

UNESP
FACULDADE DE ENGENHARIA DO CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

GUARATINGUETÁ
2005

MARIA AUXILIADORA ANDRADE PINTO RIBEIRO

FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO (VERTICAL) DE INDIVÍDUOS
REALIZANDO EXERCÍCIO DE HIDROGINÁSTICA EM AMBIENTE
TERRESTRE E AQUÁTICO

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Mestra em Engenharia Mecânica na área de Projetos e Materiais.

Orientador: Prof. Dr. João Alberto de Oliveira

Guaratinguetá

2005

DADOS CURRICULARES

MARIA AUXILIADORA ANDRADE PINTO RIBEIRO

NASCIMENTO	28.07.1961- CRUZEIRO / SP
FILIAÇÃO	Horácio Pinto Tomelina de Andrade
1995 / 1999	Curso de Graduação Escola Superior de Educação Física de Cruzeiro- ESEFIC
2003 / 2005	Aluna regular do programa de mestrado em Engenharia Mecânica – Área de Concentração: Projetos e Materiais.

em especial, a minha mãe com todo o meu amor

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus pelo dom da inteligência e da perseverança tão necessárias para a realização deste trabalho.

Aos meus pais Horácio (In Memorium) e Tomelina (In Memorium) pelo exemplo de luta e determinação para a realização dos sonhos.

Ao meu marido Luiz Fernando, pelo incentivo, dedicação e renúncias durante a realização deste trabalho e aos meus irmãos pelo apoio e torcida nesta minha empreitada.

Aos alunos da Faculdade de Educação Física de Cruzeiro, amostras utilizadas no estudo, um agradecimento especial pela disponibilidade e paciência, durante a coleta de dados.

Ao Prof. Dr. Tamotsu Hirata pela confiança depositada desde o início desta pesquisa e ao Prof. Dr. João Alberto de Oliveira, pelo empenho e dedicação na orientação do mesmo.

Aos colegas Charles Kuramoto e Walter Luiz Medeiros Tupinambá, pela imprescindível colaboração na coleta dos dados.

A todos os funcionários da FEG, que contribuíram para a realização deste trabalho, em particular a Lúcia Helena de Paula Coelho, pelo carinho e ajuda na formatação e ilustração deste trabalho e a bibliotecária Ana Maria Ramos Antunes pela eficiência no atendimento.

“Não nos tornamos mestres porque sabemos repetir o que os mestres fazem, mas porque aprendemos a pensar por nós mesmos”

Paulo Coelho

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo determinar e analisar as razões obtidas pela força de reação vertical e pelo impulso, gerados pelo exercício de hidroginástica Lagosta I, praticado fora d'água, e na profundidade de água na altura do processo xifóide em relação ao peso corporal das amostras, e também determinar e analisar as frequências médias do exercício. O outro objetivo proposto foi determinar e analisar as razões obtidas pela força de reação vertical e pelo impulso, para este mesmo tipo de exercício, adicionando-se pesos de 5,0 N e 10 N, assim como determinar e analisar as frequências médias. A amostra foi composta por dez (10) indivíduos, sendo cinco (05) do sexo masculino e cinco (05) do sexo feminino, com idade média de $(22 \pm 2,13)$ anos, todos alunos de Educação Física e não praticantes de hidroginástica. O exercício Lagosta I foi escolhido por ser o mais utilizado nas aulas de hidroginástica no Brasil, de acordo com Morais (1998). O tempo de execução do exercício foi de 1 minuto, e o tempo de recuperação entre uma execução e outra foi de 3 minutos. Este experimento foi realizado no Laboratório de Biomecânica da FEG, onde o tanque de hidroginástica e a plataforma de força foram projetados e construídos. Através de softwares específicos, Catman 3.1 e do Excel, foram determinadas e analisadas as três (03) variáveis biomecânicas: a força de reação vertical; o impulso e a frequência, provenientes do exercício Lagosta I, praticado no solo e na água, e com influência do peso. As forças médias de reação vertical registraram valores entre 2 a 3 vezes o peso corporal, enquanto na água, estes valores ficaram próximos do peso corporal no solo. As frequências médias no solo ficaram entre 2,22 Hz e 2,81 Hz, e na água entre 1,36 Hz e 2,19 Hz. Os impulsos médios no solo foram superiores aos impulsos médios obtidos na água. A partir das variáveis biomecânicas analisadas neste estudo, pode-se concluir que os exercícios realizados na água protegem e preservam as articulações, quando comparados aos mesmos realizados no solo.

