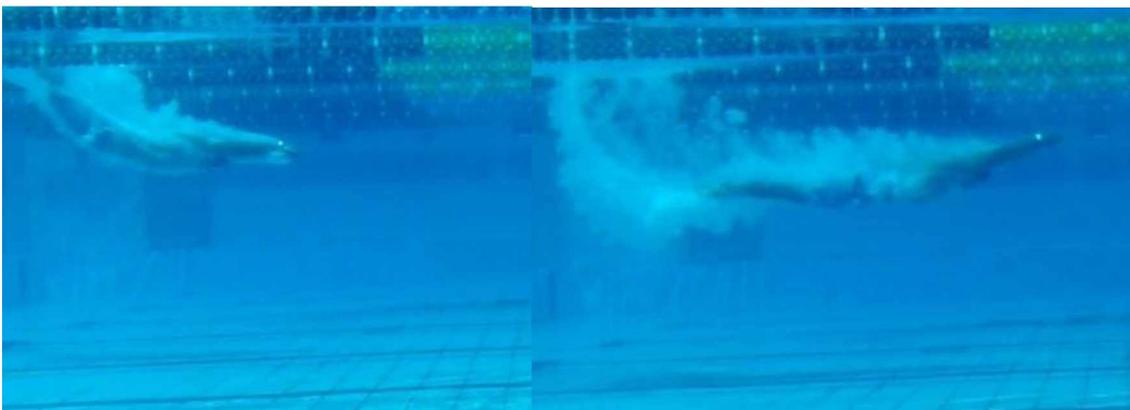


*Figura 5 – Fase de Voo (banco de dados do autor)*

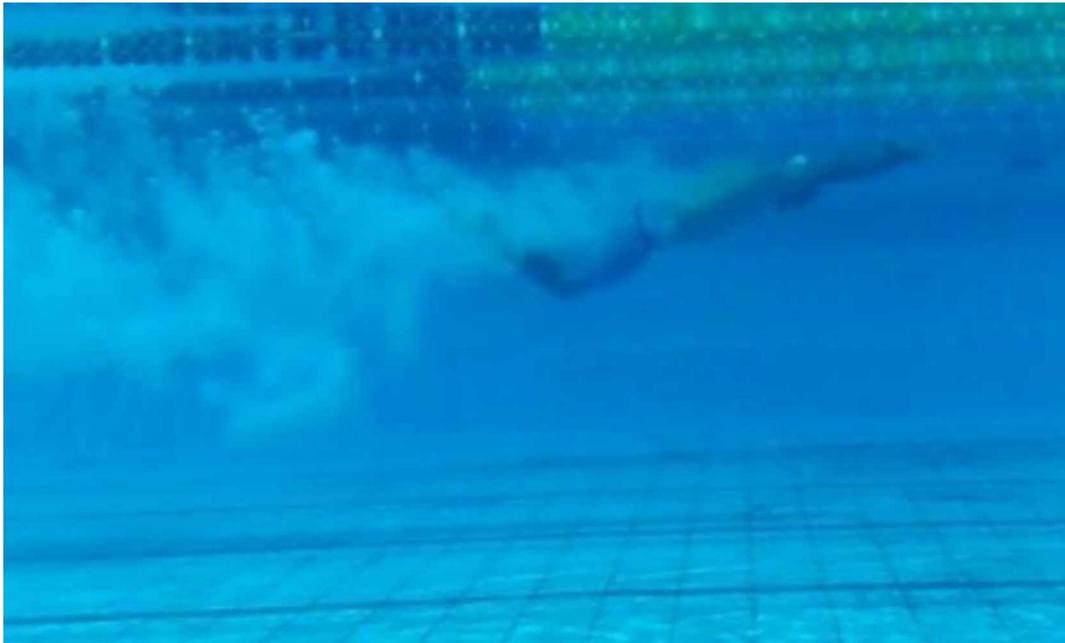
Terceira fase – fase submersa [período composto pelas etapas de **Entrada** – do primeiro contato com a água até a imersão completa do corpo (Figura 6), **Streamline** – deslize do corpo após a imersão completa até o início do primeiro movimento de ondulação (Figura 7), **Ondulação** – do início movimento de ondulação até o início do movimento de tração da braçada (Figura 8)].



*Figura 6 - Fase Submersa (Entrada) - (banco de dados do autor)*



*Figura 7 - Fase Submersa (Streamline) - (banco de dados do autor)*



*Figura 8 - Fase Submersa (Ondulação) - (banco de dados do autor)*

Quarta fase – fase de Nado (período compreendido entre a primeira braçada após a ondulação até o final do trajeto – 25 m). (Figura 9)



*Figura 9 - Fase de Nado - (banco de dados do autor)*

Os testes desenvolvidos para a aplicação do método de análise proposto foram constituídos de três (3) etapas, todas no mesmo dia, sendo a primeira (1ª etapa) para a mensuração dos dados antropométricos dos voluntários; a (2ª etapa) explicação da metodologia do teste; na (3ª etapa) os voluntários realizaram os testes, onde foram realizados três (3) tiros máximos de 25 metros e nestes três (3) tiros foram avaliados:

- i. O tempo de bloco (reação);
- ii. O tempo e a velocidade de voo;
- iii. A distância de voo;
- iv. O tempo e a velocidade submersa;
- v. A distância horizontal, vertical e total submersa;
- vi. A quantidade de movimentos ondulatórios e
- vii. A velocidade de nado até os 25 metros.

Todos os tiros respeitaram um intervalo de cinco (5) minutos entre eles. Após os 25 metros os atletas retornaram ao bloco de forma lenta – recuperação ativa – e terminaram o período de intervalo esperando na borda da piscina. Todos os três (3) saltos foram realizados seguindo as normas da Federação Internacional de Natação (FINA) – após a vocalização “à suas marcas” houve um intervalo de dois (2) segundos e um sinal sonoro, somente a partir daí o voluntário poderia executar o salto e o mesmo só terminaria quando o atleta atingisse a marca de 25 metros com a mão.

### **3.5. Cinematria**

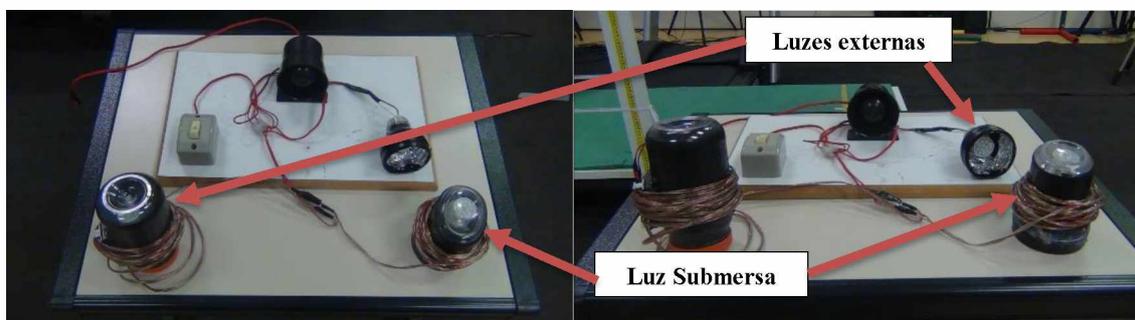
#### **3.5.1. Sincronização das filmagens**

Para a análise cinemática, os atletas utilizaram 3 marcadores em posições anatômicas do lado direito, sendo: 1 na cabeça, 1 no pulso e 1 no quadril (Figura 10). Os marcadores do pulso e da cintura foram confeccionados com uma cinta elástica ajustável e uma peça que não atrapalhasse os movimentos do atleta coberto com uma fita adesiva prateada e na cabeça foi utilizado uma touca branca, para facilitar a visualização dos pontos anatômicos em todas as fases.



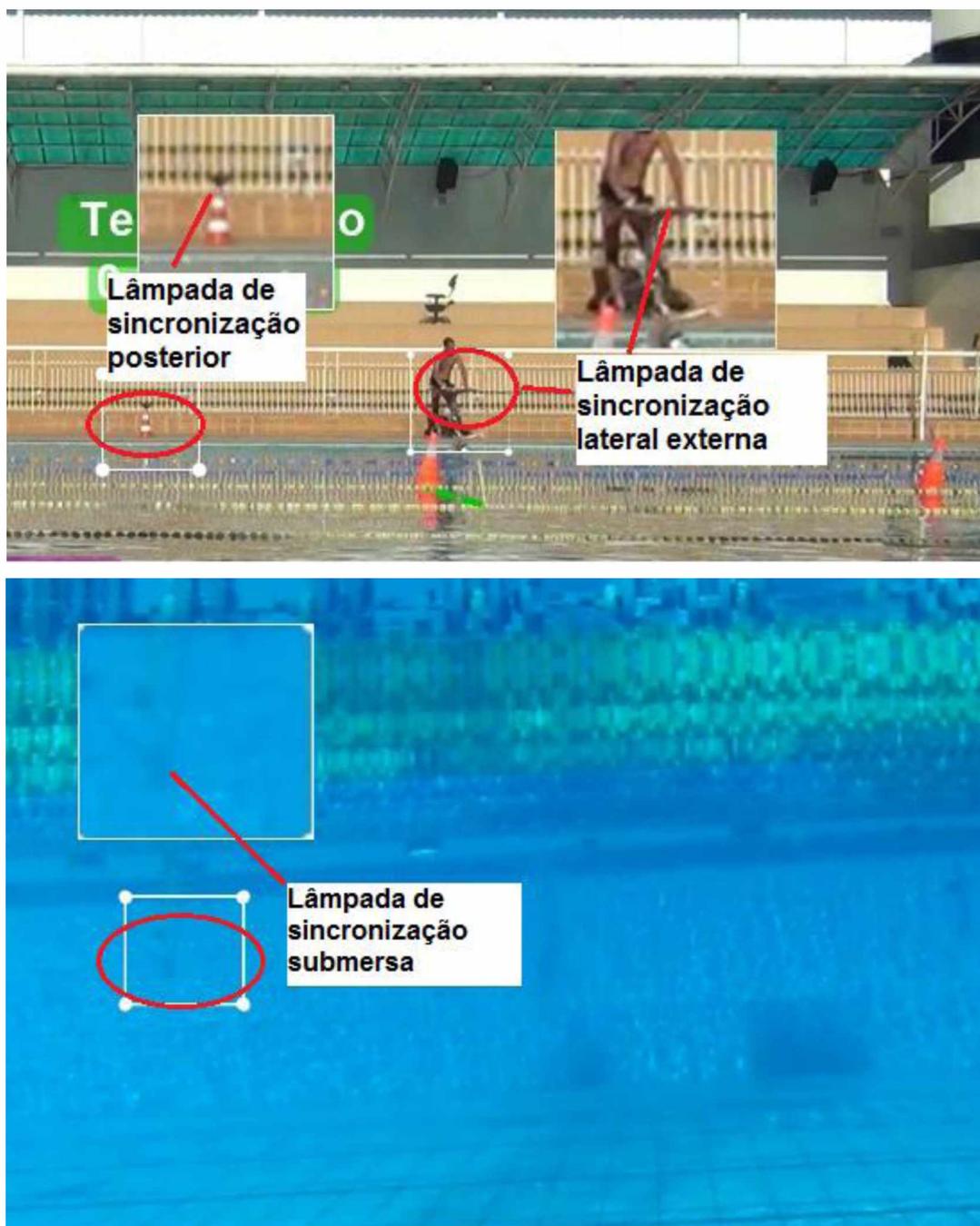
**Figura 10 - Posicionamento dos Marcadores - (banco de dados do autor)**

Para sincronizar as imagens captadas pelas quatro (4) câmeras foi desenvolvido um hardware de sincronização, composto por três lâmpadas de led (Figura 11), sendo duas (2) externas (1 posicionada em cima de um cone afastado dezessete metros e setenta centímetros (17,70 m) da lateral da piscina – bloco – e 1 posicionada em uma tábua onde se localizavam uma sirene e o botão disparador sobre uma mesa a treze metros (13 m) da lateral – bloco) e uma (1) envolta em uma caixa estanque para ser posicionada a cinquenta centímetros (50 cm) abaixo do nível da água e a dez metros e cinquenta (10,50 m) centímetros da lateral da piscina – bloco (Figura 14), ligadas a uma bateria de doze volts.



**Figura 11 - Dispositivo de sincronização de imagens - (banco de dados do autor)**

O procedimento no qual foi utilizado este equipamento nos permitiu além da sincronização das câmeras para a edição correta das etapas do salto através do tempo, aproximar ao máximo das largadas oficiais das competições da natação oficiais da FINA. Desta forma, foi instalado uma sirene que ao ser acionada emitia um som alto o suficiente para que o atleta tivesse a capacidade de ouvi-lo do bloco de partida. Lembrando que devido à posição inicial do atleta, não foi possível o atleta visualizar as luzes.



*Figura 12 - Lâmpadas de sincronização em estado off - (banco de dados do autor)*



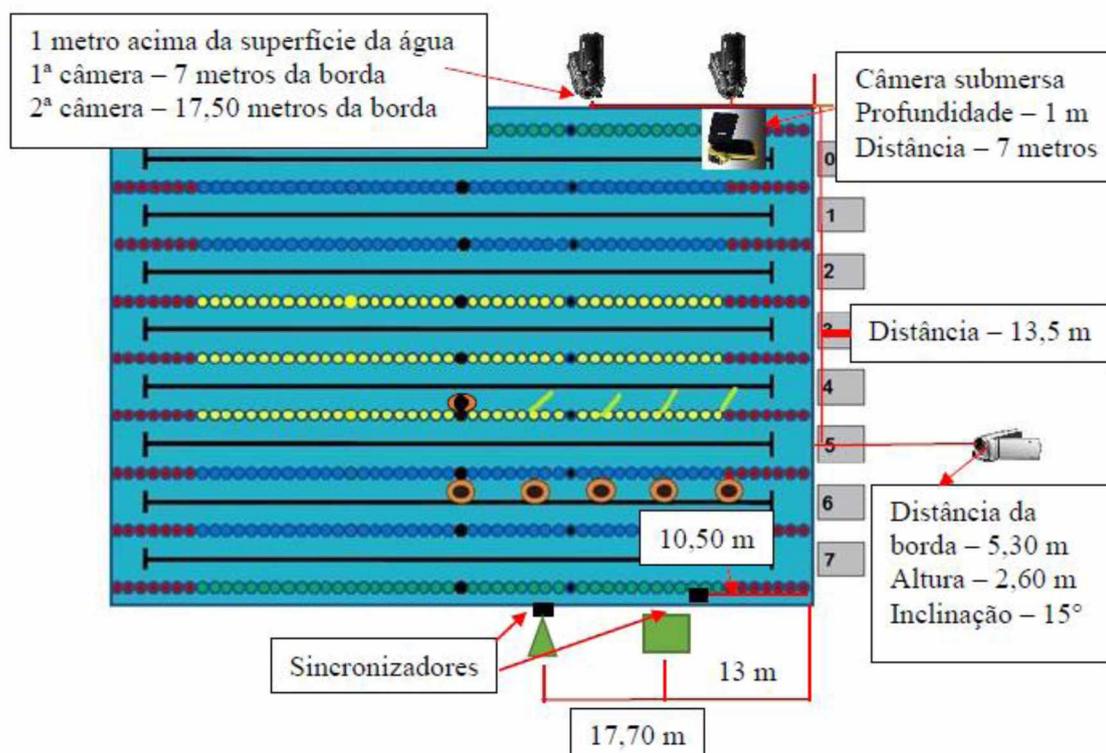
*Figura 13 - Lâmpadas acesas após o acionamento do dispositivo de sincronização de imagens - (banco de dados do autor)*

Seguindo as regras da FINA, os voluntários foram conduzidos à raia onde seriam realizadas as saídas e instruídos a subir no bloco após a autorização, com o voluntário posicionado em cima do bloco, com o tronco inclinado para frente e com as mãos posicionadas próximas do bloco era proferida a frase “a sua marca”, neste momento o atleta segurava com as duas mãos na parte da frente do bloco à espera do sinal sonoro, após dois segundos era acionado o disparador do equipamento o qual fazia com que as

três lâmpadas e a sirene acionassem ao mesmo tempo, somente a partir daí que o atleta podia se movimentar no bloco.

### 3.5.2. Posicionamento das Câmeras

As imagens foram capturadas por quatro (4) câmeras, sendo três (3) da marca Sony – duas (2) modelo HDR-CX150 (60Hz) e uma (1) modelo DCR-SR68 (30Hz) – e uma (1) da marca Vivitar modelo DVR-850W HD (30hz) – imagens submersas.



*Figura 14- Esquema gráfico da captura de imagens*

As câmeras foram posicionadas da seguinte maneira: a câmera da marca Sony modelo DCR-SR68 (30Hz) ficou posicionada posteriormente ao bloco de partida onde os atletas executaram os saltos, a cinco metros e trinta centímetros (5,30 m) da lateral da piscina, a uma altura de dois metros e sessenta centímetros (2,60 m) do solo e uma angulação de quinze graus (15°) – duas câmeras da marca Sony modelo HDR-CX150 (60Hz) foram posicionadas lateralmente ao atleta há uma altura de um (1) metro da

superfície da água, sendo que uma ficou posicionada a sete (7) metros e a outra a dezessete metros e cinquenta centímetros (17,50 m) da lateral onde o bloco de partida estava posicionados e a quatorze (14) metros do centro da raia onde estavam sendo realizados os testes. Para as imagens submersas foi utilizada a câmera da marca Vivitar modelo DVR-850W HD (30hz) cerca de um (1) metro abaixo do nível da água, sete (7) metros da borda lateral da piscina (bloco) e afastada treze metros e cinquenta centímetros do centro da raia onde estavam sendo realizados os testes (Figura 14).

### 3.6. Edição e análise dos dados

#### 3.6.1. Kinovea 0.8.24

Para a edição e coleta dos dados de cada voluntário foi utilizado o software Kinovea 0.8.24 (Charmant 2014), que é um software open source, registrado em licença pública para Free Software Foundation, Inc. em Boston nos USA em junho de 1991, que permite a cópia e distribuição do mesmo.

