



PROJETO DE GRADUAÇÃO

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTEGRADO DE DINAMOMETRIA E VELOCIMETRIA APLICADO AO TREINAMENTO DESPORTIVO DE ATLETAS DE NATAÇÃO

Por,
Lucas Marques de Melo

Brasília, 22 de Novembro de 2013

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

PROJETO DE GRADUAÇÃO

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTEGRADO DE DINAMOMETRIA E VELOCIMETRIA APLICADO AO TREINAMENTO DESPORTIVO DE ATLETAS DE NATAÇÃO

POR,

Lucas Marques de Melo

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção
do grau de Engenheiro Mecânico.

Banca Examinadora

Prof. Taygoara Felamingo de Oliveira, UnB/ ENM
(Orientador)

Prof. Alberto Carlos G. C. Diniz, UnB/ ENM

Prof. Marcus Lima Espírito Santo, DPF/MBTC

Brasília, 22 de Novembro de 2013

Agradecimentos

Agradeço aos funcionários do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Brasília, em especial aos do SG-09. Marcão, Xavier, Wesley e Seu Artur, pois foram de grande importância no meu aprendizado na oficina, me ajudando sempre que possível, principalmente na construção deste projeto.

Ao meu orientador, professor, atleta e excelente pessoa, Taygoara, pois me deu a oportunidade de trabalhar em um projeto único, me apoiando, criticando e ensinando sempre que podia e tinha disponibilidade. Tornou um projeto de graduação “obrigatório” em um projeto prazeroso e satisfatório para meu final de curso.

Aos amigos que fiz durante o curso e batalharam comigo em cada semestre, seja virando noites, assistindo aulas, fazendo trabalhos ou apenas curtindo a vida.

Ao amigo, Henrique Alves (Pera), que me ajudou e muito em minhas dificuldades com eletrônica utilizada no projeto e todos os seus componentes.

Agradeço à minha namorada, melhor amiga e companheira, Raissa, que me apoia muito e sempre foi bastante compreensiva nos momentos difíceis e estressantes dos últimos anos de curso.

Aos meus amigos Daniel, Diogo, Leonardo, todos 15s e família Inter.

Aos meus irmãos, Gabriela, Cyro e Evandro, por sempre me ajudarem com tudo e por me fazerem uma pessoa melhor, aprendendo sempre a compartilhar, compreender e mesmo em momentos ruins saber que sempre posso contar com eles.

Agradeço e muito aos meus pais, Silvio e Terezinha, por proporcionarem tudo o que vivi e fiz até hoje, por sempre me apoiarem em minhas escolhas e por sempre estarem comigo quando precisei.

E a Deus.

RESUMO

Neste trabalho relatam-se estudos em torno da realização e construção de um dispositivo de medição de força, velocidade e aceleração capaz de auxiliar um atleta desportivo. O projeto utilizou uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre, Arduino, e o desenvolvimento de um código próprio para a aquisição dos dados, assim tornando possível uma comparação de eficiência e desempenho de diferentes métodos e técnicas de nados. Foram realizados testes preliminares com medidas de aceleração e força exercidas por um praticante de natação durante o exercício. Através desses valores foi possível fazer cálculos de força realizada pelo atleta durante o nado e o seu respectivo coeficiente de arrasto, para aquelas condições.