ABSTRACT

The aim of this paper was to determine and analyse the ratios got from the vertical reaction power and from the impulse, produced by the hydrogymnastics exercise “Lobster I”, performed out of water and in the water, around the process xifóide, regarding the sample physical weight, and also to determine and analyse the average frequencies the exercise. Another aim was to determine and analyse the ratios got from the vertical reaction power and from the impulse, to the same kind of exercise, addition weight the 5,0 N and 10 N, as well as to determine and analyse the average frequency. The sample was formed by ten (10) people, five (5) men and five (5) women. The average age was $(22 \pm 2,13)$ years old. All of them were Physical Education (P.E.) students and didn't practice hydrogymnastics. The “Lobster I” exercise was chosen because it was the most used in the hydrogymnastic classes, in Brazil, in agreement with Morais (1998). The exercise performance time was one minute and the resting time between the performances was three minutes. This experiment was carried out in the Biomechanic Laboratory, at FEG, where the hydrogymnastics tank and the power platform were drawn and built. Through specific softwares, Catman 3.1 and Excel, the three (3) biomechanical variables were determined and analysed: the vertical reaction power; the impulse and the frequency, which came from the “Lobster I” exercise, performed on the ground and in the water, with the influence of the water weight. The average powers of the vertical reaction registered values between two or three times the body weight, while, in the water, those values got near the body weight on the ground. The average frequencies on the ground were between 2,22 Hz and 2,81 Hz and, in the water they were between 1,36 Hz and 2,19 Hz. The average impulses on the ground were higher than the average impulses in the water. Through the biomechanical variables analysed in this paper, it is possible to conclude that the exercise carried out in the water protects and preserves the joints when compared with the same exercise carried out the ground.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	- Componente vertical F_z (t) da força de reação do solo para a caminhada e a corrida.....	40
Figura 2.2	- Gráfico de força (PC) x tempo (ms).....	42
Figura 2.3	- Representações das forças de reação do solo durante a execução de saltos verticais.....	43
Figura 2.4	- Lagosta I.....	45
Figura 2.5	- Forças atuantes na direção vertical (Z) em um indivíduo imerso num líquido e em movimento ascendente.....	46
Figura 3.1	- Peso de hidroginástica.....	51
Figura 3.2	- Plataforma de força.....	53
Figura 3.3	- Montagem dos extensômetros elétricos na plataforma de força.....	55
Figura 3.4	- Ensaio de calibração da plataforma de força.....	56
Figura 3.5	- Curva de calibração.....	59
Figura 3.6	- Ensaio realizado no solo – bancada experimental.....	60
Figura 3.7	- Tablado de madeira.....	61
Figura 3.8	- Ensaio realizado na água – bancada experimental.....	62
Figura 3.9	- Tanque de hidroginástica.....	63
Figura 3.10	- Bancada de instrumentação.....	64
Figura 4.1	- Curva de calibração a plataforma de força para os ensaios realizados no solo - $c_s = 7296,30\text{N/mV}$	67
Figura 4.2	- Peso corporal da amostra $H_1\text{PC}$	68
Figura 4.3	- Forças de reação do solo $H_1\text{LGPC}$	69
Figura 4.4	- Forças de reação do solo (10-20)s $H_1\text{LGPC}$	70
Figura 4.5	- Forças de reação do solo (30-40)s $H_1\text{LGPC}$	70
Figura 4.6	- Forças de reação do solo (50 -60) s – $H_1\text{LGPC}$	71
Figura 4.7	- Curva de calibração da plataforma de força para os ensaios realizados na água – $c_a = 7597,49\text{ N/mV}$	87

Figura 4.8	-	Peso hidrostático da amostra H ₁ PH.....	88
Figura 4.9	-	Forças de reação do solo –H ₁ LGPH.....	89
Figura 4.10	-	Forças de reação do solo (10-20)s – H ₁ LGPH.....	90
Figura 4.11	-	Forças de reação do solo (30-40)s – H ₁ LGPH.....	90
Figura 4.12	-	Forças de reação do solo (50-60)s – H ₁ LGPH.....	91
Figura 4.13	-	Curvas de calibração utilizadas para a plataforma de força nos ensaios.....	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	- Dados pessoais coletados.....	50
Tabela 3.2	- Valores médios das tensões de saída (mV), em função das cargas de compressão aplicadas (N) na superfície superior do piso da plataforma.....	58
Tabela 4.1	- Dados estatísticos obtidos para as amostras (homens)...	66
Tabela 4.2	- Dados estatísticos obtidos para as amostras (mulheres).	66
Tabela 4.3	- Dados estatísticos obtidos para as amostras (homens e mulheres).....	67
Tabela 4.4	- Peso corporal das amostras.....	68
Tabela 4.5	- Dados obtidos no solo – H ₁ LGPC.....	71
Tabela 4.6	- Dados obtidos no solo – H ₂ LGPC.....	72
Tabela 4.7	- Dados obtidos no solo – H ₃ LGPC.....	72
Tabela 4.8	- Dados obtidos no solo – H ₄ LGPC.....	73
Tabela 4.9	- Dados obtidos no solo – H ₅ LGPC.....	73
Tabela 4.10	- Dados obtidos no solo – M ₁ LGPC.....	74
Tabela 4.11	- Dados obtidos no solo – M ₂ LGPC.....	74
Tabela 4.12	- Dados obtidos no solo – M ₃ LGPC.....	75
Tabela 4.13	- Dados obtidos no solo – M ₄ LGPC.....	75
Tabela 4.14	- Dados obtidos no solo – M ₅ LGPC.....	76
Tabela 4.15	- Dados obtidos no solo – H ₁ LGPCP ₁	76
Tabela 4.16	- Dados obtidos no solo – H ₂ LGPCP ₁	77
Tabela 4.17	- Dados obtidos no solo – H ₃ LGPCP ₁	77
Tabela 4.18	- Dados obtidos no solo – H ₄ LGPCP ₁	78
Tabela 4.19	- Dados obtidos no solo – H ₅ LGPCP ₁	78
Tabela 4.20	- Dados obtidos no solo – M ₁ LGPCP ₁	79
Tabela 4.21	- Dados obtidos no solo – M ₂ LGPCP ₁	79
Tabela 4.22	- Dados obtidos no solo – M ₃ LGPCP ₁	80
Tabela 4.23	- Dados obtidos no solo – M ₄ LGPCP ₁	80