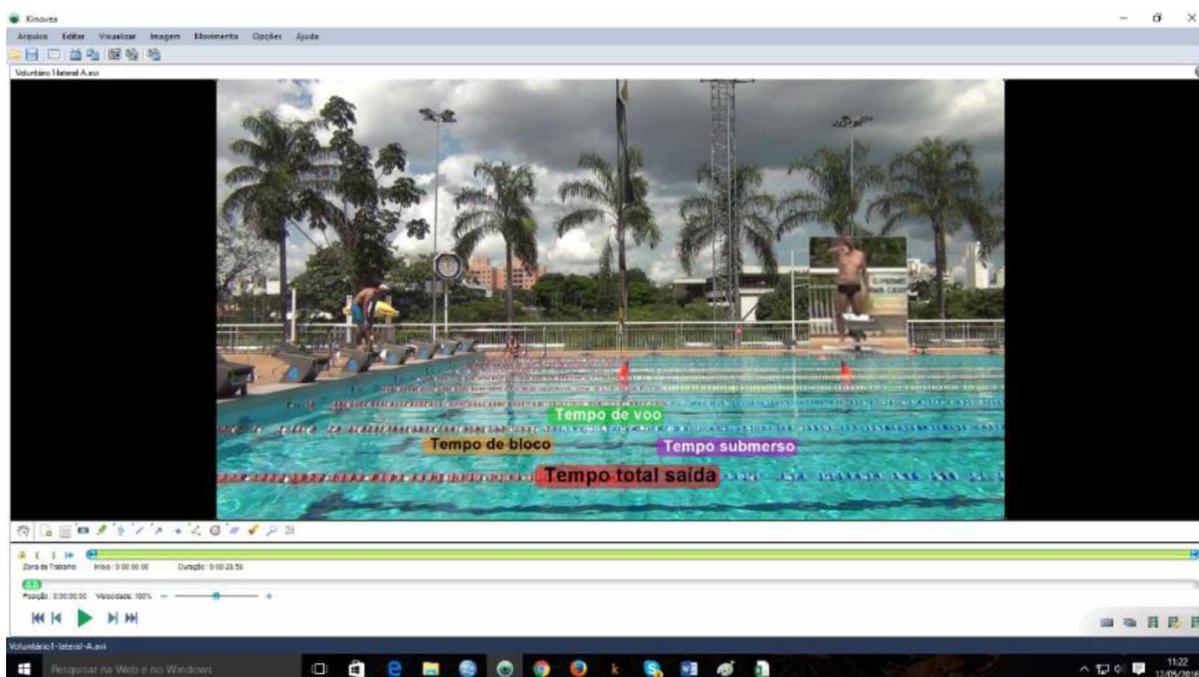


Figura 15 - Tela inicial do Software Kinovea 0.8.24

O Kinovea 0.8.24 é um software que possui uma grande aplicabilidade para análises de rendimento esportivo, pois após a correta calibração, é possível calcular ângulos articulares, deslocamentos horizontais, verticais e angulares, velocidades e acelerações. Também é possível comparar dois vídeos em uma mesma tela, acrescentar aos vídeos setas e linhas de trajetória (edição), sendo ainda capaz de exportar dados para planilhas do Excel para análises de processamento (KINOVEA, 2014).

### 3.6.2. Microsoft Excel 2016

O Microsoft Excel® 2016 é um software sob a propriedade da Microsoft Corporation que é uma ferramenta administrativa capaz de realizar análises e relatórios estatísticos, implantação e análise de dados grandes capaz de abordar todo o processo analítico: planejamento, coleta de dados, análise, relatórios e implantação, construção de modelos e avaliação, análise com modelo de gestão avançado e de gestão de decisão analítica e analisar dados grandes para obter insights preditivos e construir estratégias de negócios eficazes. Além de todas as funções supra citadas, o Microsoft Excel recomenda os gráficos que ilustram um melhor padrão, oferecendo a visualização rápida das opções que melhor apresentam as ideias e com uma maior clareza.

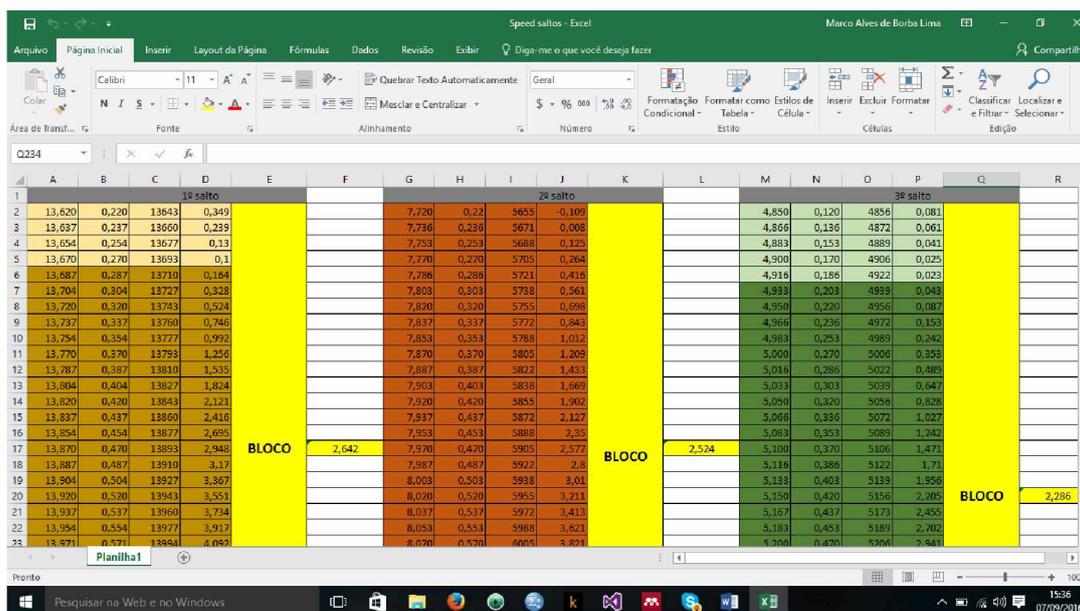
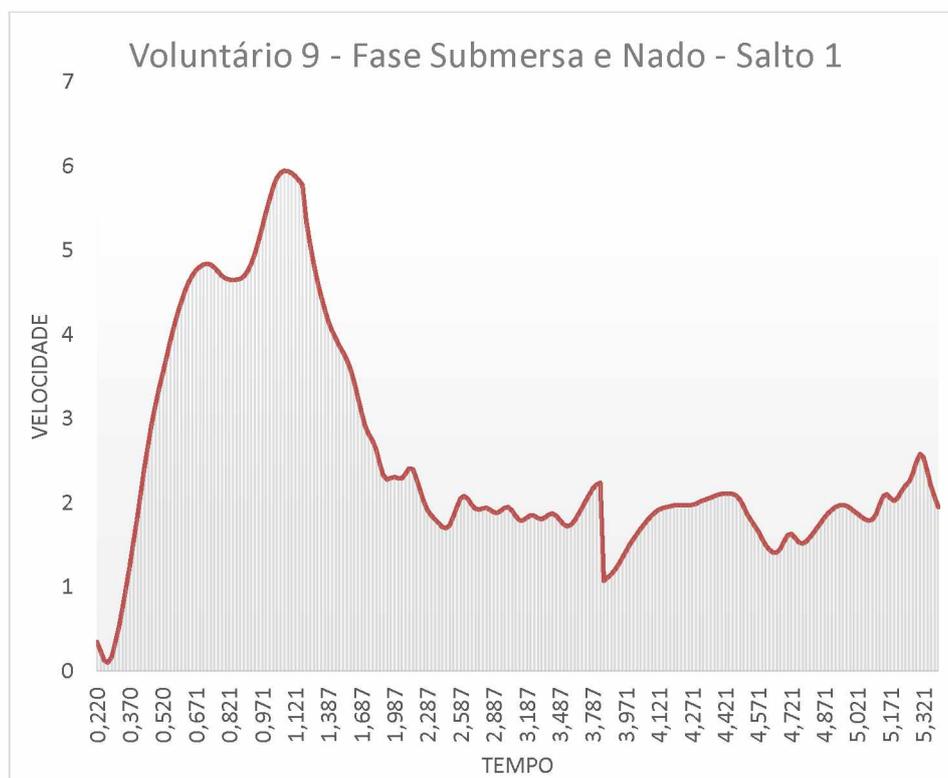


Figura 16 – Tela inicial do Microsoft Excel 2016

Os dados obtidos pelo Kinovea foram transferidos para o Microsoft Excel 2016 para análise dos dados e plotagem dos gráficos (Figura 17).

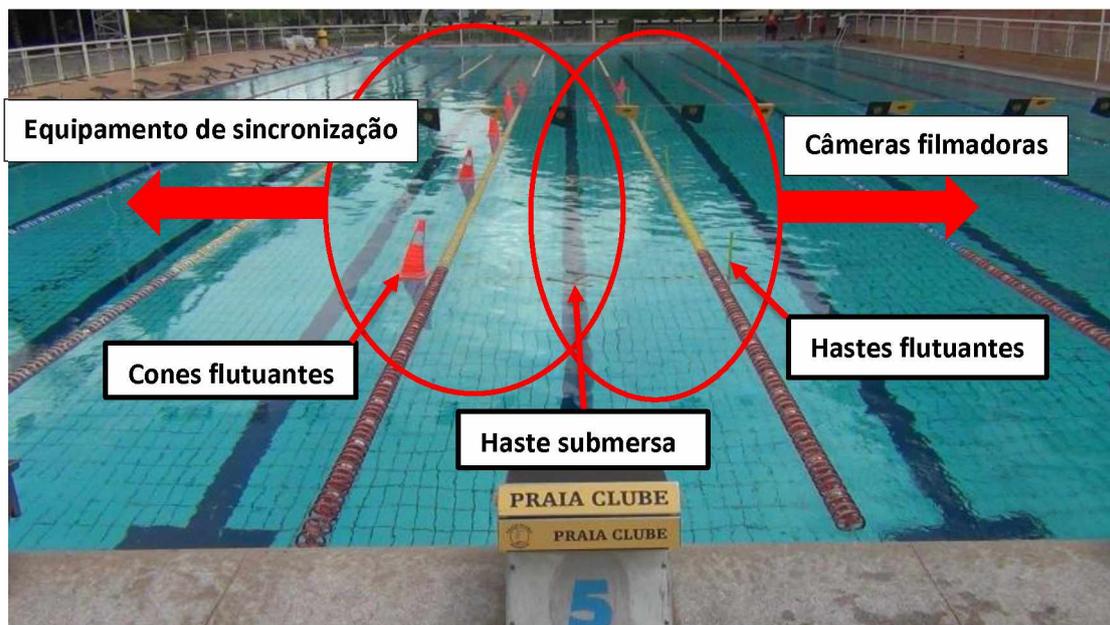


*Figura 17 - Gráfico de análise da saída plotado no Microsoft Excel 2016*

### **3.7. Calibração e Coleta de Dados**

#### **3.7.1. Posicionamento dos marcadores na piscina**

Para a correta análise dos dados da saída, foram utilizados marcadores externos e internos na piscina, com distâncias definidas, para a calibração do software. Foram distribuídos seis (6) cones flutuantes e seis (6) hastes pintadas com uma tinta fosforescente, feitas em PVC e que flutuavam na piscina, sendo quatro (4) com a haste de 30 centímetros que foram posicionadas flutuando na superfície da piscina e duas (2) com hastes de 60 centímetros flutuando invertidas com a haste submersa para a calibração da câmera filmadora submersa.



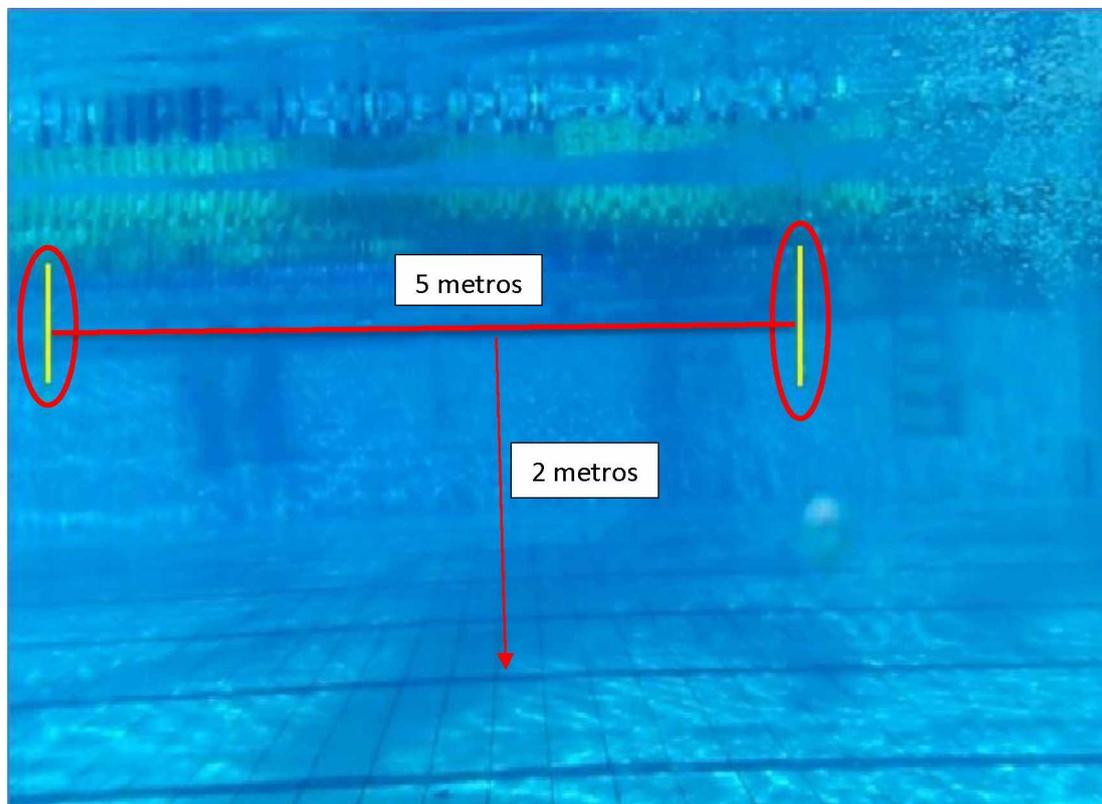
*Figura 18 - Distribuição dos marcadores de distância nos 25 metros - (banco de dados do autor)*



*Figura 19 - Distância dos marcadores de superfície da piscina - (banco de dados do autor)*

Os cones ficaram distribuídos e presos ao longo da raia em que aconteceu os saltos (externamente a raia) distanciados cinco metros (5 m) um do outro – considerando o centro da base do cone, sendo que nos vinte e cinco metros (25 m), que foi a distância determinada para avaliar a eficiência da saída dos atletas, são posicionados dois (2) cones paralelos um de cada lado da raia. As hastes flutuantes também foram posicionadas

separadas a uma distância de cinco metros (5 m) e paralelamente aos cones, porém do lado oposto. Em relação as câmeras os cones ficaram posicionados na parte posterior da imagem, ficando as hastes anteriormente na imagem. (Figura 19)



*Figura 20 - Distância dos marcadores submersos (5 e 10 metros) - (banco de dados do autor)*

As hastes de 60 centímetros foram posicionadas uma a cinco metros (5m) e a outra a dez metros da borda da piscina – bloco – posicionadas no meio da raia sobre a linha no fundo onde estavam sendo realizadas as avaliações (Figura 20).

Após o correto posicionamento dos marcadores, foi acionada a câmera submersa primeiramente, durante dois minutos para captação dos marcadores submersos. Após este tempo os mesmos foram retirados e as demais câmeras foram acionadas para iniciar as filmagens das saídas.

### **3.7.2. Calibração do Kinovea 0.8.24**

Antes de editar os vídeos individualmente foi necessário fazer a calibração do vídeo submerso pois os marcadores apareceram somente na parte inicial do vídeo (durante os dois primeiros minutos) e os mesmos foram retirados para a execução dos saltos devido ao seu posicionamento (no meio da raia onde o atleta fez os tiros – 5 e 10 metros). Os demais vídeos não houve esta necessidade de se realizar uma única calibração, pois, os marcadores permaneceram durante todo o teste (presos as raias externamente).

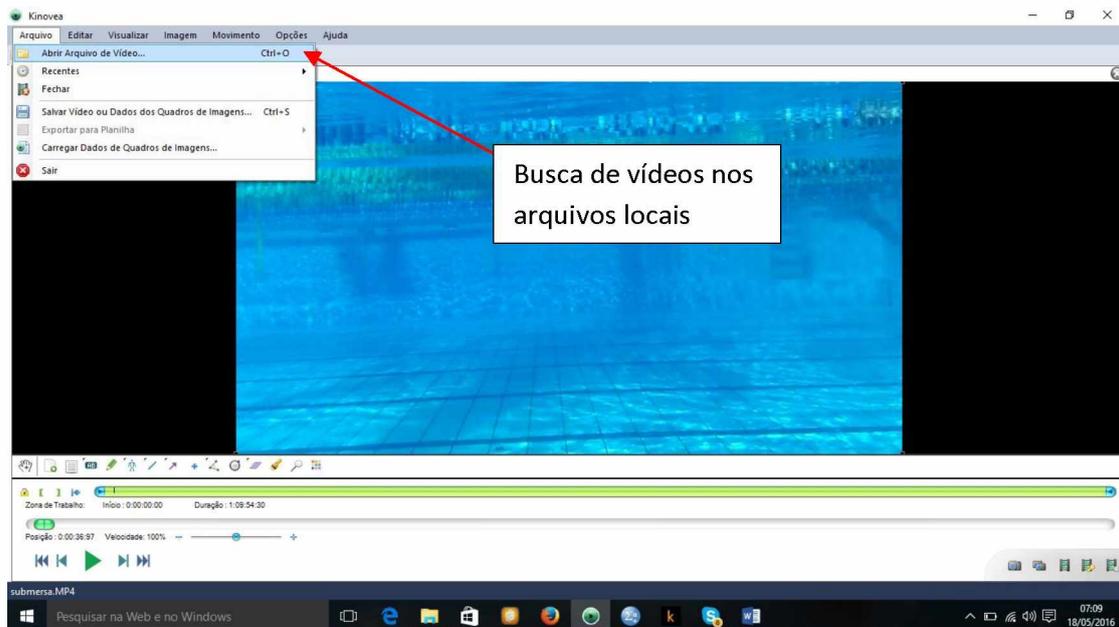
Para a calibração do software, foi utilizado como referência a distância entre os marcadores posicionados na piscina. Desta forma foi possível capturar os dados de trajetória, distância total e horizontal, velocidade e aceleração em todas as fases da saída.