ABSTRACT

In this work Studies about the development of a force, speed and acceleration measurement device capable of help an athlete are related in this work. The project consisted in using a free hardware electronic prototyping platform, Arduino, and combined it with the development of an own code made for the data acquisition, making possible an efficiency comparison between different swimming technics. Primary tests were made by measuring the force and acceleration provoked by a swimmer while swimming. With the data acquired was possible to calculate the force provoked by the swimmer during the exercise and also calculate his respective drag coefficient for these swimming conditions.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	MOTIVAÇÃO	1
1.2	OBJETIVOS	4
1.2.1	Objetivo Geral	4
1.2.2	Objetivos Específicos	4
1.3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
1.4	ESTRUTURA	7
2	TESTES DINAMOMÉTRICOS NO TREINAMENTO DESPORTIVO DE ATLETAS DE NATAÇÃO	8
2.1	TESTE ESTÁTICO	8
2.2	TESTE DINÂMICO	9
3	DISPOSITIVO DE DINAMOMETRIA E VELOCIMETRIA	15
3.1	CONCEPÇÃO DO DISPOSITIVO	15
3.2	DESCRIÇÃO SUMÁRIA DOS COMPONENTES	16
3.2.1	Célula de Carga	16
3.2.2	Acelerômetro	20
3.2.3	Processador	22
3.2.4	Armazenador de Dados	23
3.3	MONTAGEM	26
3.3.1	Componentes Eletrônicos	26
3.3.2	Programação	28
3.3.3	Fonte de Alimentação	28
3.3.4	Estrutura	29
3.3.5	Montagem Final	29
3.3.6	Vedação	30
3.3.7	Suporte do Dispositivo	32
3.3.8	Paraquedas	33
4	CALIBRAÇÃO	34
4.1	CALIBRAÇÃO ESTÁTICA	34
5	RESULTADOS	36
5.1	ANÁLISE DOS DADOS	36
5.1.1	Cinemática	37
5.1.2	Esforços Dinâmicos	48
5.1.3	Força Exercida Pelo Nadador	49
6	CONCLUSÃO	51
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
	APÊNDICE	Erro! Indicador não definido.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Teste Estático.....	8
Figura 2.2 Teste Dinâmico de Velocidade.....	9
Figura 2.3 Corpo Hidrodinâmico de Arrasto Adicional (Paraquedas).....	10
Figura 2.4 Teste Dinâmico com Corpo de Arrasto Adicional.....	10
Figura 2.5 Disposição das Forças de Arrasto e a Realizada pelo Nadador.....	11
Figura 3.1 Ilustração do Dispositivo Idealizado.....	15
Figura 3.2 Montagem Dispositivo + Paraquedas.....	16
Figura 3.3 Ponte de Wheatstone.....	17
Figura 3.4 Deformação x Carga.....	17
Figura 3.5 Deformação x Tempo.....	18
Figura 3.6 Célula de Carga da Balança.....	19
Figura 3.7 Balança de Mão.....	19
Figura 3.8 Balança de Mão Desmontada.....	20
Figura 3.9 Princípio de Funcionamento do Acelerômetro (“Aplicação, Funcionamento e Utilização de sensores”).....	21
Figura 3.10 Acelerômetro (Triple Axis Accelerometer Breakout).....	22
Figura 3.11 Placa Arduino Leonardo.....	22
Figura 3.12 Comparação Arduino (protótipo) – PC.....	23
Figura 3.13 Placa Micro SD Shield.....	24
Figura 3.14 Montagem – Arduino + Placa Micro SD Shield.....	24
Figura 3.15 Parte Interna.....	25
Figura 3.16 Vista Explodida.....	25
Figura 3.17 Componentes do Dispositivo.....	25
Figura 3.18 Esquema de ligação - Arduino, INA 125P e Célula de Carga.....	26
Figura 3.19 Junção de Todos os Componentes.....	27
Figura 3.20 Parte Inferior do Arduino.....	27

Figura 3.21 Parte Inferior com um Material Isolante	28
Figura 3.22 Cabo alimentador e Soquete de Bateria 9V Utilizados.....	28
Figura 3.23 Conector Liga/Desliga	29
Figura 3.24 Vista Superior da Disposição dos Componentes	30
Figura 3.25 Protótipo Finalizado.....	30
Figura 3.26 Technyl	31
Figura 3.27 Garrote	31
Figura 3.28 Solução de Vedação do Dispositivo (Balão)	31
Figura 3.29 Colete com Suporte para o Dispositivo	32
Figura 3.30 Paraquedas	33
Figura 4.1 Gráfico de Massa (g) x Sinal recebido (Pontos Reais x Regressão Linear)	35
Figura 5.1 Exemplo de Tração Utilizada Anteriormente	36
Figura 5.2 Direção e Sentido Positivo dos eixos.....	37
Figura 5.3 Gráfico de Aceleração nos eixos x,y e z em função do tempo (crawl).....	38
Figura 5.4 Gráfico de Velocidades nos eixos x,y e z em função do tempo (crawl)	40
Figura 5.5 Disposição dos Eixos Durante o Nado.....	41
Figura 5.6 Referencial do Dispositivo e sua Angulação	41
Figura 5.7 Gráficos de Aceleração no eixo y sobrepostos	42
Figura 5.8 Gráfico de Aceleração nos eixos x,y e z em função do tempo (costas).....	43
Figura 5.9 Gráfico de Aceleração nos eixos x,y e z em função do tempo (Borboleta)	44
Figura 5.10 Gráfico de Aceleração nos eixos x,y e z em função do tempo (Peito)	45
Figura 5.11 Gráfico de Aceleração no eixos x,y e z em função do tempo (Crawl + Virada)	47
Figura 5.12 Gráfico de Força em função do tempo (Crawl – 25m)	48
Figura 5.13 Gráfico de Força em função do tempo (Peito – 25m).....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 Informações do Acelerômetro	21
Tabela 4.1 Valores do Sinal fornecido, massa real do objeto e valor calculado	35