Tabela 4.24	-	Dados obtidos no solo – M ₅ LGPCP ₁	81
Tabela 4.25	-	Dados obtidos no solo – H ₁ LGPCP ₂	82
Tabela 4.26	-	Dados obtidos no solo – H ₂ LGPCP ₂	82
Tabela 4.27	-	Dados obtidos no solo – H ₃ LGPCP ₂	83
Tabela 4.28	-	Dados obtidos no solo – H ₄ LGPCP ₂	83
Tabela 4.29	-	Dados obtidos no solo – H ₅ LGPCP ₂	84
Tabela 4.30	-	Dados obtidos no solo – M ₁ LGPCP ₂	84
Tabela 4.31	-	Dados obtidos no solo – M ₂ LGPCP ₂	85
Tabela 4.32	-	Dados obtidos no solo – M ₃ LGPCP ₂	85
Tabela 4.33	-	Dados obtidos no solo – M ₄ LGPCP ₂	86
Tabela 4.34	-	Dados obtidos no solo – M ₅ LGPCP ₂	86
Tabela 4.35	-	Peso hidrostático das amostras.....	88
Tabela 4.36	-	Dados obtidos na água – H ₁ LGPH.....	91
Tabela 4.37	-	Dados obtidos na água – H ₂ LGPH.....	92
Tabela 4.38	-	Dados obtidos na água – H ₃ LGPH.....	92
Tabela 4.39	-	Dados obtidos na água – H ₄ LGPH.....	93
Tabela 4.40	-	Dados obtidos na água – H ₅ LGPH.....	93
Tabela 4.41	-	Dados obtidos na água M ₁ LGPH.....	94
Tabela 4.42	-	Dados obtidos na água M ₂ LGPH.....	94
Tabela 4.43	-	Dados obtidos na água M ₃ LGPH.....	95
Tabela 4.44	-	Dados obtidos na água M ₄ LGPH.....	95
Tabela 4.45	-	Dados obtidos na água M ₅ LGPH.....	96
Tabela 4.46	-	Dados obtidos na água H ₁ LGPH.....	96
Tabela 4.47	-	Dados obtidos na água H ₂ LGPHP ₁	97
Tabela 4.48	-	Dados obtidos na água H ₃ LGPHP ₁	97
Tabela 4.49	-	Dados obtidos na água H ₄ LGPHP ₁	98
Tabela 4.50	-	Dados obtidos na água H ₅ LGP HP ₁	98
Tabela 4.51	-	Dados obtidos na água M ₁ LGPHP ₁	99
Tabela 4.52	-	Dados obtidos na água M ₂ LGPHP ₁	99
Tabela 4.53	-	Dados obtidos na água M ₃ LGPHP ₁	100
Tabela 4.54	-	Dados obtidos na água M ₄ LGPHP ₁	100

Tabela 4.55	-	Dados obtidos na água M ₅ LGPHP ₁	101
Tabela 4.56	-	Dados obtidos na água H ₁ LGPHP ₂	101
Tabela 4.57	-	Dados obtidos na água H ₂ LGPHP ₂	102
Tabela 4.58	-	Dados obtidos na água H ₃ LGPHP ₂	102
Tabela 4.59	-	Dados obtidos na água H ₄ LGPHP ₂	103
Tabela 4.60	-	Dados obtidos na água H ₅ LGPHP ₂	103
Tabela 4.61	-	Dados obtidos na água M ₁ LGPHP ₂	104
Tabela 4.62	-	Dados obtidos na água M ₂ LGPHP ₂	104
Tabela 4.63	-	Dados obtidos na água M ₃ LGPHP ₂	105
Tabela 4.64	-	Dados obtidos na água M ₄ LGPHP ₂	105
Tabela 4.65	-	Dados obtidos na água M ₅ LGPHP ₂	106
Tabela 4.66	-	Apresentação das frequências médias obtidas devido ao peso corporal das amostras no solo.....	108
Tabela 4.67	-	Apresentação das frequências médias obtidas devido a adição do peso (P ₁) no solo.....	109
Tabela 4.68	-	Apresentação das frequências médias obtidas devido a adição do peso (P ₂) no solo.....	110
Tabela 4.69	-	Apresentação das forças médias obtidas devido ao peso corporal das amostras no solo.....	111
Tabela 4.70	-	Apresentação das forças médias obtidas devido a adição do peso 5,0 N (P ₁).....	112
Tabela 4.71	-	Apresentação das forças médias obtidas devido a adição do peso 10 N (P ₂).....	113
Tabela 4.72	-	Apresentação dos impulsos médios obtidos devido ao peso corporal das amostras no solo.....	114
Tabela 4.73	-	Apresentação dos impulsos médios obtidos, devido a adição do peso 5,0 N (P ₁).....	115
Tabela 4.74	-	Apresentação dos impulsos médios obtidos, devido a adição do peso 10 N (P ₂).....	116
Tabela 4.75	-	Apresentação das frequências médias obtidas devido ao peso hidrostático das amostras na água.....	117