Sendo assim neste capítulo iremos descrever como ocorreu o procedimento de calibração do software e o passo a passo de cada etapa da coleta.

### **3.7.3. Calibração da filmagem submersa**

Na calibração das imagens submersas a primeira preocupação foi conseguir visualizar tanto os marcadores como a linha central da raia no fundo da piscina. Da mesma forma foi necessário saber a profundidade da piscina (2 metros de profundidade) e as distâncias dos marcadores (estabelecemos 5 metros).

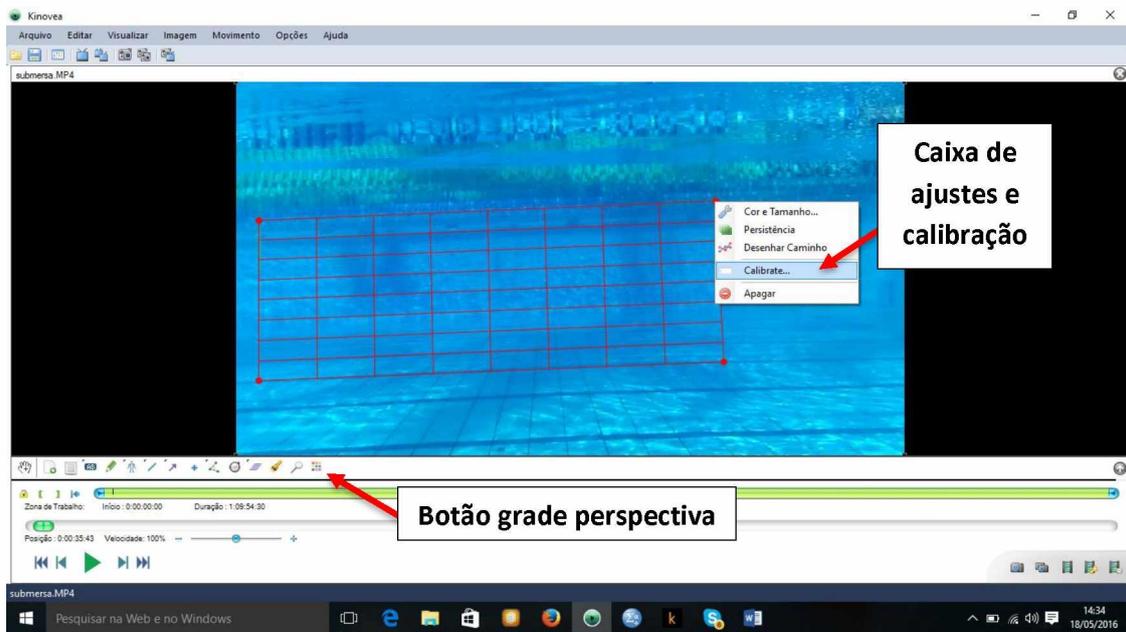
De posse destas informações foi aberto o vídeo no Kinovea, para isto foi necessário clicar na aba arquivo posicionada do lado esquerdo no alto da tela inicial e clicar em abrir arquivo de vídeo, ou somente apertar Ctrl + O e pesquisar a localização do vídeo em pastas de arquivo no computador.



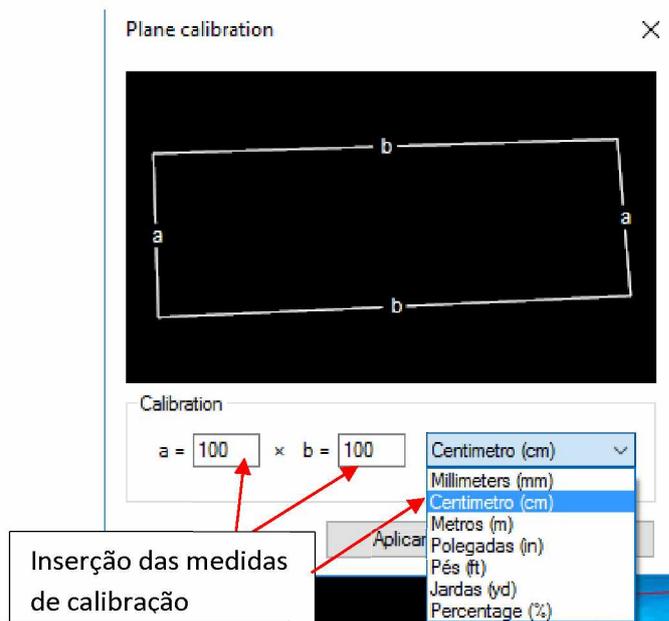
*Figura 21 - Buscar arquivo de vídeo*

Para se calibrar o vídeo no programa foi posicionado o cursor do mouse sobre o ícone grade de perspectiva  e foi acionado o botão esquerdo, ao posicionar o cursor em cima do vídeo aparece uma cruz, ao clicar com o botão esquerdo sobre a imagem surgiu uma grade, com a grade no vídeo foi posicionado o cursor na lateral da mesma e desta forma arrastou-se clicando o botão direito do mouse, para o posicionamento da mesma na área demarcada pelos marcadores e a linha no fundo da piscina. Com a grade posicionada foi possível trocar a cor da grade e executar a calibração, posicionando o cursor na lateral da grade e clicando com o botão direito do mouse, como é possível observar na imagem a seguir (como demonstrado na figura 22).

Quando clicado o ícone “calibrar” na caixa de ferramentas habilita uma nova caixa com a nomenclatura “plano de calibração”, nesta caixa observa-se as letras correspondentes as distâncias, sendo que a letra “a” correspondia à profundidade da piscina e a letra “b” correspondia a distância entre os marcadores. Ao lado do local onde foram inseridas as distâncias há um botão de opções, que ao clicar surgem outras opções de medidas (milímetros, centímetros, metros, polegadas, pés, jardas e porcentagem) – (Figuras 22 e 23).



*Figura 22 - Calibração do vídeo no Kinovea*



*Figura 23 - Caixa de calibração através de um plano*

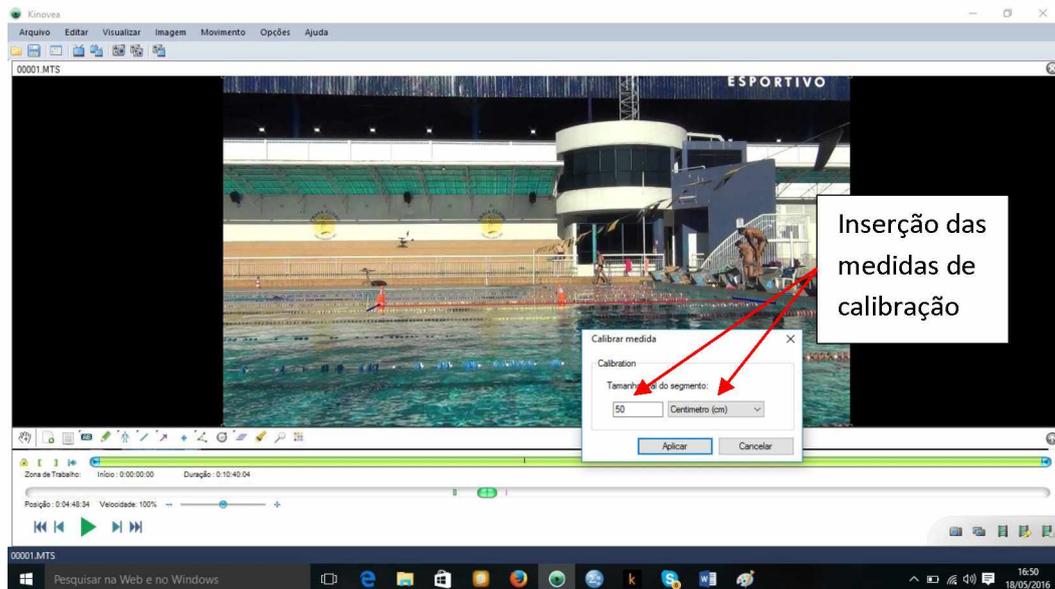
### 3.7.4. Calibração das imagens externas

A calibração das filmagens externas não pode seguir a mesma forma de calibração em plano como na filmagem submersa, pois não havia referências acima e abaixo do plano onde o atleta se deslocava. Desta forma, para realizar a calibração das imagens externas foram traçadas linhas na borda lateral da piscina na superfície da água entre os engates das raias e outra entre os marcadores na marca de dez metros (10 m), depois foi traçada uma linha centralizada, que ficou orientada através da faixa central da lateral da piscina até o centro da linha traçada nos 10 metros, todas as linhas são introduzidas ao clicar na ferramenta linha .



*Figura 24 - Posicionamento das linhas de calibração das imagens externas*

Após traçadas as linhas, foi posicionado o cursor sobre a linha que determina a distância a ser calibrada e foi acionado o botão direito do mouse, surgindo uma nova caixa de ferramentas foi clicado em “calibrar”. Após o clique surge uma nova janela com a nomenclatura de “calibrar medida, a qual deve seguir o mesmo procedimento da calibração submersa, porém apenas uma medida é inserida.



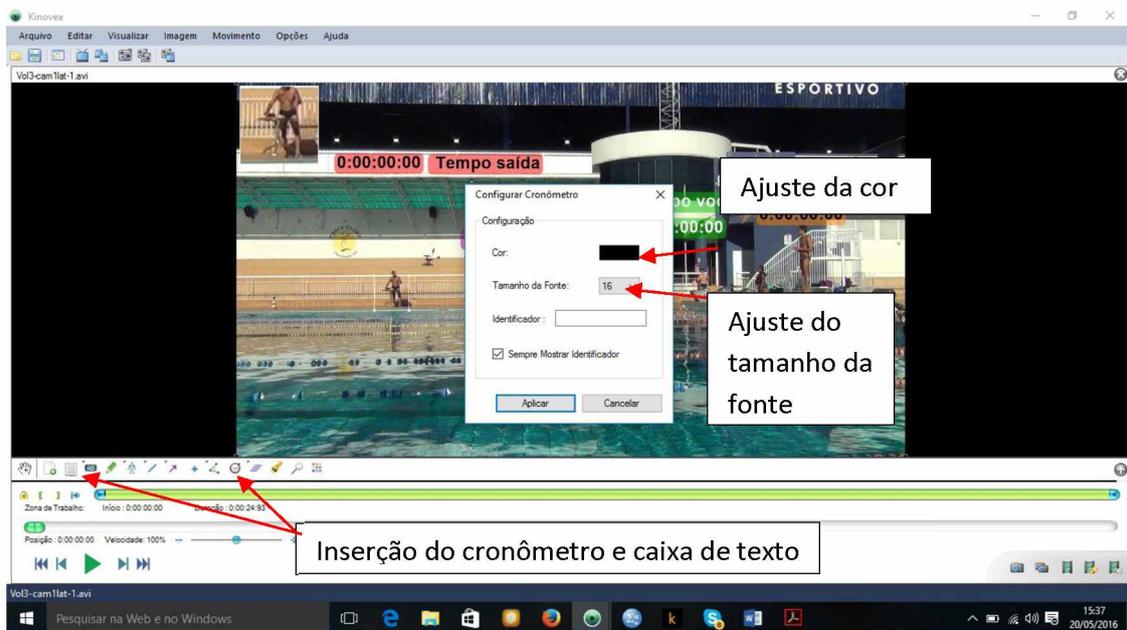
*Figura 25 - Caixa de calibração através de uma linha*

### 3.7.5. Ferramentas Cronômetro, Lupa e Caixa de diálogo

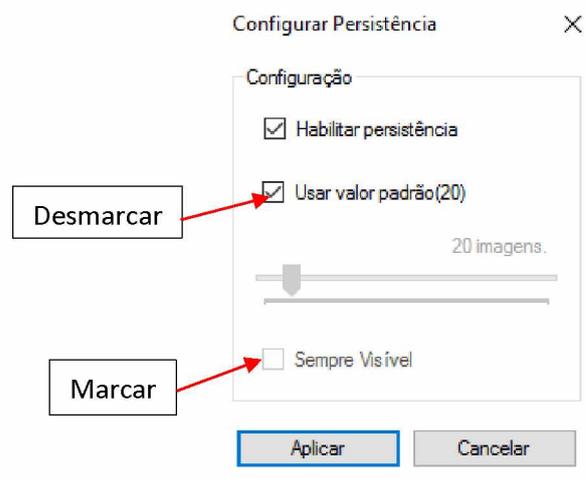
Para a edição dos saltos foram inseridos por meio de ferramentas, objetos na filmagem para facilitar a observação e acompanhamento dos dados. Um destes objetos é o cronômetro, o qual foi utilizado para determinar dados como tempo total nos 25 metros após o sinal de partida, tempo de bloco, tempo de voo, tempo submerso e tempo de nado. Para a inserção destes cronômetros foi necessário posicionar o cursor em cima da ferramenta cronômetro , clicou-se com o botão esquerdo do mouse no ícone cronômetro e posicionou-se o cursor do mouse sobre a imagem e no local desejado foi clicado o botão esquerdo do mouse. Para o ajuste do tamanho da fonte e a cor do cronômetro foi clicado com o botão direito sobre o cronômetro e surgiu uma nova caixa de ferramentas onde foi clicado em configurações. Ao clicar em configurações surgiu uma caixa com a nomenclatura “configurar cronômetro” onde foram ajustados o tamanho e a cor do cronômetro.

Após a inserção dos cronômetros foram inseridos caixas de texto para a identificação de cada cronômetro, para a inserção das mesmas foi clicado com o botão esquerdo do mouse no ícone “texto” , depois ao lado dos cronômetros foi acionado

o botão esquerdo do mouse. Para o ajuste da cor e da fonte, o botão direito do mouse foi acionado sobre a caixa de texto e aparece uma pequena caixa de ferramentas com a opção de “cor e tamanho”.



*Figura 26 - Inserção e ajustes do Cronômetro e caixa de texto*



*Figura 27 - Caixa de configuração da persistência de objetos inseridos no filme*

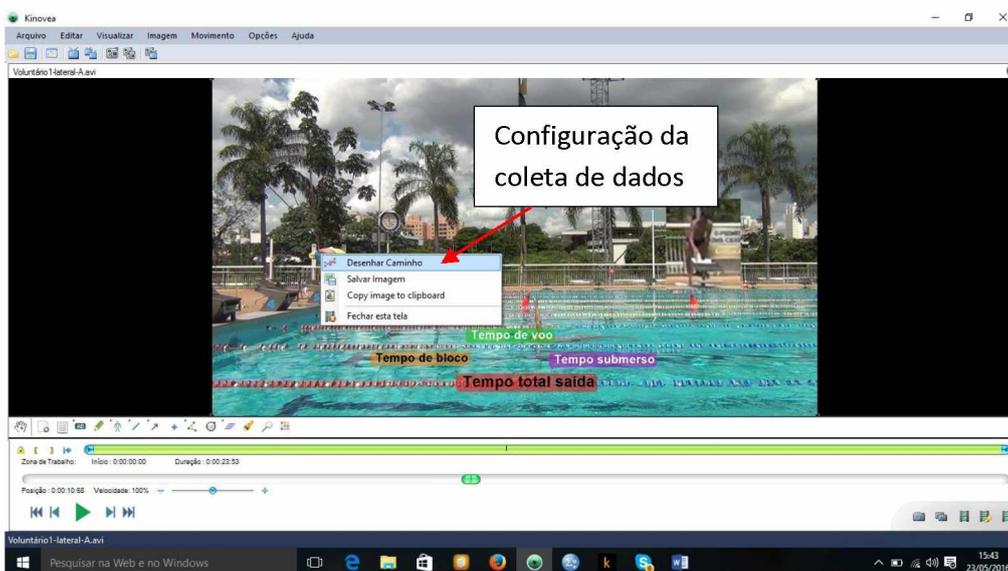
Tanto os cronômetros inseridos e as caixas de texto, por convenção se desabilitam após vinte (20) quadros, para modificar e manter os cronômetros e as caixas de texto

durante toda a filmagem, foi necessário posicionar o cursor sobre cada item e clicar o botão direito, desta forma habilitava a caixa de ferramentas com a opção de “persistência” a qual quando clicada e habilitava uma nova janela com a nomenclatura “configurar persistência”. Primeiramente se faz necessário clicar sobre o quadrado marcado do item – usar valor padrão (20) – para desativá-lo e em seguida foi selecionado o item sempre visível.

Outra ferramenta muito utilizada e de muita eficiência para a sincronização dos vídeos foi a ferramenta “lupa” , utilizada para a melhor visualização das luzes do sincronizador. Para inserir o zoom na área determinada do vídeo foi utilizado o mesmo procedimento dos demais objetos, no entanto, ao ser posicionado a ferramenta no local de análise habilita um quadrado com a imagem ampliada do local determinado no canto esquerdo do vídeo. A área selecionada pode ser ampliada, posicionando o mouse na lateral do quadro e clicando o botão direito arrastando o mouse, desta forma ampliando a área ampliada.