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolos Latinos

S	Área da superfície característica do nadador	[m ²]
l	Comprimento de envergadura de um pessoa média	[m]
F	Força realizada pelo nadador	[N]

Símbolos Gregos

v	Velocidade do nadador	[m/s]
μ	Coefficiente de viscosidade da água	[Pa.s]
ρ	Massa específica da Água	[m ³ /kg]

Grupos Adimensionais

C_d	Coefficiente de Arrasto hidrodinâmico
Re	Número de Reynolds

Subscritos

A	Arrasto Adicional
$0,1,2,\dots$	Números utilizados para diferenciação

Siglas

RFD	Rate Force Development
-----	------------------------

1 INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

A Nataação é o esporte aquático mais popular no mundo. De acordo com o CONFEF (Conselho Federal de Educação Física) a nataação é o esporte mais praticado no Brasil, com cerca de 11 milhões de praticantes, seguido do futsal (10,5 milhões) e o futebol (7,5 milhões). Esse elevado número de praticantes se dá, em grande parte, aos benefícios que o esporte tem na saúde das pessoas, pois movimentam praticamente todos os músculos e articulações do corpo, sendo assim considerada um dos melhores exercícios existentes.

Apesar de um alto número de praticantes da nataação, ela ainda é, no Brasil, um esporte mais voltado para a inclusão social e recreação, assim, não existindo um investimento significativo em grandes centros profissionais, para nadadores de alto desempenho.

A Nataação vem desde os primórdios da vida do Homem. O seu intento era basicamente para sobrevivência, seja para fugir de animais ou para caçar/pescar. O registro mais antigo da nataação é meio duvidoso, mas há indícios que seja por volta de 9.000 a.C nas pinturas em cavernas na Líbia. Algumas referências escritas antigas datam de 2.000 a.C, como é o caso Epopeia de Gilgamesh, poema épico da antiga Mesopotâmia, uma das primeiras obras conhecidas da literatura mundial e também em relatos bíblicos (Ezequiel 47:5, Atos 27:42, Isaías 25:11).

O estilo popular da nataação vem desde a Grécia e Roma, quando os soldados praticavam este exercício por causa dos movimentos completos e simples, podendo ajuda-los na recuperação terapêutica e da atrofia muscular. Os japoneses também já utilizavam a nataação conhecida hoje a cerca de 2.000 anos atrás com o Suiejitsu que é uma arte marcial dos Samurais que combina combate com nataação.

Tratando-se de esporte, a nataação teve início no Japão, por volta de 1600, com torneios interescolares para a FINA (Federação Internacional de Nataação), mas apenas em Londres, em 1837, com o surgimento de cursos, provas e regras organizadas pela NSA (National Swimming Association).

O mais antigo dos estilos de nado é o peito. Data-se em meados do século XVI apenas uma maneira de nadar, a qual tinha movimentos dos braços bem próximos aos utilizados atualmente, porém os pés eram batidos aleatoriamente. O nado de Crawl historicamente é o mais antigo, porém não era considerado como estilo verdadeiro. Sua utilização em provas decorria apenas do alto desempenho durante sua prática, por ser mais veloz, em provas de nado livre. Para o estilo

costas não sabe se ao certo sua origem, porém alguns relatos justificam seu uso para descansar enquanto nadava, já que não necessita ficar mergulhado durante sua execução. Oronzio de Bernardi (1794) foi o primeiro a descrever um estilo de braçadas de costas. O estilo borboleta é o estilo mais novo. O seu surgimento está relacionado às incertezas no regulamento do nado de peito, com isso, por ser um estilo mais veloz, foi utilizado durante as competições de peito, isso porque até década de 1950 a Federação Internacional de Natação não previa o deslocamento dos braços pra frente nas regras.