Tabela 4.76	- Apresentação das frequências médias obtidas devido a adição do peso (P_1) na água.....	118
Tabela 4.77	- Apresentação das frequências médias obtidas devido a adição do peso (P_2) na água.....	119
Tabela 4.78	- Apresentação das forças médias obtidas devido ao peso hidrostático das amostras na água.....	120
Tabela 4.79	- Apresentação das forças médias obtidas devido a adição do peso 5,0 N (P_1).....	121
Tabela 4.80	- Apresentação das forças médias obtidas devido a adição do peso 10 N (P_2).....	122
Tabela 4.81	- Apresentação dos impulsos médios obtidos devido ao peso hidrostático das amostras na água.....	123
Tabela 4.82	- Apresentação dos impulsos médios obtidos devido a adição do peso 5,0 N (P_1).....	124
Tabela 4.83	- Apresentação dos impulsos médios obtidos devido a adição do peso 10 N (P_2).....	125
Tabela 4.84	- Razão entre força média e peso corporal para as amostras no solo.....	126
Tabela 4.85	- Razão entre força média e peso corporal obtidos no solo com a adição do peso (P_1).....	127
Tabela 4.86	- Razão entre força média e peso corporal obtidos no solo com a adição do peso (P_2).....	128
Tabela 4.87	- Razão entre força média e peso hidrostático obtidos na água.....	129
Tabela 4.88	- Razão entre força média e peso hidrostático obtidos com a adição do peso (P_1).....	130
Tabela 4.89	- Razão entre força média e peso hidrostático obtidos na água com a adição do peso (P_2).....	131
Tabela 4.90	- Razão entre impulso médio e peso corporal para as amostras no solo.....	132

Tabela 4.91	- Razão entre impulso médio e peso corporal obtidos no solo com a adição do peso (P_1).....	133
Tabela 4.92	- Razão entre impulso médio e peso corporal obtidos no solo com a adição do peso (P_2).....	134
Tabela 4.93	- Razão entre impulso médio e peso hidrostático obtidos na água.....	135
Tabela 4.94	- Razão entre impulso médio e peso hidrostático na água obtidos com a adição do peso (P_1).....	136
Tabela 4.95	- Razão entre impulso médio e peso hidrostático obtidos na água com a adição do peso (P_2).....	137

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACM	-	Associação Cristã de Moços
BTU	-	Unidades Térmicas Britânicas
CGS	-	Sistema centímetro/ grama/ segundo
DMT	-	Departamento de Materiais e Tecnologia
FEG	-	Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá
HBM	-	Hottinger Baldwin Messtechnik

LISTAS DE SIMBOLOS

ΔE	-	Tensão de saída da ponte Wheatstone
ε_f	-	Deformação por flexão
A	-	Área
a	-	Aceleração do corpo
cal	-	Calorias
dyn/cm ²	-	Dina por centímetro quadrado
F	-	Força
f	-	Frequência
F _a	-	Força de arrasto hidrodinâmica
F _f	-	Força de flutuação ou força de empuxo
F _m	-	Força média
F _{mz}	-	Força de reação do solo na direção vertical
F _v	-	Força de reação vertical
F _x	-	Força de reação do solo na direção horizontal (médio-lateral)
F _y	-	Força de reação do solo na direção horizontal (antero-posterior)
F _z	-	Força de reação do solo na direção vertical
g	-	Aceleração da gravidade
g/cm ³	-	Gramas por centímetro cúbico
Hz	-	Hertz
lb/ pol ²	-	Libras por polegada quadrada
Imp	-	Impulso
Imp _m	-	Impulso médio
K	-	Fator do extensômetro
kg/m	-	Kilogramas por metro
kg/m ²	-	Kilogramas por metro quadrado
kg/m ³	-	Kilogramas por metro cúbico
m	-	Massa do corpo
mmHg	-	Milímetros de mercúrio
mmHg/ft	-	Milímetros de mercúrio por pé
ms	-	Milisegundos
mV	-	Milivolts

M_x	-	Momento de flexão em x
M_y	-	Momento de flexão em y
N	-	Newton
n	-	Número de ciclos
PC	-	Peso corporal
PH	-	Peso hidrostático
s	-	Segundos
T	-	Período
T_{ef}	-	Tempo efetivo
V	-	Tensão da ponte
W	-	Força peso ou força gravitacional

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

1	INTRODUÇÃO	
1.1	Objetivos.....	27
1.1.1	Objetivo geral.....	27
1.1.2	Objetivo específico.....	27
1.2	Estrutura da Dissertação.....	29
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	29
2.1	Histórico da Utilização da Água para fins Terapêuticos...	30
2.2	Hidroginástica – Exercícios Físicos Utilizando as Propriedades Físicas da Água.....	32
2.3	Parâmetros Biomecânicos envolvidos na Análise de Exercícios de Hidroginástica dentro e fora d’água.....	32
2.3.1	Conceitos de biomecânica.....	34
2.3.2	Forças internas e externas.....	35
2.3.2.1	Força de reação do solo.....	41
2.3.2.2	Impulso – momento.....	43
2.3.3	Influência da hidroginástica nos parâmetros biomecânicos.....	46
2.3.3.1	Forças atuantes na direção vertical em indivíduos praticando hidroginástica.....	47