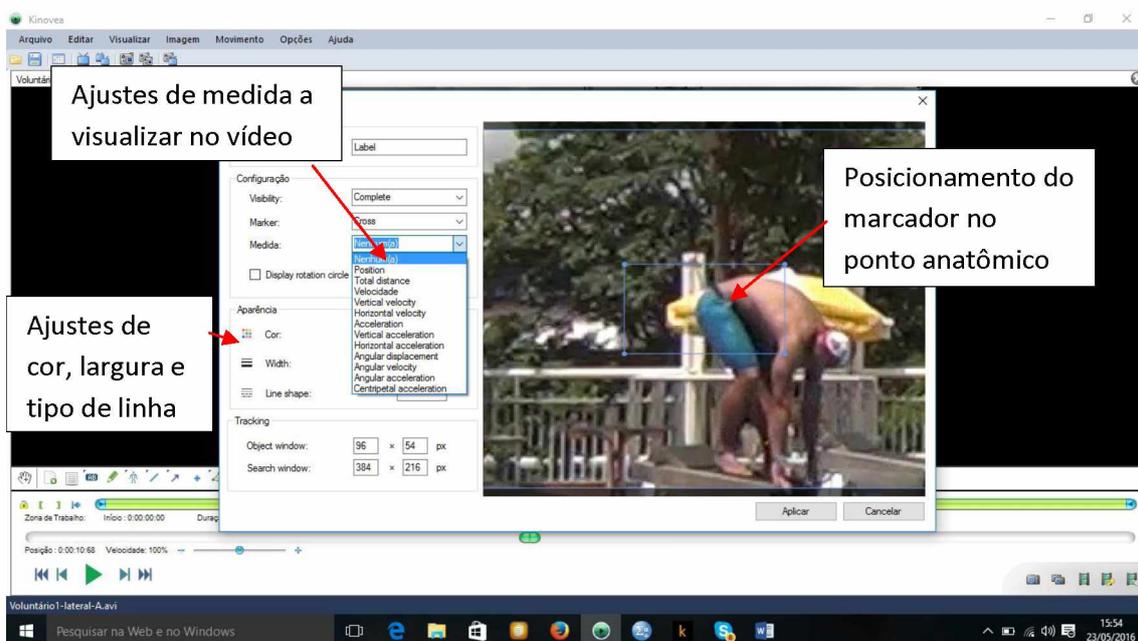
### 3.7.6. Coleta de dados no Kinovea

Para realizar a estimativa da velocidade e da aceleração no Kinovea 0.8.24, foi necessário fazer a correta calibração, após a calibração do vídeo clicou-se com o botão direito do mouse sobre o local de análise (quadril e mão) onde surgiu uma nova janela com a opção “desenhar caminho”.



*Figura 28 - Seleção da ferramenta desenhar caminho*

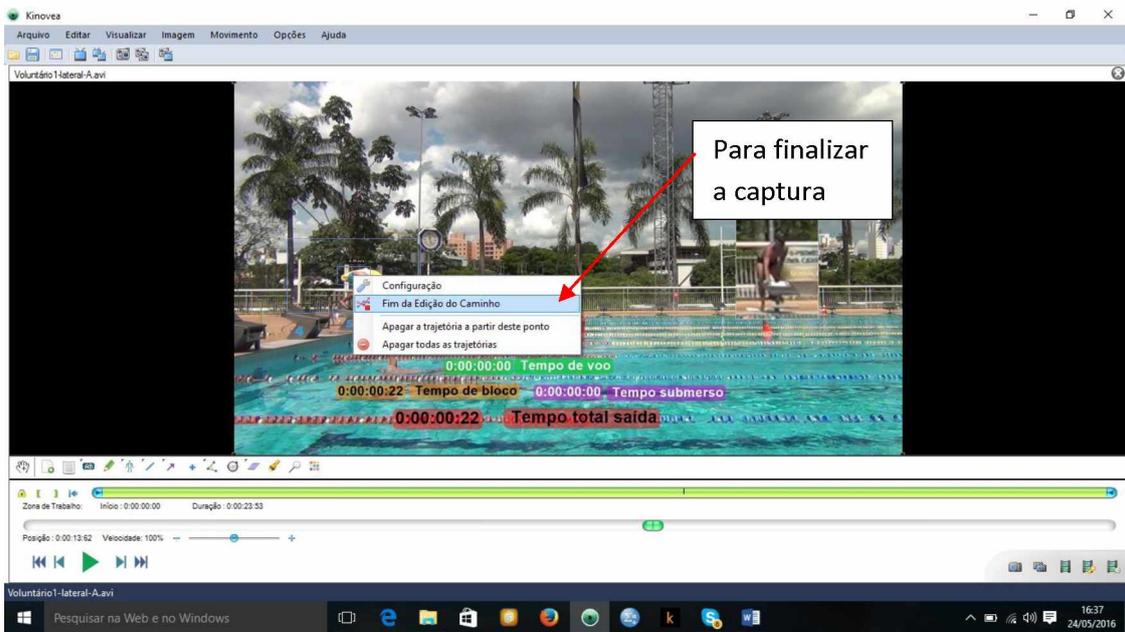
Após clicar no item surge um quadrado grande com um quadrado menor dentro e no centro uma cruz, o qual foi clicado com o botão direito do mouse surgindo uma nova janela a qual foi selecionado o item “configurações”, surgindo uma nova janela com a nomenclatura “configurar ferramenta de trajetória” na qual é possível modificar a cor, a largura da linha, tipo de linha e o tipo de medida desejado (posição, distância total, velocidade, velocidade vertical, velocidade horizontal, aceleração, aceleração vertical, aceleração horizontal, deslocamento angular, velocidade angular, aceleração angular, aceleração centrípeta). Para a pesquisa foi selecionado as linhas na cor vermelha e como medida usamos em todos os voluntários a medida velocidade. Após todos os ajustes na imagem ao lado dos ajustes o alvo foi posicionado exatamente sobre o marcador posicionado no ponto anatômico do quadril e depois no da mão, e posteriormente foi clicado o botão aplicar.



*Figura 29 - Quadro de configuração da trajetória*

Após a configuração dos dados para a estimativa da trajetória, novamente o software retorna a página principal com um marcador sobre o local no qual foi configurado. Para obtenção mais correta dos dados o vídeo foi passado quadro a quadro, para isto pode ser utilizado duas maneiras, uma utilizando os botões direcionais no teclado do computador, que foi utilizado quando era analisado apenas um vídeo. Quando forem

analisados dois vídeos ao mesmo tempo (o software permite a edição de vídeos em conjunto posicionados um ao lado do outro), pode ser utilizado o botão central de rolagem, posicionando o cursor do mouse sobre o vídeo preferido e utilizando a rolagem para frente para adiantar e para trás e retroceder a imagem.



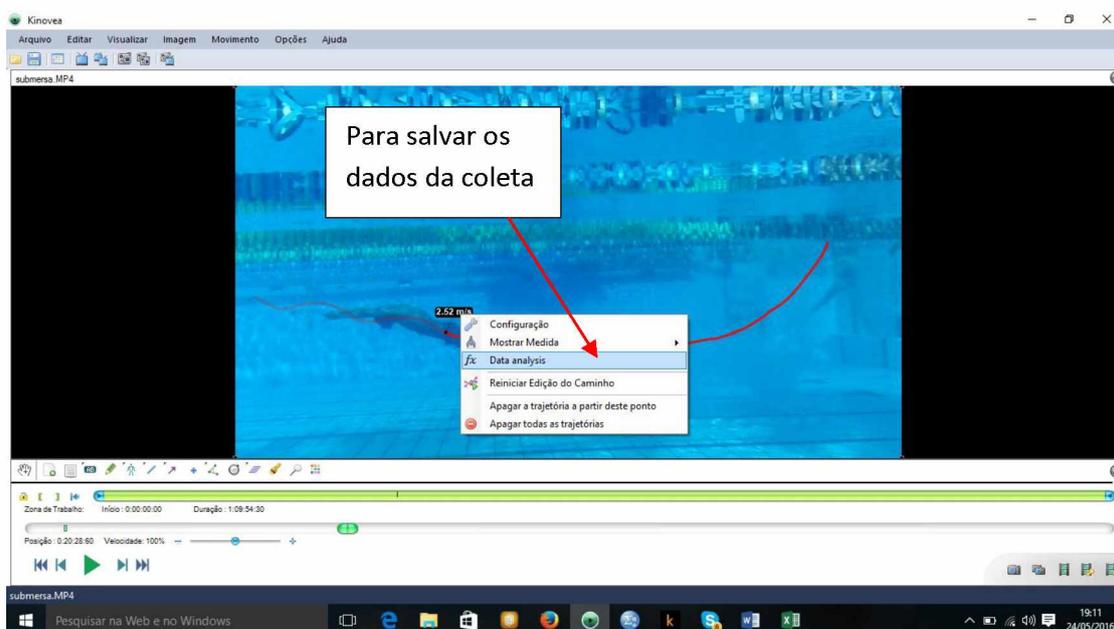
*Figura 30 – Finalização da captura de dados da trajetória*



*Figura 31 - Trajetória e velocidade editada no vídeo – (banco de dados do autor)*

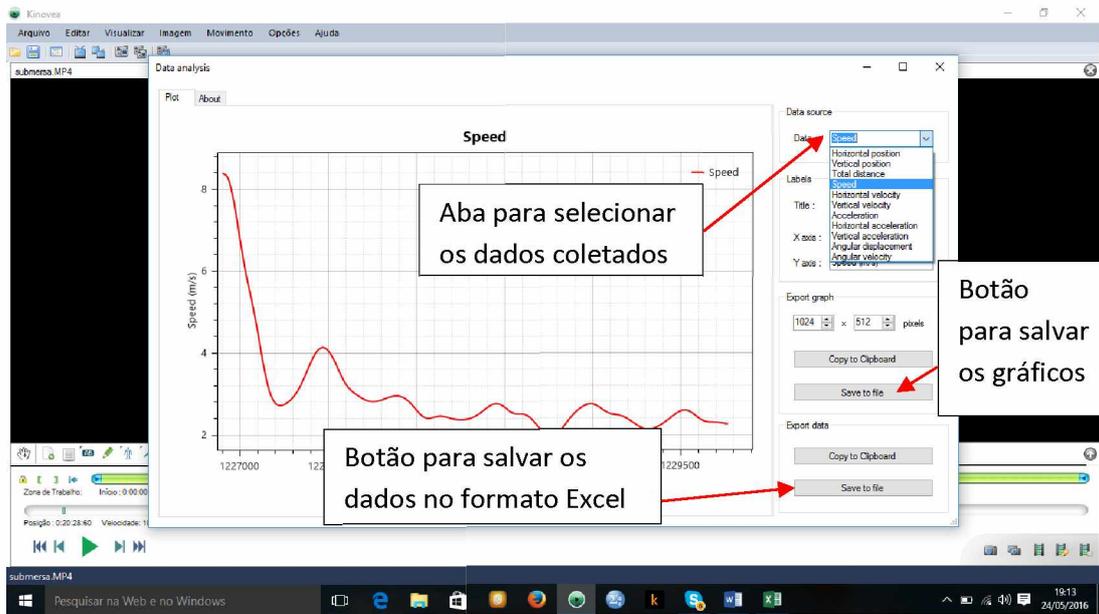
Com a utilização do quadro a quadro foi possível o acompanhamento correto do marcador da trajetória, que acompanha o local do corpo marcado a cada clique do botão direcional, no entanto, em algumas situações foi necessário a correção do posicionamento do marcador arrastando-o com o mouse para a posição correta, no final da trajetória com o cursor do mouse sobre o ponto final da trajetória, foi acionado o botão direito do mouse e surgiu uma nova janela na qual foi clicado o item “Fim da Edição do Caminho”, o qual voltou para a tela principal, aparecendo toda a trajetória percorrida e a velocidade no instante.

Para a análise dos saltos foram utilizados dados fornecidos pelo software, que foram adquiridos clicando com o botão direito sobre a trajetória ou o mostrador de velocidade surgindo uma nova janela e foi clicado no item  “Data analysis”.



**Figura 32** - Forma de salvar os dados no formato Microsoft Excel

Ao clicar no item, surgiu uma nova janela com o gráfico da velocidade no trajeto coletado e quatro botões para exportar/salvar os gráficos e os dados. Nesta mesma janela era possível selecionar os dados a serem coletados.



*Figura 33 - Janela para salvar dados e gráficos*

### 3.7.7. Ajuste dos dados das câmeras no Microsoft Excel

Como os dados foram coletados em quatro câmeras diferentes, quando salvos, os mesmos possuíam tempos de streaming diferentes, mostrando-se uma das limitações deste método, para isto foi preciso fazer ajustes no Microsoft Excel®, para que os dados coletados correspondessem ao tempo do vídeo. Para isto, primeiro foi ajustado o tempo de prova, no qual foi preciso abrir o vídeo e observar o tempo decorrido entre o sinal visual do sincronizador de imagem e o momento em que aparece o início da coleta de dados. Ao lado do tempo de streaming foi anotado este tempo em segundos, para o cálculo dos tempos dos outros dados foi utilizado a fórmula:

$$T_1 = ((ts^1 - ts^0) / 1000) + T_0$$

Sendo:  $T_1$  (Tempo instantâneo),  $T_0$  (Tempo anterior coletado),  $ts^1$  (tempo de streaming anterior) e  $ts^0$  (tempo de streaming no instante).

Para a localização do exato momento do vídeo em determinado dado foi preciso ajustar o tempo de prova ao tempo do vídeo, que no caso na edição dos mesmos ficou determinado um tempo de cinco segundos do início do vídeo até o sinal de partida.

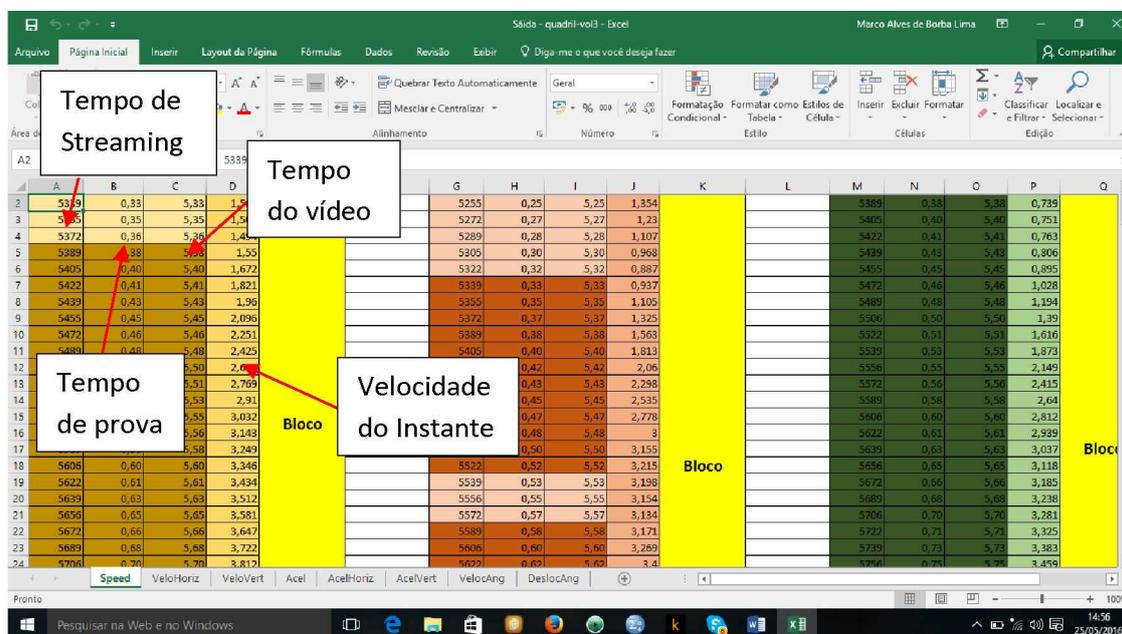
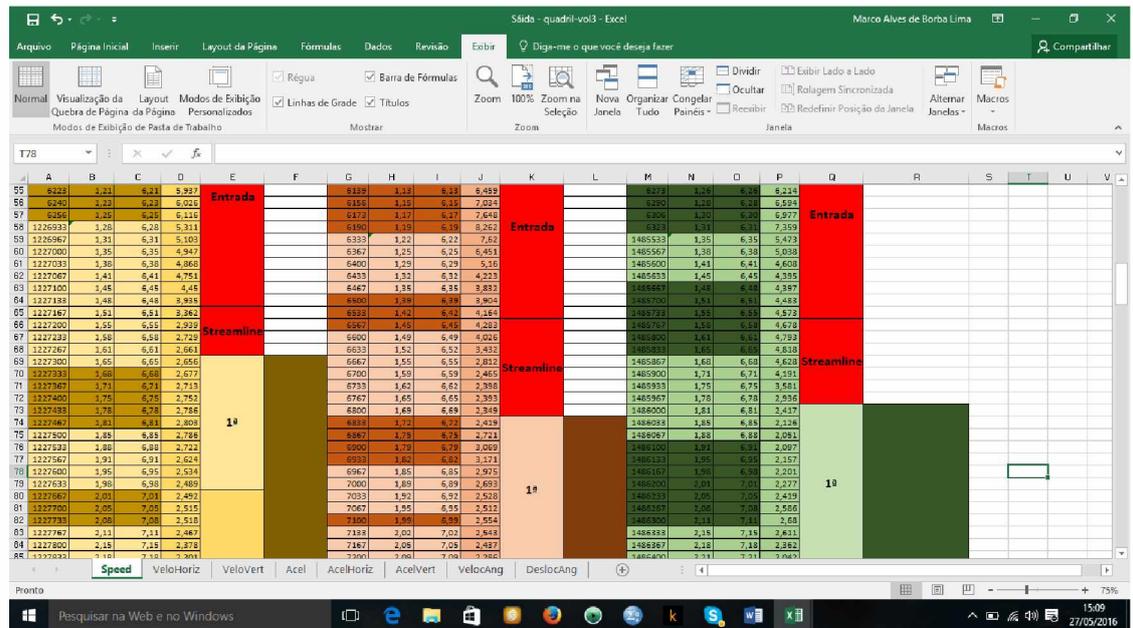
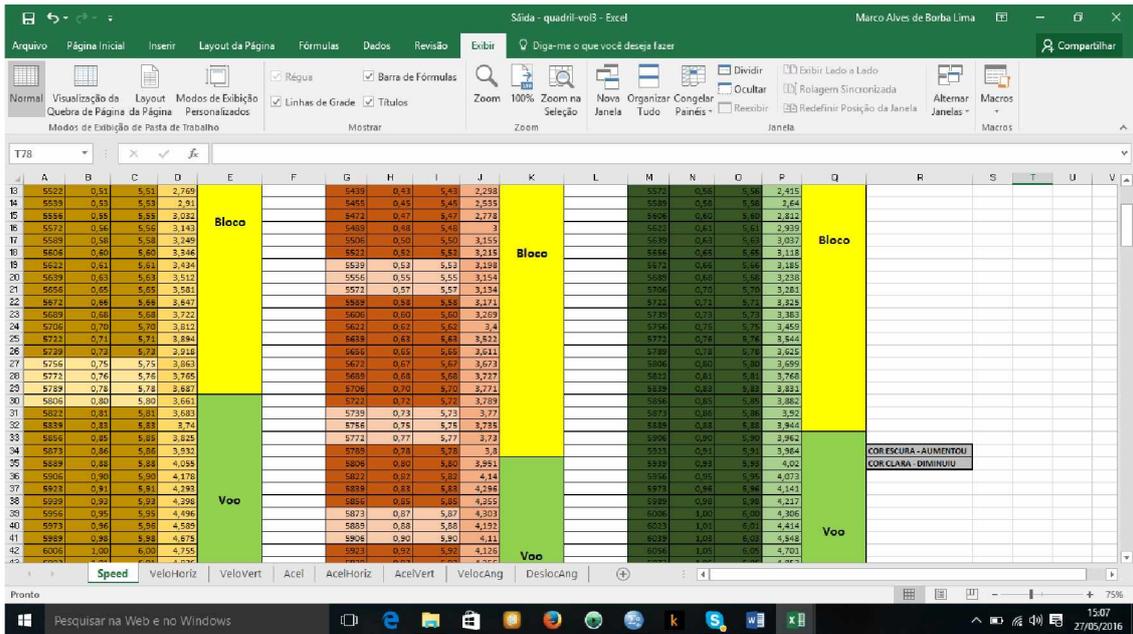