A Natação mundial tem passado por inúmeras transformações nos últimos anos. Essa mudança vem ocorrendo significativamente na abordagem científica do processo de preparação desportiva.

Com uma preparação melhor os nadadores ficavam cada vez mais velozes, assim diminuindo seu tempo nas provas. Em cerca de 20 anos o tempo de um recorde mundial no estilo livre (50m) diminuiu apenas 1,22 segundos, sendo que o ultimo recorde é do brasileiro César Cielo, em 2009, sendo que foi apenas 3 décimos de segundo mais rápido que o recorde anterior. O que nos remete o fato de que o detalhe está cada vez mais importante neste meio.

A cada dia profissionais buscam novos métodos e técnicas para um melhoramento na performance dos atletas de natação. Com o intuito de um melhor desempenho, vários estudos são feitos acerca da relação entre força e técnica dos nadadores. Esses estudos estão cada vez maiores devido a um maior investimento gerado, que por sua vez, pode ter sido influenciado pelos altos prêmios dados aos melhores nadadores, como é o caso da Copa do Mundo de Natação que cada vez vem pagando um prêmio maior aos atletas que chegam ao pódio e aos que batem o recorde mundial. Com isso, a melhora no desempenho é algo a ser buscado por todos que almejam tanto o lugar mais alto do pódio quanto o prêmio em dinheiro, que vem por consequência.

Maglischo (1999), fala que o desempenho pode ser influenciado pela capacidade de gerar força propulsora e minimizar a resistência de avanço no meio líquido. Esse desempenho do nadador é maximizado com a melhora da técnica, das características biomecânicas e da condição física do nadador, que inclui a composição corporal e a força.

O Professor João Paulo Vilas Boas, do gabinete de Natação e Biomecânica da Universidade do Porto, relata em um de seus artigos (Vilas Boas, 2000) que a performance, em natação pura desportiva, é determinada por dois fatores:

- a) A combinação aeróbica + anaeróbica, chamada de 'input' energético total;

- b) A razão entre eficiência mecânica propulsiva total e a intensidade da força de arrasto hidrodinâmico oposta ao deslocamento do nadador, que reflete a habilidade técnica deste último. Isso se dá porque a melhora na técnica resulta na redução da resistência hidrodinâmica.

A parametrização de treinamento para o controle de aspectos fisiológicos (item a) é ordinariamente realizado pelo controle de frequência cardíaca. Para isso, idealmente cada atleta é submetido a uma série de testes como os de volume relativo de O₂ aspirado ou de concentração de lactato no sangue em conjunto com o tempo realizado em uma determinada série. Esses testes associam a uma faixa de frequência cardíaca as condições fisiológicas a que se submete o atleta durante o treino.

Se por um lado a frequência cardíaca pode ser empregada como parâmetro objetivo para o monitoramento e controle das condições fisiológicas do atleta durante o treinamento, poucos critérios estão disponíveis para a aferição objetiva de aspectos mecânicos associados à técnica de nadadores. Em condições típicas dos centros de treinamentos (sobretudo nacionais) o único método disponível para os técnicos é a medida do tempo gasto pelo atleta para nadar distâncias fixas.

Também é de grande relevância considerar o fato que pequenas alterações no ciclo de braçadas do nadador podem resultar em variações importantes no tempo. Já que

$$n (N^{\circ} \text{ de braçadas}) \times f (\text{frequência das braçadas}) = t (\text{tempo}).$$

Então, um atleta com $f = 1,2$ braçadas por segundo e que precise de 20 braçadas por 50 metros, executa a prova dos 50m livre em 24 segundos.

Agora se $f = 1,15$, ou seja, uma melhora de apenas 5 centésimos de segundo, tem-se uma redução de 1 segundo no tempo, $t = 23$ segundos se a braçada permanecesse tão eficiente quanto antes. A definição de f e n e suas relações com a mecânica do nado são decisivas no desempenho do atleta e são o objetivo de estudo do técnico.

No que consiste em medição de força, mesmo em estudos pioneiros em que se propõe essa medição da força exercida pelos nadadores durante o nado, essa informação vem desvinculada da velocidade (muitas vezes o teste é apenas estático) (Yeater, Martin, White, & Gilson, 1981), ou restringe-se às situações extraordinárias, como no caso de testes em que o atleta esforça-se ao máximo (Kolmogorov & Duplishcheva, 1992).