2.4	Utilização de Equipamentos Aquáticos.....	47
3	PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS –	
	MÉTODOS.....	49
3.1	Introdução.....	49
3.2	Local de Execução.....	49
3.3	Amostra.....	49
3.3.1	Seleção da amostra.....	49
3.3.2	Características específicas da amostra.....	50
3.3.3	Registro de dados individuais das amostras.....	50
3.4	Peso Utilizado na Hidroginástica.....	51
3.5	Exercício a ser Realizado.....	51
3.5.1	Exercício Lagosta I.....	51
3.5.2	Protocolo para coleta de dados.....	52
3.5.2.1	Exercício realizado no solo.....	53
3.5.2.2	Exercício realizado na água.....	53
3.6	Bancada Experimental Utilizada	53
3.6.1	Plataforma de força.....	53
3.6.1.1	Montagem da plataforma.....	55
3.6.1.2	Colagem dos extensômetros elétricos	56
3.6.1.3	Calibragem da plataforma de força	56
3.6.1.3.1	Ensaio de calibração	59
3.6.1.3.2	Curva de calibração.....	60
3.6.2	Ensaio realizado no solo.....	62
3.6.3	Ensaio realizado na água.....	65
3.7	Instrumentos de Medidas:	65
3.7.1	Balança.....	65
3.7.2	Estadiômetro.....	65
3.7.3	Cronômetro	65

3.7.4	Termômetro.....	65
4	ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS.....	66
4.1	Dados Estatísticos das Amostras	66
4.1.1	Homens.....	66
4.1.2	Mulheres.....	66
4.1.3	Homens e Mulheres.....	66
4.2	Dados Obtidos nos Ensaios Realizados no Solo.....	67
4.2.1	Curva de calibração da plataforma de força para os ensaios realizados na solo.....	67
4.2.2	Pesos corporais obtidos para as amostras através da plataforma de força.....	68
4.2.3	Forças médias (picos de força) e impulsos médios obtidos para as amostras (Lagosta I)	69
4.2.3.1	Influência do peso corporal.....	69
4.2.3.1.1	H ₁ LGPC.....	69
4.2.3.1.2	H ₂ LGPC.....	71
4.2.3.1.3	H ₃ LGPC.....	72
4.2.3.1.4	H ₄ LGPC.....	72
4.2.3.1.5	H ₅ LGPC.....	73
4.2.3.1.6	M ₁ LGPC.....	73
4.2.3.1.7	M ₂ LGPC.....	74
4.2.3.1.8	M ₃ LGPC.....	74
4.2.3.1.9	M ₄ LGPC.....	75
4.2.3.1.10	M ₅ LGPC.....	75
4.2.3.2	Influência da adição do peso 5,0 N (P ₁)	76
4.2.3.2.1	H ₁ LGPCP ₁	76
4.2.3.2.2	H ₂ LGPCP ₁	77
4.2.3.2.3	H ₃ LGPCP ₁	77
4.2.3.2.4	H ₄ LGPCP ₁	78
4.2.3.2.5	H ₅ LGPCP ₁	78

4.2.3.2.6	M ₁ LGPCP ₁	79
4.2.3.2.7	M ₂ LGPCP ₁	79
4.2.3.2.8	M ₃ LGPCP ₁	80
4.2.3.2.9	M ₄ LGPCP ₁	80
4.2.3.2.10	M ₅ LGPCP ₁	81
4.2.3.3	Influência da adição do peso 10 N (P ₂).....	81
4.2.3.3.1	H ₁ LGPCP ₂	81
4.2.3.3.2	H ₂ LGPCP ₂	82
4.2.3.3.3	H ₃ LGPCP ₂	82
4.2.3.3.4	H ₄ LGPCP ₂	83
4.2.3.3.5	H ₅ LGPCP ₂	83
4.2.3.3.6	M ₁ LGPCP ₂	84
4.2.3.3.7	M ₂ LGPCP ₂	85
4.2.3.3.8	M ₃ LGPCP ₂	85
4.2.3.3.9	M ₄ LGPCP ₂	86
4.2.3.3.10	M ₅ LGPCP ₂	86
4.3	Dados Obtidos nos Ensaio Realizados na Água.....	87
4.3.1	Curva de calibração da plataforma de força para os ensaios realizados na água.....	87
4.3.2	Pesos hidrostáticos obtidos para as amostras através da plataforma de força.....	87
4.3.3	Forças médias (picos de força) e impulsos médios obtidos para as amostras (Lagosta I).....	88
4.3.3.1	Influência do peso hidrostático	89
4.3.3.1.1	H ₁ LGPH.....	89
4.3.3.1.2	H ₂ LGPH.....	91
4.3.3.1.3	H ₃ LGPH.....	92
4.3.3.1.4	H ₄ LGPH.....	92
4.3.3.1.5	H ₅ LGPH.....	93
4.3.3.1.6	M ₁ LGPH.....	93