Figura 34 - Junção dos dados coletadas de diferentes câmeras no Microsoft Excel

Após os ajustes do tempo, as células foram destacadas com cores diferentes para indicar os momentos em que a velocidade aumentava ou diminuía (cor escura – aumenta e cor clara – diminui), pois desta forma permitiu-nos encontrar os picos nos gráficos para a separação das fases do salto. Com a separação das variações de velocidade dos saltos, novamente recorreremos aos vídeos para podermos separar os dados adquiridos para cada fase do salto (Bloco, Voo, Entrada, Streamline, Ondulação, Nado). Na fase de Ondulação foram definidos também o momento de cada ondulação. Estes dados separados, foram utilizados para identificar graficamente cada momento da saída, como poderemos verificar nos capítulos à frente.

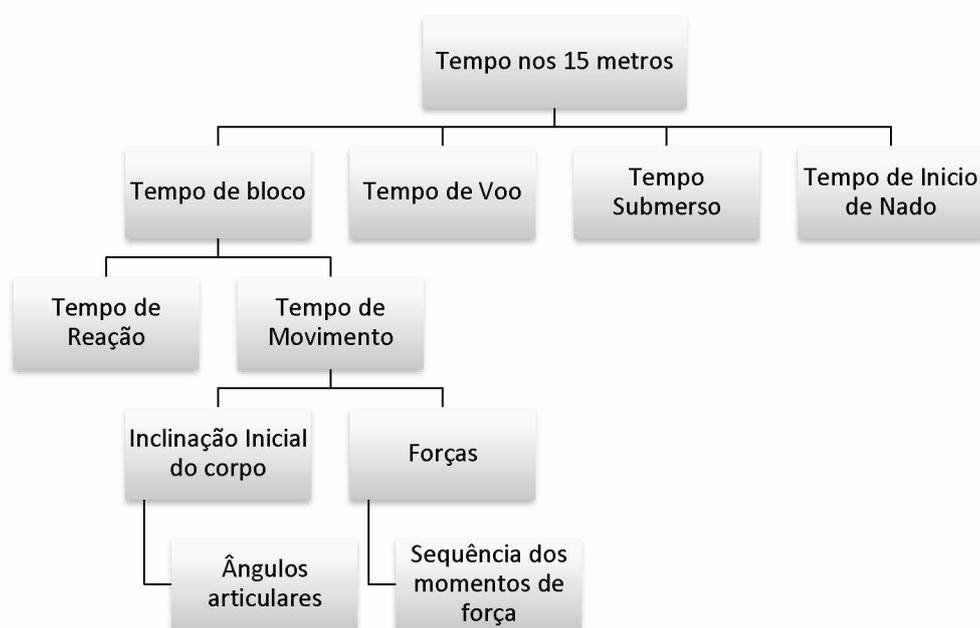


## CAPÍTULO 4

### 4. Análise dos dados coletados e Avaliação do método

#### 4.1. Metodologia utilizada para a análise biomecânica dos vídeos

Para a análise dos dados coletados utilizamos uma adaptação da metodologia de (SILVA et al., 2005), onde os mesmos criam uma proposta metodológica para a aquisição das técnicas de partida para provas de nado ventral.

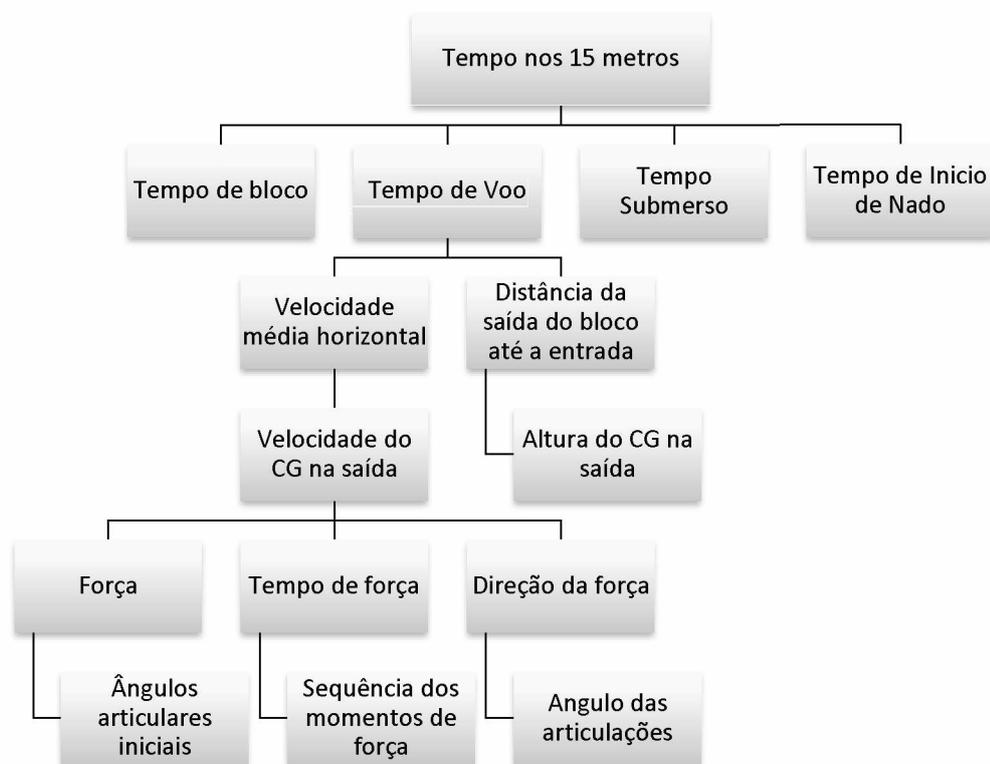


*Figura 36 - Modelo de análise para a saída ventral (tempo de bloco) - Adaptado de (SILVA et al., 2005)*

Neste organograma buscamos verificar o tempo de bloco que é o instante compreendido entre o sinal de partida, todos os movimentos de quadril, joelhos e tornozelos, até o momento em que o corpo perde o contato com o bloco de partida.

Para o tempo de voo buscamos analisar todos os movimentos de braço e quadril e suas influências na trajetória do corpo e ângulo de entrada na água. Esta fase ficou delimitada desde o momento em que o atleta perdia o contato com o bloco até o momento em que o mesmo tinha o contato da ponta do dedo médio na água.

Durante o tempo submerso buscamos analisar todas influências que a água impõe ao corpo e os movimentos desnecessários que aumentam o arrasto do corpo na água, pois esta fase compreende do primeiro contato com a água até o início da primeira braçada do nado.



**Figura 37** - Modelo de análise para a saída ventral (tempo de voo). Adaptado de (SILVA et al., 2005)

Desta forma esta fase foi dividida em três momentos diferentes: (1) Entrada – momento em que há o primeiro contato com a água e o momento em que o corpo tem a completa imersão; (2) Deslize (Streamline) – momento em que o corpo está totalmente imerso com os braços no prolongamento do corpo colados às orelhas e totalmente em extensão, quadril e pernas em extensão e alinhadas ao corpo; (3) Ondulação – momento em que começam os movimentos de quadril e joelhos até o primeiro movimento de braçada do nado.



**Figura 38** - Modelo de análise para a saída ventral (tempo Submerso). Adaptado de (SILVA et al., 2005)

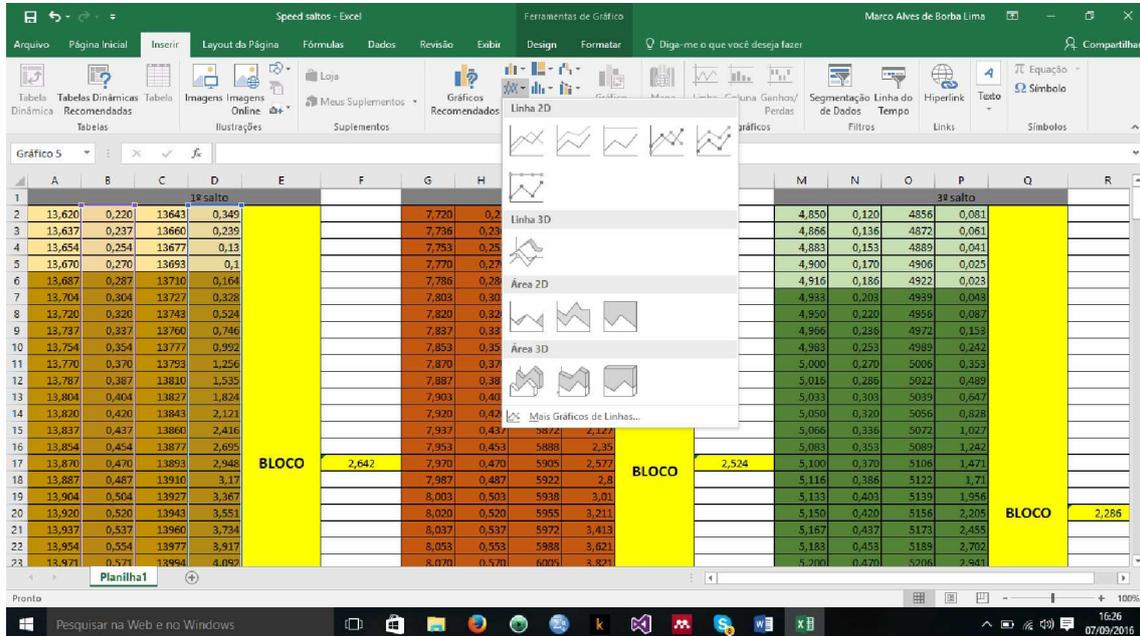
E como último momento da saída tem o início do nado, que é o momento em que o atleta inicia os movimentos de braços e pernas e rompe a superfície da água para o nado.

## 4.2. Plotagem e análise dos dados no Microsoft Excel 2016

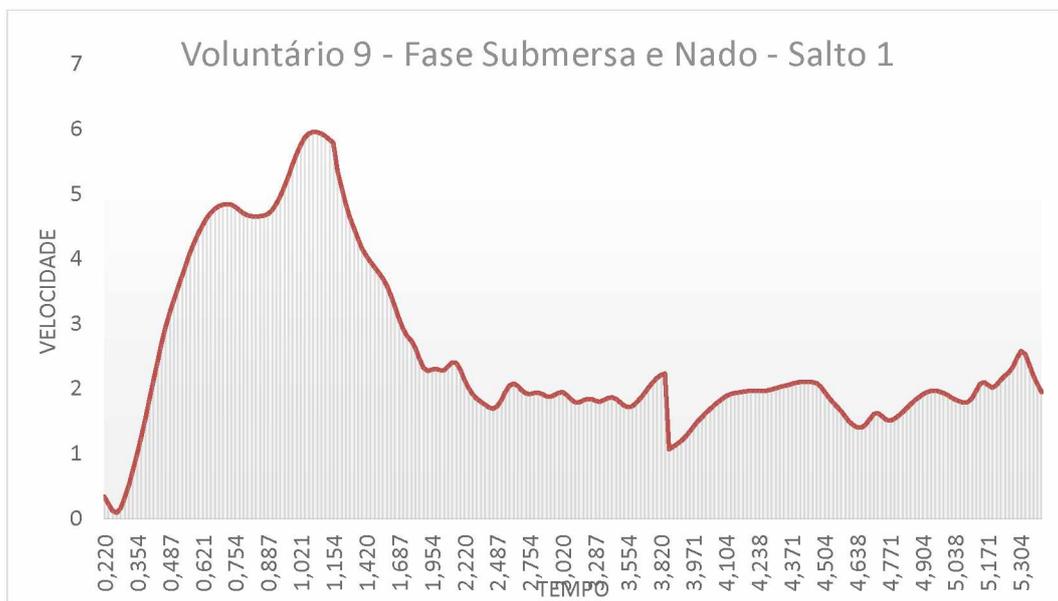
Após os ajustes de tempo no Microsoft Excel®, os dados de tempo e de velocidade do quadril foram selecionados para a criação dos gráficos de todas as fases da saída. A intenção de criar os gráficos de todas as fases da saída, foi facilitar a visualização e análise do todo, buscando encontrar as possíveis falhas não apenas por meio da visualização do vídeo, mas sim por meio da análise dos dados, para desta forma adquirir uma visão que representasse melhor a realidade da execução do gesto técnico, e tornasse possível a comparação entre as três tentativas. Através dos gráficos foi possível verificar todas as variações de velocidade que ocorreram durante o trajeto.

Para criar os gráficos, na página inicial do Microsoft Excel®, foi selecionado na parte superior da tela inicial o item **Inserir**, onde surge várias opções de ferramentas,

sendo *Gráficos* a opção escolhida, no item *Gráficos* selecionamos *Inserir Gráfico de Linhas ou de Áreas* surgindo logo abaixo as opções de gráficos, o qual foi selecionado.



*Figura 39 - Construção de gráficos no Microsoft Excel®*



*Figura 40 - Gráfico da saída plotado no Microsoft Excel®*

Para comparar as três saídas foram arrastadas as três variáveis de velocidade para o retângulo do eixo Y. Com o gráfico dos três saltos juntos foi possível verificar diferenças entre cada salto, mostrando falta ou não de padrão.

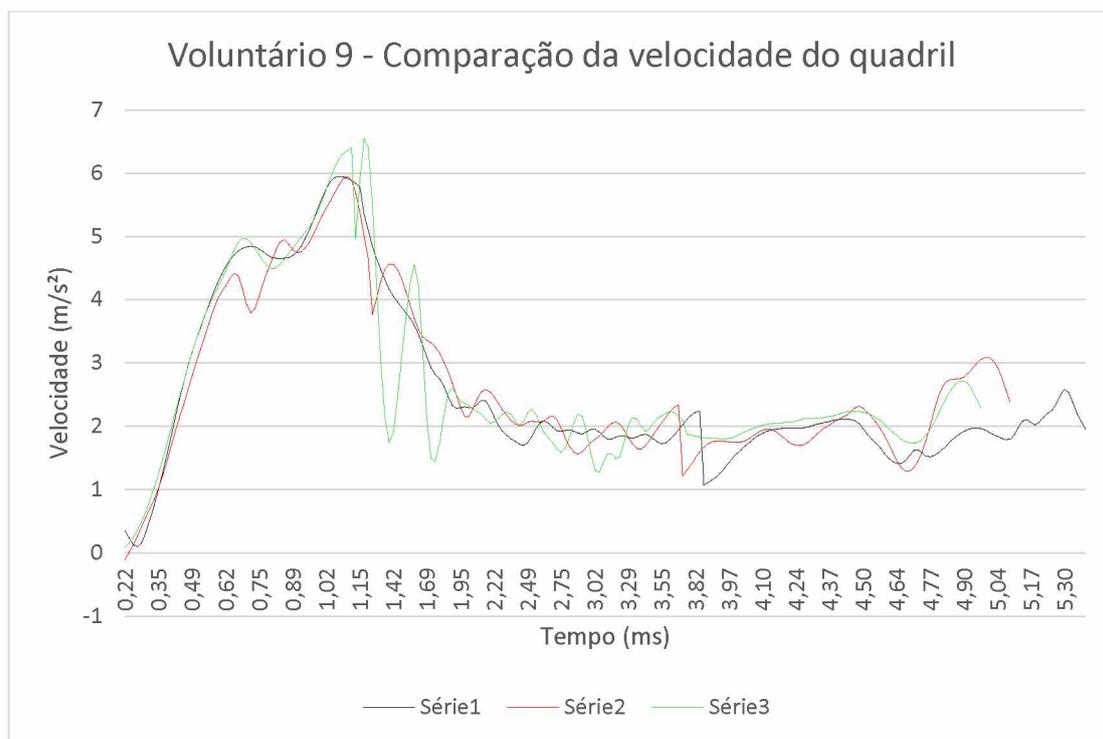


Figura 41 - Gráfico de comparação entre os três saltos

#### 4.2.1. Divisão dos gráficos em cores por fase da saída

Com os gráficos plotados utilizamos a programa Paint , do Windows 10, para delimitar as fases do salto no gráfico, colorindo com cores diferentes as fases aérea, submersa e de nado. Para isto utilizamos como referência os dados no Microsoft Excel. Primeiro traçamos linhas separando cada fase no gráfico utilizando a ferramenta “linha”. Observando os valores de tempo no eixo X, foi puxado uma linha da base do gráfico até a linha de análise do gráfico. Posteriormente utilizamos a ferramenta “preencher com cor” para colorir a área do gráfico correspondente a determinada fase. Por último utilizamos a

ferramenta “texto” para determinarmos no gráfico, momentos em que cada etapa foi realizada.