Neste contexto, persiste a necessidade de se determinar simultaneamente a força e a velocidade desenvolvidas pelos atletas em várias situações, compreendendo testes de esforço

máximo, mas também persistindo o controle e o estudo parametrizado de casos ordinários do treinamento, como em exercícios aeróbicos de longa distância.

Mais do que isso, a medida (mesmo que indireta) das forças exercidas pelos atletas na água, conjugada ao registro da frequência cardíaca, pode indicar, além de outros fatores, evoluções na técnica de nado do indivíduo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um dispositivo que permita a realização de testes de esforço estático e dinâmico com registro simultâneo da velocidade do nado (independente de qual modalidade) durante o exercício.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para uma análise primária de projeto, viu-se a necessidade de ter conhecimentos a respeito da ordem de magnitude das variáveis de trabalho. Assim, para uma otimização de projeto, precisa-se de relatos ou estudos que tenham medidos tanto a velocidade máxima quanto a força máxima de atletas de natação de alta performance (nível olímpico). Com isso poderá ser feita uma melhor seleção dos equipamentos de medição.

Tendo se os valores máximos para cada medição, é possível modelar o sistema, com os equipamentos dentro dos limites de operação, e então teremos uma concepção geral do design do dispositivo. Deseja-se, no entanto, conceber uma configuração para o dispositivo que permita a sua utilização em testes estáticos e dinâmicos para o registro da força exercida por atletas de natação, durante o nado. Além disso, o dispositivo deverá registrar a velocidade do nadador durante os testes dinâmicos.

Através da concepção do dispositivo, serão selecionados os equipamentos necessários para a produção do protótipo. Com os equipamentos em mãos será iniciada a montagem.

Após a conclusão de montagem do protótipo será realizada uma calibração estática, onde serão colocados pesos conhecidos para o ajuste comparativo entre o medido e o real. Logo em seguida serão feitos dois tipos de testes para a validação do projeto: o estático e o dinâmico.

O dispositivo, depois de calibrado, será potencialmente um instrumento que permite um treinador de natação, possa parametrizar o treinamento de seus atletas empregando mais critérios do que a simples cronometragem do tempo.

1.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No estudo do desempenho de atletas de natação um dos objetivos fundamentais é a determinação das forças propulsivas e de arrasto e sua relação com a técnica do nadador (Akis & Orcan, 2004). Esforços pioneiros foram realizados por Dubois-Reymond, em 1905, que mediu a força de arrasto de pessoas amarradas a um barco em movimento através de um dinamômetro preso a esse barco (Dubois-Reymond, 1905). Um tempo depois, em 1919, Liljestrand e Stenstrom, também mediram a resistência de arrasto puxando um nadador através de um guindaste na praia.

Amar (1920) foi o primeiro a assumir que existe uma força, a de arrasto, e esta está relacionada ao quadrado da velocidade realizada pelo nadador durante o nado

$$D = K \cdot v^2, \quad (1.1)$$

em que D é a força de arrasto, K é uma constante e v é a velocidade do nadador. A equação (1,1), no entanto, está claramente de acordo com a teoria básica da mecânica dos fluidos, em que a força de arrasto está relacionada ao quadrado da velocidade em regimes de alto número de Reynolds.

Karpovich (1933) utilizou técnicas de medidas, como Amar, para determinar a resistência dos nadadores que deslizam passivamente através da água. Baseado nos seus experimentos, encontrou uma relação entre a força de resistência e a velocidade de $D = 29 v^2$. No entanto o corpo se encontra numa posição de braços estável dentro da piscina, uma vez que algumas forças de propulsão precisam ser geradas. Foi então pensado que os movimentos necessários para criar propulsão poderiam induzir em uma resistência adicional, o que resultou em tentativas de vários pesquisadores para determinar a resistência de uma pessoa que está ativamente nadando.

Trabalhos foram realizados no sentido de modelar matematicamente a mecânica do nado de crawl (Yeater, Martin, White, & Gilson, 1981). Um dos aspectos relevantes associados a esse modelo é a possibilidade de associar as forças propulsivas e resistivas, exercidas pelo nadador, às técnicas de nado.