4.3.3.1.7	M ₂ LGPH.....	94
4.3.3.1.8	M ₃ LGPH.....	94
4.3.3.1.9	M ₄ LGPH.....	95
4.3.3.1.10	M ₅ LGPH.....	95
4.3.3.2	Influência da adição do peso 5,0 N (P ₁).....	96
4.3.3.2.1	H ₁ LGPHP ₁	96
4.3.3.2.2	H ₂ LGPHP ₁	96
4.3.3.2.3	H ₃ LGPHP ₁	97
4.3.3.2.4	H ₄ LGPHP ₁	97
4.3.3.2.5	H ₅ LGPHP ₁	98
4.3.3.2.6	M ₁ LGPHP ₁	98
4.3.3.2.7	M ₂ LGPHP ₁	99
4.3.3.2.8	M ₃ LGPHP ₁	100
4.3.3.2.9	M ₄ LGPHP ₁	100
4.3.3.2.10	M ₅ LGPHP ₁	101
4.3.3.3	Influência da adição do peso 10 N (P ₂).....	101
4.3.3.3.1	H ₁ LGPHP ₂	101
4.3.3.3.2	H ₂ LGPHP ₂	102
4.3.3.3.3	H ₃ LGPHP ₂	102
4.3.3.3.4	H ₄ LGPHP ₂	103
4.3.3.3.5	H ₅ LGPHP ₂	103
4.3.3.3.6	M ₁ LGPHP ₂	104
4.3.3.3.7	M ₂ LGPHP ₂	104
4.3.3.3.8	M ₃ LGPGP ₂	105
4.3.3.3.9	M ₄ LGPHP ₂	105
4.3.3.3.10	M ₅ LGPHP ₂	106
4.4	Comparação entre as Curvas de Calibração utilizadas para Plataforma de Força nos Ensaios	107

4.5	Apresentação dos Dados Obtidos para as Amostras nos Ensaios Realizados no Solo.....	108
4.5.1	Frequências de execução do exercício Lagosta I.....	108
4.5.1.1	Influência do peso corporal	108
4.5.1.2	Influência da adição do peso 5,0 N (P_1).....	108
4.5.1.3	Influência da adição do peso 10 N (P_2).....	109
4.5.2	Forças médias de reação no solo (picos de força na vertical)...	110
4.5.2.1	Influência do peso corporal.....	110
4.5.2.2	Influência da adição do peso 5,0 N (P_1).....	111
4.5.2.3	Influência da adição do peso 10 N (P_2).....	112
4.5.3	Impulsos médios obtidos no solo.....	113
4.5.3.1	Influência do peso corporal	113
4.5.3.2	Influência da adição do peso 5,0 N (P_1).....	114
4.5.3.3	Influência da adição do peso 10 N (P_2).....	115
4.6	Apresentação dos Dados Obtidos para as Amostras nos Ensaios Realizados na Água.....	116
4.6.1	Frequências de execução do exercício Lagosta I.....	116
4.6.1.1	Influência do peso hidrostático	116
4.6.1.2	Influência da adição do peso 5,0 N (P_1)	117
4.5.1.3	Influência da adição do peso 10 N (P_2).....	118
4.6.2	Forças médias de reação no solo (picos de força na vertical)...	119
4.6.2.1	Influência do peso hidrostático	119
4.6.2.2	Influência da adição do peso 5,0 N (P_1).....	120
4.6.2.3	Influência da adição do peso 10 N (P_2).....	121
4.6.3	Impulsos médios obtidos no solo.....	122
4.6.3.1	Influência do peso hidrostático	122
4.6.3.2	Influência da adição do peso 5,0 N (P_1).....	123
4.6.3.3	Influência da adição do peso 10 N (P_2).....	124

4.7	Razão entre Força Média e Peso Corporal Obtidos para as amostras no Solo	125
4.7.1	Influência do Peso Corporal	125
4.7.2	Influência da adição do peso 5,0 N (P_1)	126
4.7.3	Influência da adição do peso 10 N (P_2)	127
4.8	Razão entre Força Média e Peso Hidrostático Obtidos para as Amostras na Água	128
4.8.1	Influência do peso hidrostático	128
4.8.2	Influência da adição do peso 5,0 N (P_1)	129
4.8.3	Influência da adição do peso 10 N (P_2)	130
4.9	Razão entre Impulso Médio e Peso Corporal Obtidos para as Amostras no Solo.....	131
4.9.1	Influência do peso corporal.....	131
4.9.2	Influência da adição do peso 5,0 N (P_1)	132
4.9.3	Influência da adição do peso 10 N (P_2)	133
4.10	Razão entre Impulso Médio e Peso Hidrostático Obtidos para as Amostras na Água	134
4.10.1	Influência do peso hidrostático.....	134
4.10.2	Influência da adição do peso 5,0 N (P_1).....	135
4.10.3	Influência da adição do peso 10 N (P_2)	136
4.11	Discussão dos Resultados.....	137
4.11.1	Frequências de execução do exercício Lagosta I.....	137
4.11.2	Forças médias de reação do solo e impulsos médios.....	139
4.11.3	Razão entre força média e impulso médio pelo peso corporal no solo e na água.....	140

5	CONCLUSÃO.....	143
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	144
	ANEXO A.....	146
	ANEXO B.....	161

1 INTRODUÇÃO

As formas de utilização da água pelo homem são muito variadas, abrangendo desde aspectos higiênicos, recreativos e terapêuticos, como um meio de promover a saúde, a reabilitação e o treinamento físico

A hidrogenástica surgiu no final da década de 80, época em que, a ginástica aeróbica de alto impacto, largamente difundida em países como Estados Unidos e Brasil, começava a ser questionada sobre o impacto que produzia nas articulações e as prováveis lesões provenientes do mesmo.

Segundo Bonachela (1999, 2001), Delgado (2001), Rochal (1994), Grimes & Krasevec (s.d), Kruehl (1994, 2000) e Marques (1999), uma das principais vantagens do exercício no meio líquido é provavelmente a redução significativa dos estresses articulares, devido aos efeitos da flutuação e diminuição do peso hidrostático.

O impacto sobre o corpo humano em diferentes circunstâncias tem sido alvo de vários estudos.