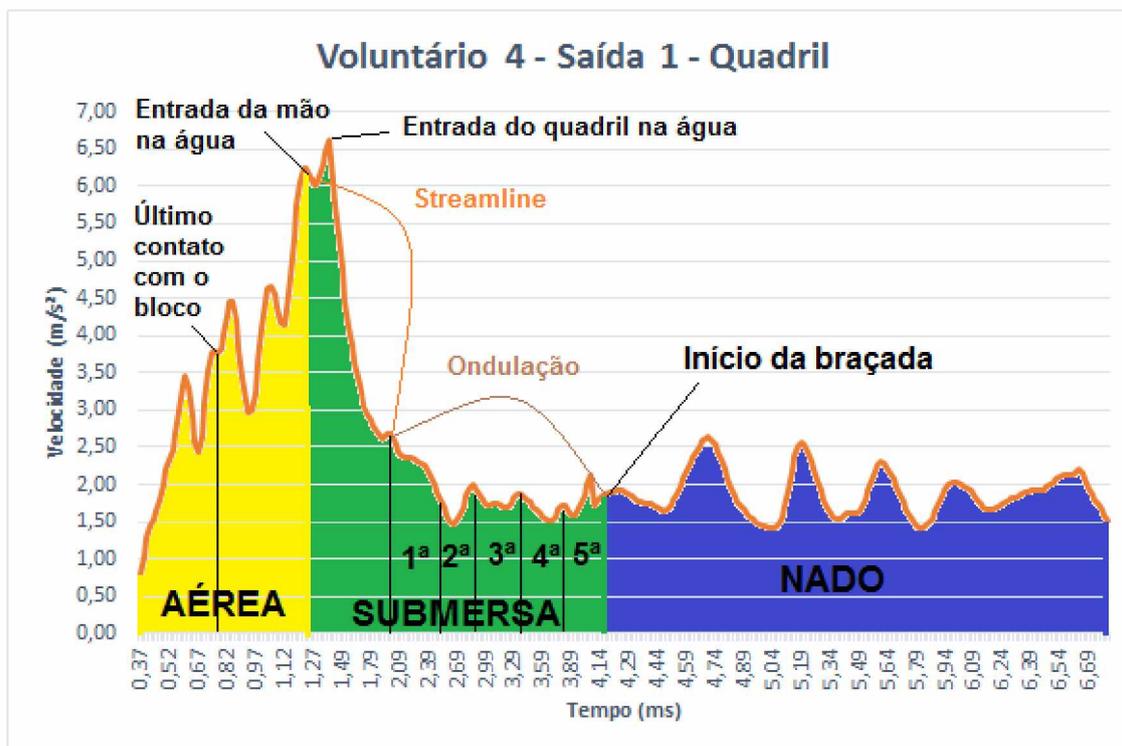


Figura 42 - Gráfico colorido separando as fases e as etapas do salto

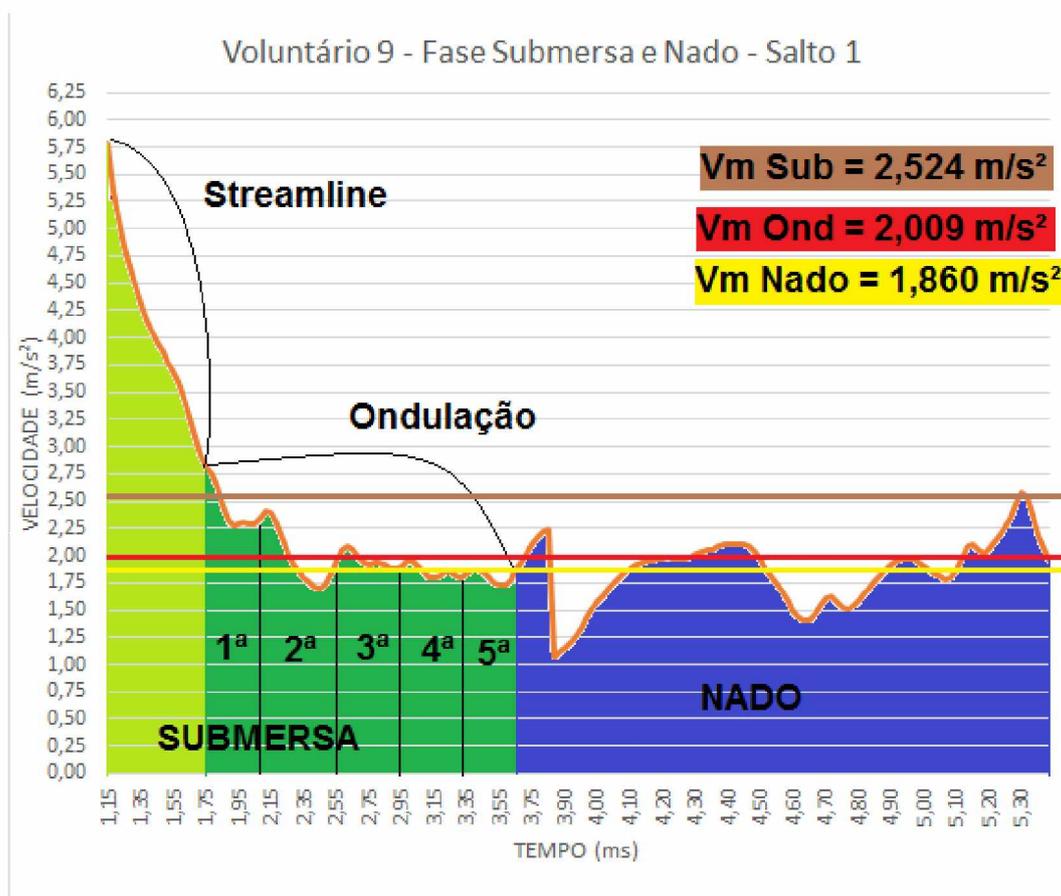
#### 4.2.2. Cálculo das Velocidades médias de cada fase

Para a análise da eficiência da fase Submersa, utilizamos o Microsoft Excel para calcular a velocidade média da fase submersa (da completa imersão do corpo até o início da braçada), a velocidade média da fase de ondulação (do primeiro movimento de quadril e pernas até o início da braçada) e a velocidade média de nado (do início da braçada até o fim da coleta). Após a divisão das fases, foi calculado as velocidades médias de Streamline, de ondulação e de nado, utilizando a fórmula:

$$Md = \frac{(x^1 + x^2 + x^3 + \dots + x^n)}{n}$$

Sendo: x (valores de velocidade nas fases) e n (número de dados da fase).

Com os valores da velocidade média em cada fase calculados, traçamos linhas horizontais no gráfico representando as velocidades médias utilizando como base os valores do eixo Y. Desta forma foi possível observar as diferenças entre as velocidades.



*Figura 43 - Inserção das linhas de velocidade média das fases no gráfico*

## CAPÍTULO 5

### 5. Apresentação e Discussão dos Resultados

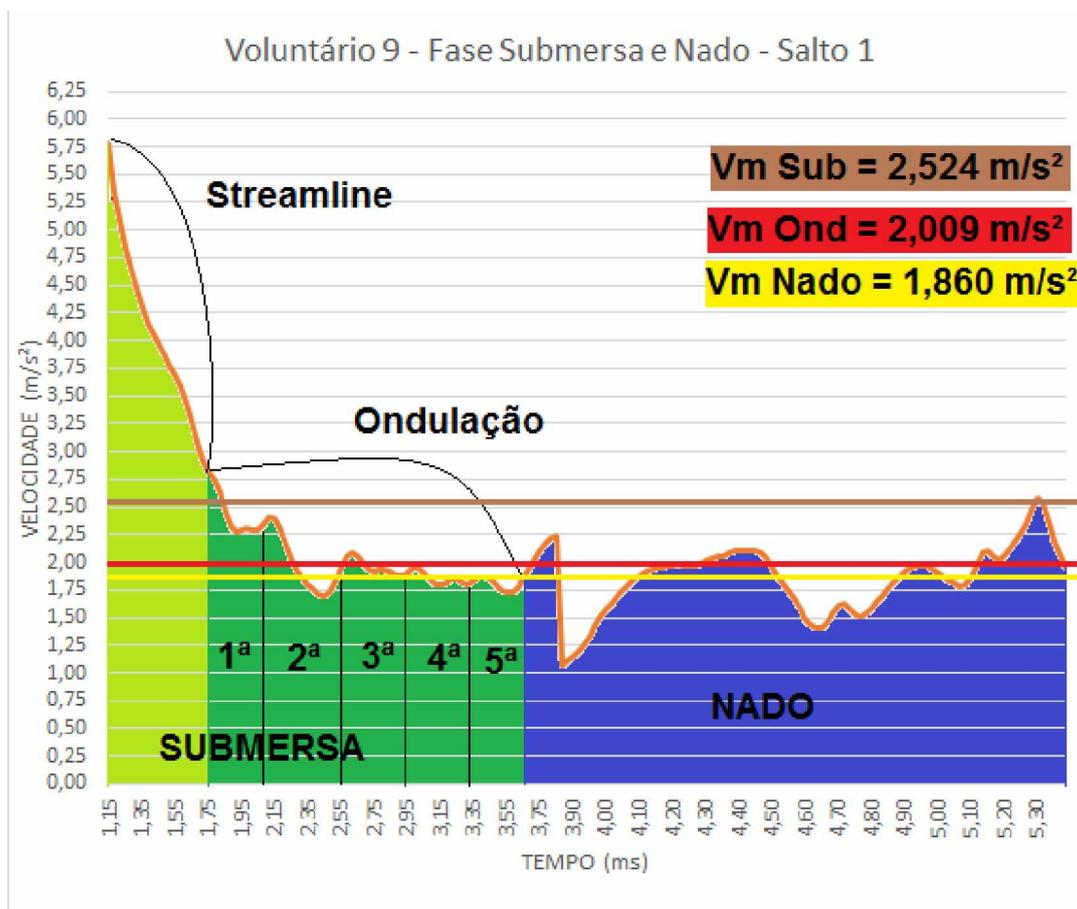
Com base em pesquisas citadas anteriormente [Slawson et al. (2010); Cossor & Mason (2001); Elipot et al. (2010); Havriluk (2007); Houel et al. (2013); Lyttle et al. (2000)], verificamos que a fase submersa possui grande influência no resultado final de uma prova de natação, principalmente em provas rápidas (50 e 100 metros), e que a velocidade média de nado de atletas de alto rendimento em natação é aproximadamente 1,8 a 2,0 m/s, com base nestes dados é possível definir que, para que o atleta tenha um melhor rendimento da fase inicial, ele deve manter a fase submersa a uma velocidade acima, porém aproximada, e que a velocidade ideal para se iniciar a ondulação é algo em torno de 1,8 a 2,2 m/s, mantendo-se em posição de Streamline entre os 6 a 7 metros iniciais.

Desta forma buscamos analisar o rendimento dos voluntários nos gráficos, tendo como base a velocidade média da fase submersa, a velocidade média da fase de ondulação e a velocidade média da fase de nado, sabendo que independentemente do nível e da velocidade de nado do voluntário, a velocidade média da fase de ondulação não poderia ser inferior e nem excessivamente superior a velocidade média da fase de nado, pois com uma velocidade inferior o atleta teria que realizar mais força para atingir a sua velocidade de nado, e no caso de sair com uma velocidade superior, o mesmo sofreria uma frenagem (arrasto de forma), diminuindo sua velocidade e perdendo tempo.

Ao analisar os dados do gráfico do primeiro salto do voluntário 9, deparamos com uma situação, onde a velocidade média submersa ( $2,525 \pm 1,017$ ), de ondulação ( $2,010 \pm 0,270$ ) e de nado ( $1,861 \pm 0,299$ ), seguem um padrão ideal, pois as mesmas diminuem gradativamente, e dentro do padrão exposto pelos autores acima relatados.

É importante firmar que a proximidade dos dados de velocidade média de ondulação e velocidade média de nado foi encontrado nesta situação, o que demonstra uma efetividade da fase submersa (Figura 44). Outro fator importante a ser observado é que a maioria dos dados da fase de ondulação (foram realizadas cinco ondulações antes do início do nado) estão 7,4% acima da velocidade média de nado, que nos mostra que a

fase de ondulação deste atleta está sendo bem realizada, pois não há grandes variações da velocidade de ondulação abaixo da média da velocidade de nado e a velocidade no final da última ondulação (1,736 m/s) está muito próxima da velocidade média de nado (1,860 m/s) correspondendo a 6,7% abaixo da velocidade média de nado.



**Figura 44** - Gráfico de comparação das Velocidades médias do 1º salto do voluntário 9

Quando observamos o vídeo da saída podemos observar um bom aproveitamento da fase aérea, pois na fase de voo o voluntário mantém um posicionamento do corpo bastante retilíneo, com um pequeno ângulo de extensão entre os braços e o tronco, que o auxiliará no posicionamento do corpo para a entrada na água. O ângulo de entrada em trinta e nove graus (39°), onde (SILVA et al., 2005) diz que o ângulo de entrada ideal para alinhar corretamente os segmentos corporais para diminuir a resistência ao deslocamento deve girar entre 30° e 40°, o auxilia a manter a velocidade horizontal do corpo sem sofrer muita resistência da água na entrada. No entanto, no momento em que

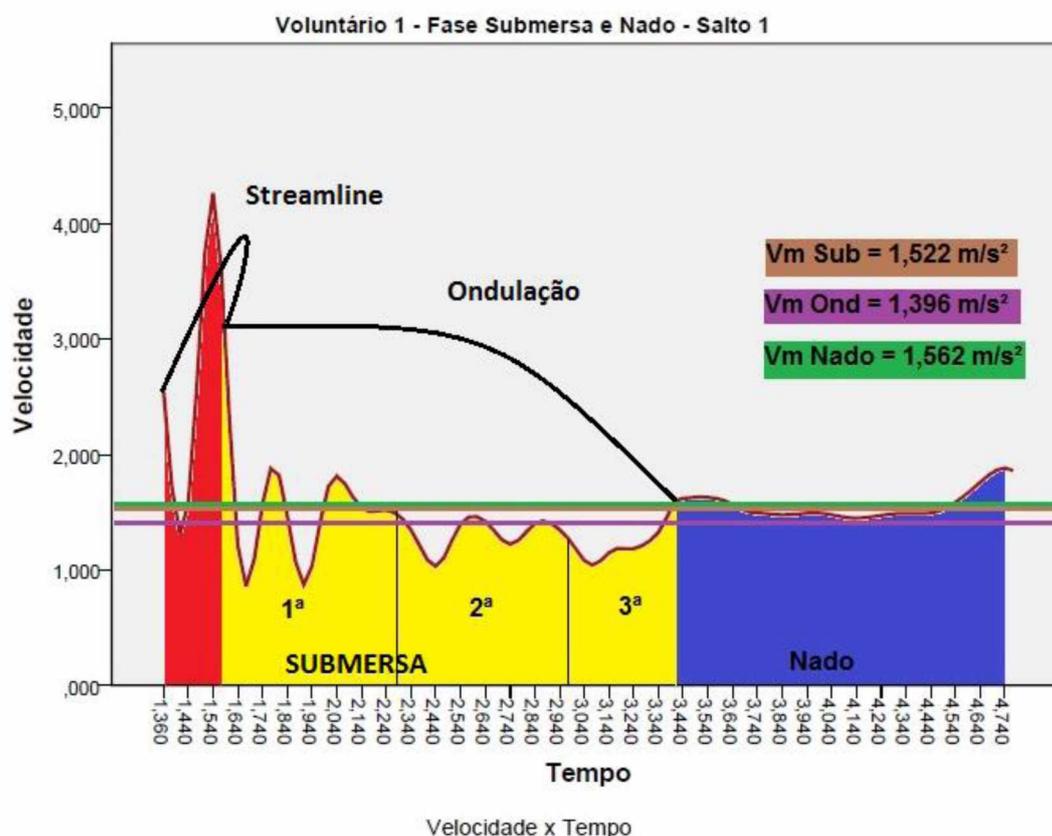
o corpo está totalmente submerso o voluntário realizou um movimento de extensão do quadril o que gerou uma queda brusca do mesmo, aumentando assim a resistência oferecida pela água, (SILVA et al., 2005) afirma que durante a fase de deslize tanto os membros superiores, os membros inferiores quanto o tronco devem permanecer unidos e em completa extensão e os movimentos propulsivos dos membros inferiores devem iniciar somente com a diminuição da velocidade, no caso do atleta é possível observar a grande área de turbulência na imagem (figura 45).