Kolmogorov, S. V.; Duplishcheva, O. A. (1992) Fizeram testes estáticos e dinâmicos em nadadores da seleção russa de natação em 1991. No dinâmico já utilizou a relação da força de arrasto conhecida atualmente.

$$D = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot \rho \cdot S \cdot v^2, \quad (1.2)$$

em que C_d é o coeficiente de arrasto dinâmico, S a área característica do nadador e ρ a massa específica da água.

Nessas condições pode se dizer que o campo de pressão ao redor do atleta é basicamente definido pela pressão dinâmica (Munson, Young, & Okiishi, 2004).

Para o estudo de Kolmogorov, era importante que todos os testes fossem feitos em força máxima para que as potências nos dois casos fossem as mesmas (o teste dinâmico era realizado em duas etapas, com um corpo de arrasto adicional e sem). Após a realização dos testes, ele considerava que o coeficiente de arrasto hidrodinâmico nos dois casos nadados era o mesmo, para facilidade de cálculos futuros.

Considerando, então, as velocidades típicas dos nadadores (2m/s), o comprimento característico dado da envergadura de uma pessoa média (0,8m) e as propriedades da água ($\mu = 1,003 \cdot 10^{-3}$ Pa.s; $\rho = 1000\text{kg/m}^3$), o número de Reynolds típico do escoamento circundante ao nadador é dado por

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot l}{\mu} \quad (1.3)$$

Com isso, o número de Reynolds é da ordem de $1,6 \cdot 10^6$. Analisando um valor de Reynolds alto, pode ser feita consideração utilizada por Kolmogorov. Já que uma variação pequena na velocidade não irá variar significativamente o Reynolds e conseqüentemente o coeficiente de arrasto hidrodinâmico. Pode-se tirar uma base disso pelo fato de que em estudos de esfera, o C_d permanece constante para um número de Reynolds de 10^2 a 10^6 .

O presente trabalho visa contribuir para as metodologias de determinação das forças propulsivas e resistivas com o desenvolvimento de um dispositivo capaz de medir as forças realizadas pelo nadador e simultaneamente sua respectiva velocidade. Para isso, precisaremos de ordem de magnitude dos valores a serem calculados.

A velocidade máxima na natação é realizada em provas curtas como a de 50m, onde os nadadores usam sua potência máxima durante todo o percurso. Com base nos dados de recordes mundiais, tem-se que a velocidade máxima de um nadador não ultrapassa os 3 m/s.

Para magnitude de força, tem-se como base o estudo do Professor S.V. Kolmogorov, Pomor International University, Arkhangelsk, Rússia, que acompanhou a seleção russa de natação de 1990 que treinava para os Jogos de Goodwill, Seattle, ou jogos da Amizade, como ficou conhecido no Brasil (Jogos da Boa Vontade). Ele fez estudos e análises de dados de todos os atletas, de ambos os sexos, e para todas as modalidades. Assim, obteve que a força máxima de

arrasto realizado por um de seus nadadores foi de 176 N no teste dinâmico. Já no teste estático, tem-se como base o estudo realizado por Milivoj Dopsaj que, em 2000, acompanhando 8 nadadores, sendo 3 da seleção de natação de seu país obteve uma força máxima de 375N.

1.4 ESTRUTURA

Este trabalho está dividido em 6 capítulos.

No capítulo 1 introduzimos o tema explicando a relevância e utilidade do trabalho num cenário esportista de alto desempenho, foram abordados os objetivos gerais e específicos para a realização do projeto e, por ultimo, uma revisão bibliográfica do assunto a ser abordado.

No Capítulo 2 foi colocado como o dispositivo será utilizado na plataforma de testes, como são realizados os testes, tanto o estático quanto o dinâmico.

O capítulo 3 fala do dispositivo a ser montado, ou seja, do dispositivo de dinamometria e velocimetria, onde é feita uma análise teórica sobre cada parte do equipamento a ser montado, sua funcionalidade e de que maneira atuará no protótipo em específico. Nesta parte também é mostrado como foi feita a montagem e onde e como foram colocados dentro da piscina.

O capítulo 4 fala sobre como foi feita a calibragem do dispositivo.

No Capítulo 5 temos os resultados do protótipo apresentado, gráficos e valores de aceleração e força.

Por fim, o capítulo 6 trás a conclusão.