A biomecânica, a partir de métodos e técnicas próprias como, por exemplo, a dinamometria, utiliza a força de reação do solo como um parâmetro indicador de sobrecarga.

Apesar da grande aplicabilidade e do reconhecimento dos benefícios da atividade física no meio líquido, devido a menor tendência em provocar lesões e traumatismos nas articulações, em comparação às atividades desenvolvidas em meio terrestre, existe uma carência de trabalhos científicos que quantifiquem a sobrecarga na prática da hidrogenástica.

Nesse contexto, observa-se que faltam subsídios para uma melhor prescrição dos exercícios no meio líquido.

Revisando a literatura, nada consta sobre a associação do peso em relação aos níveis de sobrecargas resultantes da prática da hidrogenástica.

Sendo assim, este estudo pretende determinar e analisar o comportamento da força de reação do solo, do impulso e da frequência para um mesmo tipo de

exercício de hidroginástica praticado dentro e fora d'água, assim como o comportamento destas mesmas variáveis quando da utilização do peso.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Determinar e analisar o comportamento das variáveis biomecânicas, força média de reação do solo, impulso médio e frequência média durante a prática de um tipo de exercício de hidroginástica realizado fora d'água e com profundidade de água na altura do processo xifóide.

1.1.2 Objetivo específico

- Determinar e analisar através das razões obtidas da força média de reação do solo na vertical e do impulso médio gerados pelo exercício de hidroginástica Lagosta I, praticado fora d'água e na profundidade de água na altura do processo xifóide, em relação ao peso corporal das amostras; assim como, determinar e analisar as frequências médias.
- Determinar e analisar através das razões obtidas da força média de reação do solo na vertical, e do impulso médio gerados para este mesmo tipo de exercício, com a utilização do equipamento aquático peso respectivamente de 5,0 N e 10 N em relação ao peso corporal das amostras; assim como determinar e analisar as frequências médias para o exercício proposto.

1.2 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação é composta por cinco capítulos, glossário e anexos, sendo apresentados na seguinte ordem:

Capítulo I

Introdução: apresenta uma visão geral do assunto a que se refere a pesquisa, indicando os problemas que serão tratados.

Capítulo II

Revisão de Literatura: embasamento teórico a partir de uma compilação crítica e retrospectiva de várias obras relacionadas ao tema.

Capítulo III

Procedimentos experimentais: metodologia, descrição e ilustração dos equipamentos utilizados na pesquisa e a metodologia empregada.

Capítulo IV

Apresentação e análise dos resultados: são apresentados e analisados os resultados obtidos.

Capítulo V

Conclusão

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Histórico da Utilização da Água para Fins Terapêuticos

Para Skinner & Thomson (1985) e Bonachela (1994,2001), a utilização da água como agente terapêutico é conhecido desde a antigüidade. Os romanos a usavam com finalidades recreativas e curativas. Ainda segundo Skinner & Thomson (1985), Hipócrates (460-375 a.C) empregava água quente e fria no tratamento de doenças. Cole; Morris e Ruoti (2000), acrescentam que Homero utilizava a água para tratar a fadiga, curar lesões e combater a melancolia.

Conforme Epstein ¹ (1976, 1978 apud Kruehl, 2000) o uso da imersão na água como agente terapêutico é muito antigo e que todas as civilizações antigas, como, Egípcios, Hebreus, Persas, Hindus e Chineses referem-se as propriedades da imersão na água.

De acordo com Silva (1987), estudos arqueológicos relatam que a cinco mil anos, na Índia, já existiam piscinas de água quente e, ainda, que figuras assírias de baixo relevo mostravam estilos rudimentares de natação.

Segundo Bonachela (1994, 2001), em 1697, na Inglaterra o médico Joham Flayer construiu piscinas rasas e compridas colocando pequenas pedras no fundo onde seus pacientes faziam caminhadas com água na altura dos joelhos. Na Hungria, em 1830, surgiram os banhos em águas sulfurosas (quentes), acompanhadas por exercícios calistênicos. Acrescenta ainda Bonachela (1994, 2001) que na Alemanha, a prática de exercícios dentro d'água visou inicialmente atender um grupo de pessoas com mais idade que precisavam praticar uma atividade física segura, sem causar riscos ou lesões às articulações e lhes proporcionassem bem estar físico.

Marques e Pereira (1999), relatam que os exercícios no meio líquido continuam sendo fontes de referências para numerosas pesquisas e estudos desde o

¹ Epstein, M. Cardiovascular and renal effects of heat-out water immersion in man. *Circulation Research*. 39(5):619-628. 1976.

Epstein, M. Renal Effects of Head-Out Water Immersion in Man: Implications for Understanding of Volume Homeostasis. *Physiological Reviews*. 58(3):529-581. 1978.

início do século XX, devido às suas enormes vantagens, como, um menor impacto articular. Para Kruehl (2000), os exercícios dentro d'água, se tornaram uma forma de atividade física largamente utilizada, principalmente como uma forma de diminuir as forças compressivas que atuam nas articulações, principalmente nas de membros inferiores, reduzindo assim o estresse e provavelmente as lesões articulares.

2.2 Hidroginástica- Exercícios Físicos Utilizando as Propriedades Físicas da Água

De acordo com Bonachela (1994, 2001), a Hidroginástica teve seu início na Alemanha e chegou aos Estados Unidos segundo Mendes (1991), através da Associação Cristã de Moços (ACM), sendo neste país aperfeiçoada e largamente difundida.