Figura 45 - Análise da técnica do salto 1 do voluntário 9 – (banco de dados do autor)

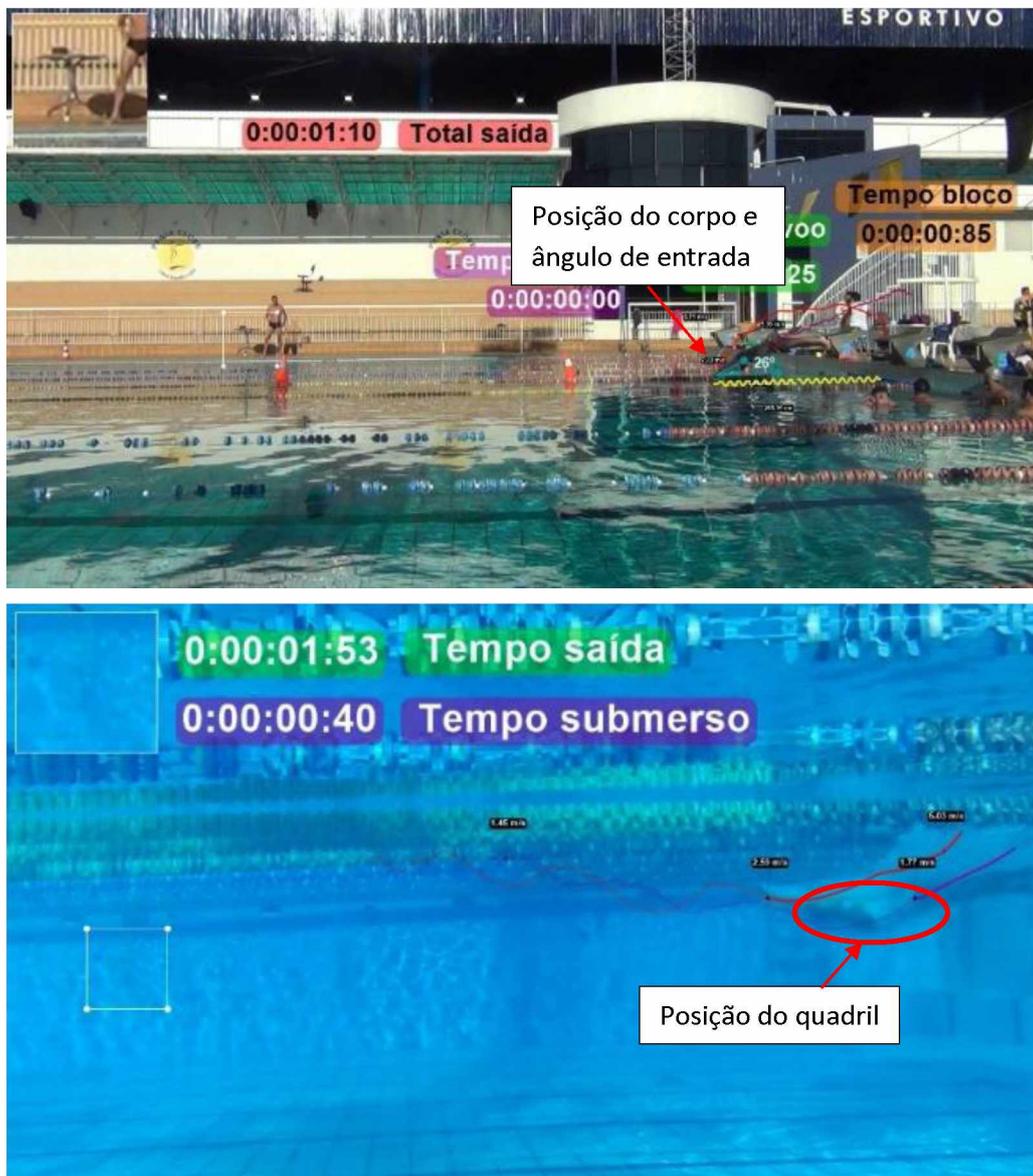
Com base nos dados adquiridos e no vídeo, podemos indicar para o voluntário 9 em seu primeiro salto, para melhorar a efetividade do salto, manter o corpo por mais tempo, na fase de Streamline, sem realizar esta extensão do quadril de forma brusca, pois desta forma o mesmo conseguiria manter o corpo a uma velocidade maior que a velocidade de ondulação durante um tempo e uma distância maior, sabendo da efetividade da fase de ondulação, isto o faria percorrer uma distância maior em menos tempo.

Ao analisar o gráfico do primeiro salto do voluntário 1, deparamos com uma situação contrária, pois quando observamos as velocidades médias submersa ( $1,522 \pm 0,625$ ), de ondulação ( $1,396 \pm 0,398$ ) e nado ( $1,562 \pm 0,122$ ), verificamos a inversão da ordem, onde a velocidade média de nado é 10,6% maior que a velocidade média de ondulação e 2,5% maior que a velocidade média de toda a fase submersa (Figura 46). Outro ponto a ser ressaltado é que a velocidade média de nado é 0,93% maior que a velocidade final da ondulação e somente na primeira ondulação que o atleta obteve velocidades maiores do que a média da velocidade de nado, o que nos reflete que a fase de ondulação do voluntário 1 está contribuindo para aumentar o tempo final de prova, mostrando pouca efetividade.



**Figura 46** - Gráfico de comparação das velocidades médias do 1º salto do voluntário 1

Com base nestes dados buscamos analisar o vídeo da saída do voluntário para encontrar os possíveis erros de execução que estejam influenciando esta diminuição demasiada da velocidade durante a fase submersa. A primeira constatação que tivemos foi que o voluntário teve um bom tempo de reação (tempo de bloco), porém pouca efetividade na impulsão do bloco, pois ao final do contato com o bloco, o quadril se manteve em uma trajetória de declive em direção à água, e se observarmos as trajetórias das mãos e do quadril, o quadril está mais baixo que as mãos o que proporcionou uma entrada na água com um ângulo pequeno ( $26^\circ$ ), sendo que (SILVA et al., 2005) relata que a impulsão com os membros inferiores devem iniciar na articulação coxofemoral e tíbio-tárcica de forma explosiva e que o ângulo de entrada deve ser entre  $30^\circ$  e  $40^\circ$ .



**Figura 47 - Análise da técnica da saída do 1º salto do voluntário 1 – (banco de dados do autor)**

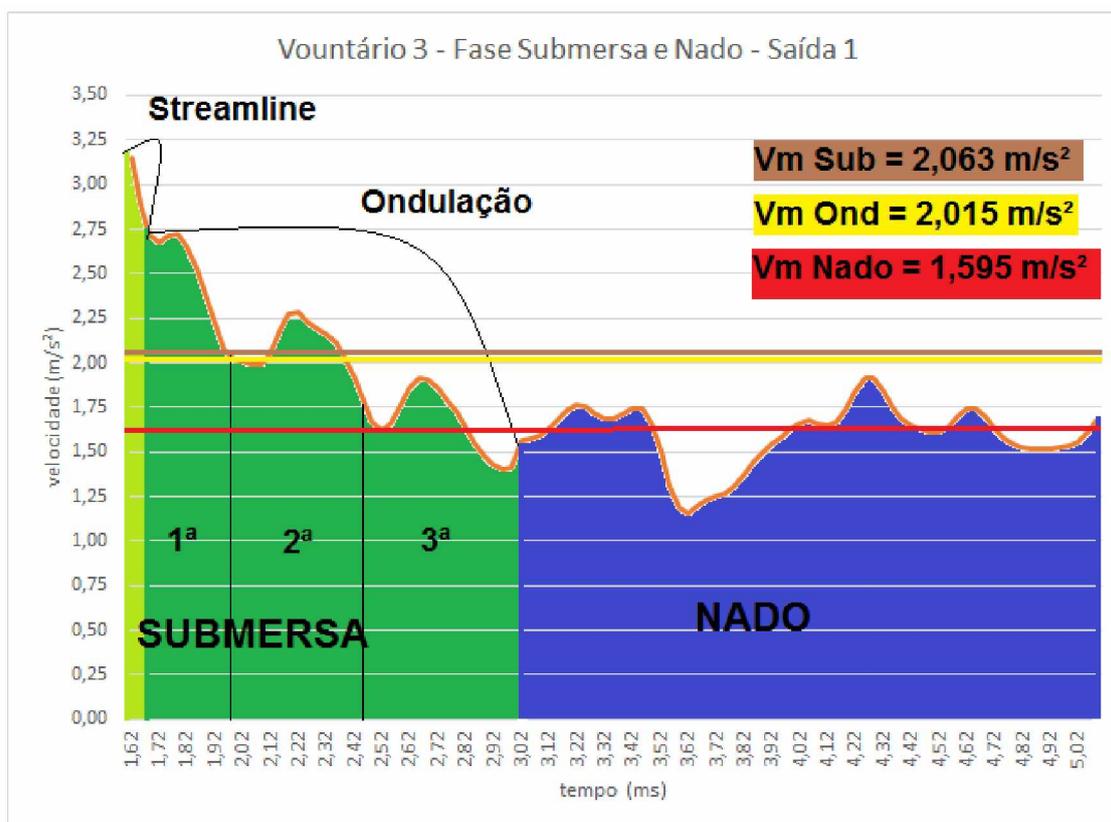
Com o ângulo de entrada pequeno e o quadril baixo, a entrada na água ficou deficitária e aumentou o arrasto, ocasionando a queda demasiada do quadril, criando uma grande área de turbulência na fase de Streamline e diminuindo a velocidade de entrada de forma abrupta, o que pode explicar a proximidade da velocidade média da fase submersa com a velocidade média da fase de nado (Figura 47).

Observando as trajetórias da mão e do quadril na fase submersa, é possível observar o cruzamento das duas, o que nos mostra que o movimento de ondulação do voluntário não está sendo realizado de forma correta, pois há movimentação dos braços e do tronco junto com os movimentos do quadril e das pernas, o que causa uma maior área de contato frontal aumentando a força de arrasto e Connaboy et al. (2015) afirmam que identificaram três co-variáveis que são a velocidade angular máxima da articulação do joelho, a velocidade angular máxima do tornozelo e a amplitude do movimento e estes auxiliam na manutenção da velocidade horizontal da fase de ondulação, o que pode explicar a baixa efetividade da fase de ondulação deste atleta.

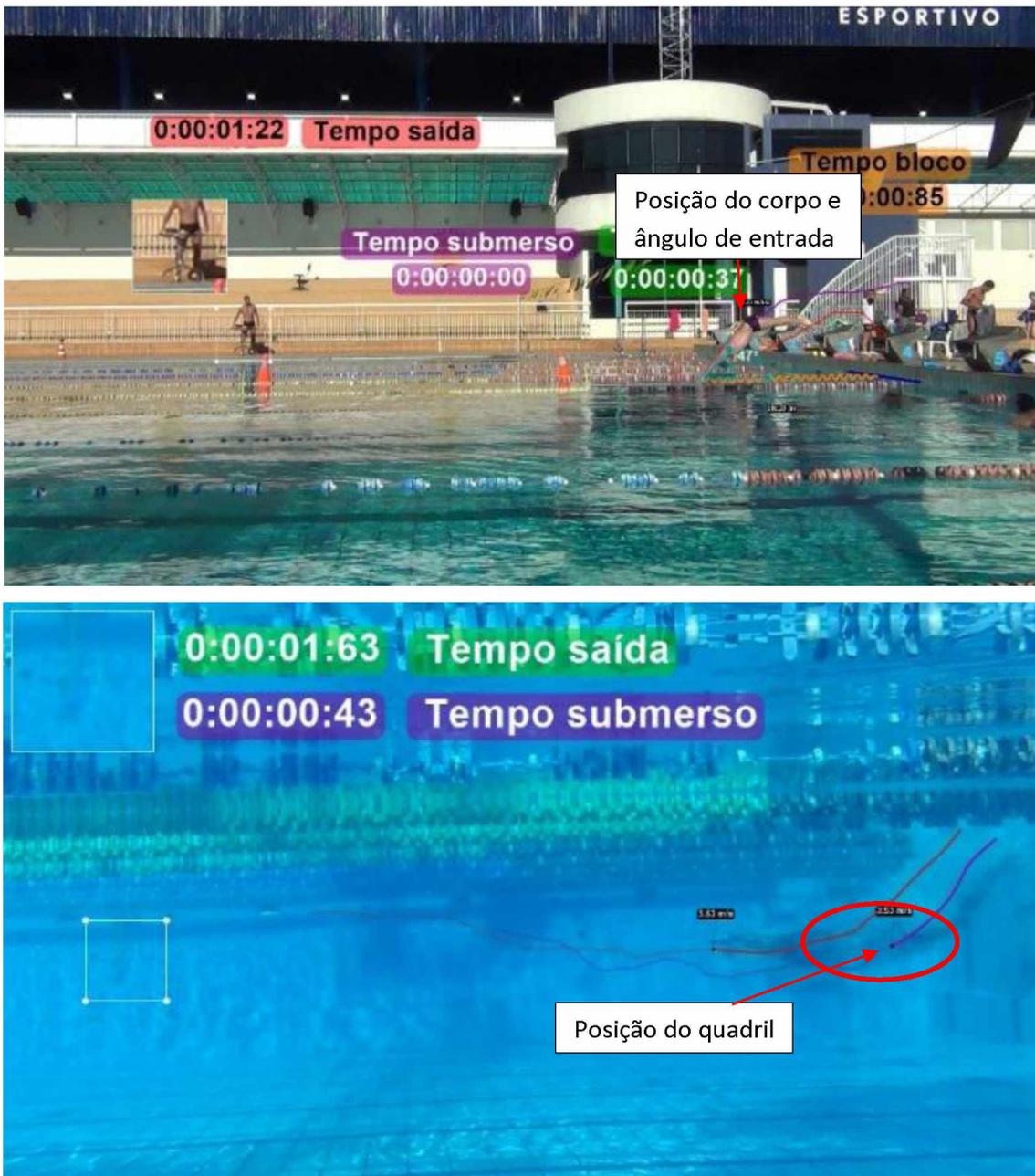
Com base nos dados adquiridos e nos vídeos, podemos indicar que o voluntário trabalhe exercícios para melhorar a impulsão, o que auxiliaria na elevação do quadril e no aumento do ângulo de entrada, diminuindo a força de arrasto na fase de entrada na água. Com relação ao movimento ondulatório, seria interessante que o voluntário não utilizasse os movimentos ondulatórios, ou seja, ao entrar na água permanecesse por mais tempo na posição de Streamline e logo em seguida iniciasse o movimento de pernada do nado e ao atingir a superfície da água iniciasse o nado.

Ao analisar o gráfico do primeiro salto do voluntário 3, deparamos com outra situação diferente das anteriores, pois as velocidades médias submersa ( $2,063 \pm 0,427$ ) e de ondulação ( $2,015 \pm 0,377$ ) são significativamente maiores que a velocidade média de nado ( $1,595 \pm 0,172$ ) diferença de 22,6% e 20,8% respectivamente entre as velocidades (Figura 48), o que indicaria que o voluntário poderia manter-se por mais tempo na fase submersa, no entanto quando observamos a velocidade na transição da fase de ondulação para a fase de nado, podemos verificar uma grande proximidade desta velocidade com a velocidade média de nado, o que nos mostra que a transição está sendo realizada no momento correto, no entanto é possível verificar que há um decréscimo significativo na velocidade do início da fase de ondulação até o final da mesma, significando uma deficiência no movimento ondulatório.

Quando analisado o vídeo, foi possível verificar que durante a entrada na água há uma flexão excessiva de quadril e um ângulo de entrada demasiadamente grande ( $47^\circ$ ), o que fez com que o voluntário tivesse uma entrada na fase submersa mais verticalizada, obrigando-o a realizar uma hiperextensão de quadril durante a fase de Streamline e uma concomitante queda do quadril, aumentando a área de contato frontal e desta forma aumentando o arrasto corporal e criando uma grande turbulência na água, causando uma diminuição abrupta da velocidade (Figura 49) e (SILVA et al., 2005) diz que o ângulo de entrada ideal para alinhar corretamente os segmentos corporais para diminuir a resistência ao deslocamento deve girar entre  $30^\circ$  e  $40^\circ$ . Um outro ponto agravante na saída do voluntário foi o fato de iniciar a primeira ondulação enquanto o corpo ainda estava em um posicionamento mais verticalizado, o que auxiliou nesta diminuição da velocidade de entrada. Outro agravante que prejudicou a técnica do voluntário foi o início do nado a uma profundidade excessiva, causando uma grande resistência de forma devido aos movimentos da braçada.



**Figura 48** - Gráfico de comparação das velocidades médias do 1º salto do voluntário 3

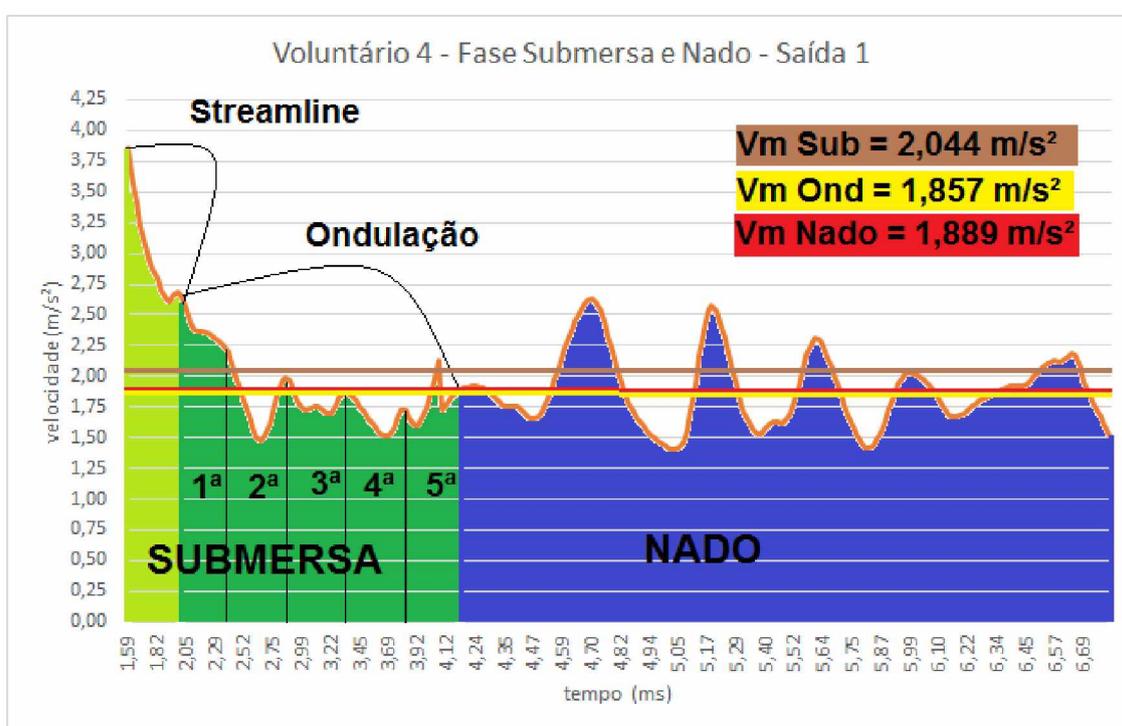


**Figura 49** - Análise da técnica da saída do 1º salto do voluntário 3 – (banco de dados do autor)

Desta forma fica evidente que o voluntário necessita corrigir o posicionamento do corpo durante a fase de voo para diminuir o ângulo de entrada na água, deixando o movimento mais horizontalizado, desta forma aumentando a velocidade de entrada e diminuindo a profundidade da fase submersa e evitando que o mesmo inicie o nado muito afastado da superfície da água. Outro ponto que pode ser corrigido é o movimento de flexão excessivo das pernas no movimento ondulatório, pois esta flexão demasiada das

pernas aumenta a área de contato frontal aumentando a força de arrasto, o que explica esta grande diminuição da velocidade submersa em um curto espaço de tempo.

Quando analisamos o gráfico do primeiro salto do voluntário 4, foi possível observar que não há diferenças significativas entre as velocidades médias de ondulação ( $1,857 \pm 0,281$ ) e de nado ( $1,889 \pm 0,295$ ) apenas 1,7% as duas e em relação à velocidade média submersa apenas 7,6%, mostrando uma certa homogeneidade entre as fases (Figura 50). Outro ponto que pode ser observado através do gráfico é um padrão oscilatório dos dados da velocidade de nado, permanecem sempre inferiores à média da velocidade da ondulação.



**Figura 50** - Gráfico de comparação das velocidades médias do 1º salto do voluntário 4

Com o auxílio das imagens de vídeo foi possível analisar a técnica utilizada pelo voluntário, verificou-se que o posicionamento do corpo durante a fase de voo, mantém um alinhamento de tronco, quadril e pernas, e durante a entrada na água o corpo mantém o mesmo alinhamento, com um ângulo de entrada de  $39^\circ$  (Figura 51), o que facilitou o posicionamento do corpo durante a fase de Streamline, mantendo o alinhamento de

tronco, quadril e pernas por mais tempo e desta forma diminuindo a força de arrasto exercida no corpo, mantendo a velocidade por mais tempo e por uma distância maior.

Para correção e possível melhora da técnica da saída do voluntário, poderíamos fazer uma correção na postura de ondulação, pois após o primeiro movimento ondulatório o voluntário executou as ondulações com uma flexão cervical, aumentando desta forma, a área de contato frontal e concomitantemente aumentando a força de arrasto. Para uma melhor performance da ondulação o voluntário deve manter um olhar perpendicular ao fundo da piscina, com a cabeça posicionada entre os braços.



**Figura 51** - Análise da saída do 1º salto do voluntário 4 – (banco de dados do autor)

## CAPÍTULO 6

### 6. Conclusão

Como pudemos observar nos capítulos anteriores, a saída nas provas curtas (50 e 100 metros) em competições de natação, possui uma grande importância no resultado final, pois milésimos de segundo definem o ganhador. Desta forma se faz necessário uma atenção constante na melhora da performance da saída, no entanto é possível verificar que no Brasil, os técnicos focam muito seus treinos nos aspectos fisiológicos e técnicos do nado, preocupando-se muitas vezes, com a técnica da saída, somente nas semanas que antecedem as competições principais. Quando se fala em técnica outros fatores devem ser respeitados, como flexibilidade, compreensão corporal, força muscular localizada, antropometria. Sendo assim é preciso verificar individualmente a situação de cada atleta, pois o movimento ondulatório na fase submersa, pode ser benéfico para alguns atletas e para outros, prejudicial. Ao analisar às bibliografias publicadas foi possível identificar que a distância percorrida na fase submersa está diretamente ligada à performance do movimento ondulatório, porém não determinando o biótipo ideal para a sua otimização.

Desta forma surgiu a ideia de desenvolver esta metodologia, buscando um método eficaz e principalmente de baixo custo, para facilitar o acesso a todos os treinadores, fornecendo dados que tornassem possível a análise e a correção da técnica individualmente de cada atleta.

A metodologia implementada, mostrou-se uma ferramenta confiável para a análise e desenvolvimento da técnica da saída, pois não se utiliza somente de imagens, mas o conjunto do elemento visual com os dados estatísticos, os quais dão uma maior exatidão do momento em que o atleta deve iniciar e parar os movimentos ondulatórios, para uma melhor performance de prova, individualmente. Além dos dados de velocidade da fase de ondulação, também foi possível verificar dados de velocidade na fase aérea, velocidade de nado, tempo de reação do atleta, tempo de bloco, trajetória de voo, ângulo de entrada, profundidade da fase submersa e a profundidade de início de nado, gerando uma gama de informações pertinentes à saída, para uma melhor evolução da técnica.

No entanto, deve-se frisar que existem algumas limitações no método, porém todos são relacionados à utilização dos softwares, que exigem um período de aprendizado e adaptação à todas as ferramentas de edição dos vídeos (Kinovea) e a elaboração das planilhas e cálculos (Microsoft Excel).

É importante constatar que mesmo se utilizando de quatro câmeras filmadoras, o custo de implementação do método de análise é baixo em relação às pesquisas supracitadas, onde as mesmas se utilizam de hardwares como plataformas de força, EMG e softwares de análise de movimento não gratuitos, que possuem custo elevado, inviabilizando a utilização dos mesmos em entidades com menos recursos.

Nas pesquisas que se utilizam somente de câmeras filmadoras, verificamos a determinação de apenas uma fase para a análise, seja a fase de bloco e voo (posicionamento no bloco, trajetória de voo e ângulo de entrada) ou fase submersa (movimento de ondulação), assim buscamos com este método englobar todas as fases da saída e comparar com a velocidade de nado, o qual se mostrou efetivo para determinar a viabilidade ou não da permanência do atleta no movimento ondulatório.

Sendo assim concluímos que o método desenvolvido é de grande utilidade para técnicos e atletas, no acompanhamento e desenvolvimento da técnica da saída em provas rápidas, traduzindo em números à técnica implementada pelo atleta e tornando possível a comparação da velocidade de todas as fases.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, D. A kinetic and kinematic comparison of the grab start and track start in swimming. **Human Performance**, 1997. Disponível em: <<http://minds.wisconsin.edu/bitstream/handle/1793/48624/Oallendavid1997.pdf?sequence=1>>.

BERETIĆ, I.; DUROVIC, M.; OKIČIĆ, T.; DOPSAJ, M. Relations between lower body isometric muscle force characteristics and start performance in elite male sprint swimmers. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 12, n. 4, p. 639–645, 2013.

BLANKSBY, B.; NICHOLSON, L.; ELLIOTT, B. **Biomechanical analysis of the grab, track and handle swimming starts: an intervention study**. *Sports biomechanics / International Society of Biomechanics in Sports*. [s.l: s.n.].

BOCALINI, D.; RICA, R. L.; SERRA, A. J. Efeitos Do Treinamento De Força Específico No Desempenho De. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 32, n. 1, p. 217–227, 2010.

BREED, R. V. P.; YOUNG, W. B. The effect of a resistance training programme on the grab, track and swing starts in swimming. **Journal of sports sciences**, v. 21, n. 3, p. 213–220, 2003.

CAPUTO, F.; MACHADO, R. S.; DE LUCAS, R. D.; DENADAI, B. S. Efeitos de oito semanas de treinamento de natação no limiar anaeróbio determinado na piscina e no ergômetro de braço. **Rev Bras Med Esporte**, v. 8, n. 1, p. 7–12, 2002. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-86922002000100002](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922002000100002)>.

CHEN, S.; TANG, W. The comparison of effectiveness between grab start and track start in competitive swimming. **International Society of Biomechanics for Sport**, p. 884, 2005.

CONNABOY, C.; NAEMI, R.; BROWN, S.; PSYCHARAKIS, S.; MCCABE, C.; COLEMAN, S.; SANDERS, R. The key kinematic determinants of undulatory underwater swimming at maximal velocity. **Journal of Sports Science**, v. Sep. , n. 14, p. 1–8, 2015.

CORTESI, M.; GATTA, G. **Effect of the swimmer's head position on passive drag** *Journal of Human Kinetics*, 2015. .

COSSOR, J. M.; MASON, B. R. Swim Start Performances At the Sydney 2000 Olympic Games. **Biomechanics Symposia / University of San Francisco**, p. 70–74, 2001.

COSSOR, J.; SLAWSON, S. E.; JUSTHAM, L. M.; CONWAY, P. P.; WEST, a a. The Development of a Component Based Approach for Swim Start Analysis. **Biomechanics and Medicine in Swimming Xi**, v. XIth Inter, n. 2002, p. 74, 2008.

DA SILVA, M. C. R.; DE OLIVEIRA, R. J.; GANDOLFO CONCEIÇÃO, M. I. Efeitos da natação sobre a independência funcional de pacientes com lesão medular. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, n. 4, p. 251–256, 2005.

DANTAS, E. H. **A prática da preparação física**. 5<sup>a</sup>. ed. RIO DE JANEIRO: SHAPE, 2003.

DE ALVARENGA J.G.S., L. R. F. A. Estudo comparativo entre somatotipias e técnicas de saídas de circundução e agarre da natação. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento VOL-10, Nº 2**, p. 49–54, 2002.

ELIPOT, M.; DIETRICH, G.; HELLARD, P.; HOUEL, N. High-level swimmers' kinetic efficiency during the underwater phase of a grab start. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 26, n. 4, p. 501–507, 2010a.

ELIPOT, M.; HELLARD, P.; TAÏAR, R.; BOISSIÈRE, E.; REY, J. L.; LECAT, S.; HOUEL, N. Analysis of swimmers' velocity during the underwater gliding motion following grab start. **Journal of Biomechanics**, v. 42, n. 9, p. 1367–1370, 2009.

ELIPOT, M.; HOUEL, N.; HELLARD, P.; DIETRICH, G. Motor Coordination During the Underwater Undulatory Swimming Phase of the Start for High Level Swimmers. **XIth International Symposium for Biomechanics & Medicine in Swimming**, n. 11, p. 72–74, 2010b. Disponível em: <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=sph&AN=82876609&site=ehost-live>>.

FABIAN, R.; LOPEZ, A. Estudo comparativo entre somatotipias e técnicas de saídas de circundução e agarre da natação. p. 49–54, 2002.

FARAH, B. Q.; SILVA, W. C. M.; SANTOS, M. A.; MELO, W. V. D. C. Análise descritiva do desempenho em uma prova de 100 m nado livre feminino baseada em variáveis biomecânicas. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte (Impresso)**, v. 24, n. 4, p. 463–469, 2010.

GALBRAITH, H.; SCURR, J.; HENCKEN, C.; WOOD, L.; GRAHAM-SMITH, P. Biomechanical comparison of the track start and the modified one-handed track start in competitive swimming: An intervention study. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 24, n. 4, p. 307–315, 2008.

GARCIA-HERMOSO, A.; ESCALANTE, Y.; ARELLANO, R.; NAVARRO, F.; DOMÍNGUEZ, A. M.; SAAVEDRA, J. M. Relationship between final performance and block times with the traditional and the new starting platforms with a back plate in international swimming championship 50-m and 100-m freestyle events. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 12, n. 4, p. 698–706, 2013.

HAVRILUK, R. Variability in measurement of swimming forces: a meta-analysis of passive and active drag. **Research quarterly for exercise and sport**, v. 78, n. February 2015, p. 32–39, 2007.

HAY, J. G. Starting, Stroking & Turning (A Compilation of Research on the Biomechanics of Swimming). **SWIMMING**, p. 1–51, 1986.

HONDA, K. E.; SINCLAIR, P. J.; MASON, B. R.; PEASE, D. L. A biomechanical comparison of elite swimmers start performance using the traditional track start and the new kick start. **Biomechanics and Medicine in Swimming, Oslo**, p. 94–96, 2010.

HOUAISS, A. **Dicionário eletrônico houaiss da língua portuguesa**. [s.l.: s.n.]

HOUEL, N.; ELIPOT, M.; ANDRÉ, F.; HELLARD, P. Influence of angles of attack, frequency and kick amplitude on swimmer's horizontal velocity during underwater phase of a grab start. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 29, n. 1, p. 49–54, 2013.

HUBERT, M.; SCHÜTZ, G. R.; SILVEIRA, G. A.; RUSCHEL, C.; ROESLER, H. Comportamento de variáveis biomecânicas da saída na natação: comparação de diferentes técnicas e nados. **Revista Digital - Buenos Aires**, v. 10, n. 90, p. 1–10, 2005.

ISSURIN, V. B.; VERBITSKY, O. Track Start Vs. Grab Start: Evidence of the Sydney

- Olympic Games. In: Biomechanics and Medicine in Swimming IX, June, **Anais...**2003.
- JORGIC, B.; PULETIC, M.; STANKOVIC, R.; OKICIC, T.; BUBANJ, S.; BUBANJ, R. The kinematic analysis of the grab and track start in swimming. **Physical Education and Sport**, v. 8, n. 1, p. 31–36, 2010.
- KINOVEA, O. **Kinovea**. Disponível em: <<http://www.kinovea.org/>>.
- KOBAYASHI, K. Lumbar Alignment and Trunk Muscle Activity during the Underwater Streamline Position in Collegiate Swimmers. v. 23, n. MAY, p. 33–44, 2015.
- LYTTLE, A. D.; BLANKSBY, B. A.; ELLIOTT, B. C.; LLOYD, D. G. Net forces during tethered simulation of underwater streamlined gliding and kicking techniques of the freestyle turn. **Journal of sports sciences**, v. 18, n. September 2000, p. 801–807, 2000.
- MAGLISCHO, E. W. Swim training theory. **Kinesiology**, v. 2, n. 1, p. 4–8, 1997.
- MASCARENHAS, L.P.G., RIPKA, W.L., ILKIU, R.T., NEVES, E. B. . VELOCIDADE CRÍTICA: impacto do tipo de saída e sua aplicação em provas de travessias em águas abertas em adolescentes. **REVISTA ARQUIVOS EM MOVIMENTO VOL 8 - NUMERO 2**, p. 21–30, jul. 2012.
- MOONEY, R.; CORLEY, G.; GODFREY, A.; OSBOROUGH, C.; NEWELL, J.; QUINLAN, L. R.; ÓLAIGHIN, G. Analysis of swimming performance: perceptions and practices of US-based swimming coaches. **Journal of Sports Sciences**, v. 0414, n. September, p. 1–9, 2015. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02640414.2015.1085074>>.
- NETTO, J. B. **Natação - treinamento para todos**. 1<sup>a</sup>. ed. RIO DE JANEIRO: GRUPO PALESTRA SPORT, 2000.
- NOMURA, T.; ENDO, M.; COUNSILMAN, B. A Study of Three Types of Grab Start for Competitive Swimming. **National Aquatics Journal**, v. 4, n. 2, p. 2–6,10, 1988.
- PALMER, M. L. **A ciência do ensino da natação**. [s.l.] MANOLE, 1990.
- PEREIRA, R. R.; PAPOTI, M.; ZAGATTO, a M.; GOBATTO, C. a. Validação de dois protocolos para determinação do limiar anaeróbico em natação. **Motriz**, v. 8, n. 2001, p. 63–68, 2002.

SANDERS, R. H.; GONJO, T.; MCCABE, C. B. Reliability of three-dimensional angular kinematics and kinetics of swimming derived from digitized video. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 15, n. 1, p. 158–166, 2016.

SILVA, A. J. A importância da abordagem científica no treino e competição de nadadores de alto nível na natação pura desportiva: exemplo do salto de partida. **Revistamotricidade.Com**, v. 2, p. 221–229, 2007. Disponível em: <[http://www.revistamotricidade.com/arquivo/2006\\_vol2\\_n4/v2n4a04.pdf](http://www.revistamotricidade.com/arquivo/2006_vol2_n4/v2n4a04.pdf)>.

SILVA, A.; NOVAIS, L.; RICARDO, F.; MOURÃO, I.; CARNEIRO, A.; REIS, V.; MOREIRA, A. Proposta metodológica para a aquisição das técnicas de partida para provas de nado ventral. **Motricidade**, v. 1, p. 284–299, 2005.

SLAWSON, S. E.; CHAKRAVORTI, N.; CONWAY, P. P.; COSSOR, J.; WEST, A. A. The effect of knee angle on force production, in swimming starts, using the OSB11 block. **Procedia Engineering**, v. 34, p. 801–806, 2012.

SLAWSON, S. E.; CONWAY, P. P.; JUSTHAM, L. M.; WEST, A. A. The development of an inexpensive passive marker system for the analysis of starts and turns in swimming. **Procedia Engineering**, v. 2, n. 2, p. 2727–2733, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2010.04.058>>.

STAMM, A.; THIEL, D. V.; BURKETT, B.; JAMES, D. A. Towards determining absolute velocity of freestyle swimming using 3-axis accelerometers. **Procedia Engineering**, v. 13, p. 120–125, 2011.

THANOPOULOS, V.; ROZI, G.; OKIČIĆ, T.; DOPSAJ, M.; JORGIĆ, B.; MADIĆ, D.; VELIČKOVIĆ, S.; MILANOVIĆ, Z.; SPANOU, F.; BATIS, E. Differences in the efficiency between the grab and track starts for both genders in greek young swimmers. **Journal of Human Kinetics**, v. 32, n. 1, p. 43–51, 2012.

TUCHER, G.; COELHO, E. F. Análise pedagógica do processo ensino-aprendizagem das saídas de bloco em natação. 2008.

VELASCO, C. G. **Natação segundo a psicomotricidade**. 2ª. ed. RIO DE JANEIRO: SPRINT, 1994.

VILARS-BOAS, J.; CRUZ, M.; SOUZA, F.; CONCEIÇÃO, F.; CARVALHO, J. M.

Integrated kinematic and dynamic analysis of two track-start techniques. **ISBS-Conference** ..., v. 36, 2000. Disponível em: <<https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/2159>>.