Segundo Delgado (2001), foram os americanos que utilizaram a Hidroginástica pela primeira vez como uma atividade física, uma vez que, suas características iniciais eram no campo da reabilitação funcional.

Hoje é uma atividade muito utilizada em países como Japão, Alemanha, Estados Unidos e Brasil, inclusive fazendo parte do programa de treinamento de diversas modalidades esportivas.

Para Rocha (1994), a hidroginástica vem ganhando um número cada vez mais acentuado de adeptos, sendo uma atividade alternativa de grande valia com resultados expressivos tanto para idosos, obesos, hipertensos, gestantes e outros.

Segundo Grimes & Krasevec (s.d.), a hidroginástica é uma forma muito versátil de exercício vista por muitos como um programa ideal de condicionamento físico total somando-se o trabalho de musculação com o trabalho aeróbio. Acrescenta ainda que, é um programa que não se encaixa nos moldes tradicionais, fácil de aprender, e com menor riscos de lesões articulares. Delgado (2001), acrescenta ainda que a hidroginástica pode ser praticada até por pessoas com problemas ósseo – articular.

Para Kruehl (1994), as atividades aquáticas são amplamente utilizadas nas mais diversas áreas, tais como : Educação Física, Ortopedia, Fisioterapia, Fisioterapia e Medicina Esportiva. Os profissionais destas áreas estimulam a prática dessas atividades para ajudar na recuperação de atletas lesionados, ou pessoas com problemas no sistema locomotor.

Segundo Marques (1999), a hidroginástica, mais especificamente a corrida aquática (cross- training), surge como treinamento complementar de corredores, pois permite reduzir o impacto e os riscos de lesões nos membros inferiores por fadiga, assim como prover uma condição sem carga para a reabilitação. Para o referido autor, o exercício aquático pode preservar a integridade da articulação lesada, manter os músculos não lesados ativos e sobretudo o “FITNESS” cardiovascular.

Para Bates & Hamson (1998), como meio para exercitar-se, a água pode ser muito benéfica para aqueles que compreendem seus princípios e propriedades (anexo A).

De acordo com Bonachela (1994, 2001), Delgado (2001) e Skinner & Thomson (1995) dentre as leis físicas da água, (anexo I) as mais importantes são as de flutuação (Princípio de Arquimedes) e da pressão hidrostática (Lei de Pascal).

Conforme estes autores, o princípio de Arquimedes afirma que, quando um corpo está completa ou parcialmente imerso em um líquido em repouso, ele sofre um empuxo para cima igual ao peso do líquido deslocado.

Na água, a habilidade de um corpo flutuar é importante na maioria dos esportes aquáticos. Atualmente não só esta habilidade é importante, mas também as forças que atuam no meio líquido, fazendo com que o indivíduo diminua o peso hidrostático, e conseqüentemente, as forças compressivas que atuam nas articulações, principalmente nas dos membros inferiores, reduzindo assim o estresse e provavelmente as lesões articulares(Kruehl,2000,p.13).

Para Bonachela (1994, 2001), Delgado (2001), Grimes & Krasevec (s.d) Kruehl (1994, 2000), Marques (1999), Rocha(1994) e Skinner & Thomson (1995), os efeitos da flutuação se observam na diminuição dos riscos de lesões, facilitam a execução dos movimentos e as articulações ficam livres de altos impactos.

Para Kruehl (1994), a menor tendência em provocar lesões se deve, principalmente, à diminuição de seu Peso Hidrostático (PH), sendo o PH o resultado do peso corporal (força gravitacional) menos a força de empuxo.(anexo B).

Segundo Bonachela (1994, 2001), provavelmente os dados obtidos por Kruehl (1994), (anexo B), são de grande valia para professores de Educação Física, Fisioterapeutas, Ortopedistas, Fisiatras e Especialistas em Medicina Esportiva, que trabalham com indivíduos na posição vertical dentro da água, uma vez que os mesmos, poderão estimar satisfatoriamente o peso hidrostático a que o indivíduo está sujeito em determinada profundidade de água sem a necessidade de aparelhos sofisticados para a determinação do mesmo.

2.3 Parâmetros Biomecânicos Envolvidos na Análise de Exercícios de Hidroginástica Dentro e Fora D'água

2.3.1 Conceitos de biomecânica

Amadio (1997, p.11) coloca que “a biomecânica é uma disciplina entre as ciências derivadas das ciências naturais, que se ocupa com análises físicas de sistemas biológicos, conseqüentemente, análises físicas de movimentos do corpo humano”.

Esta afirmação científica apoia-se em dois fatores fundamentais:

- 1- A biomecânica apresenta claramente definido seu objeto de estudo, definindo assim sua estrutura de base do conhecimento;
- 2- Seus resultados de investigações são obtidos através do uso de métodos científicos próprios, envolvendo todas as etapas do trabalho científico.

Os métodos científicos utilizados em biomecânica podem ser :

- 1- teórico-dedutivos ou determinísticos, baseados somente em leis físicas e relações matemáticas (relações causais)
- 2- empírico-indutivos ou indeterminístico, baseados em relações estatísticas (relações formais) e relações experimentais,
- 3- métodos combinados, que tentam conjugar os dois anteriores, em função do problema a ser tratado.

Ainda de acordo com Amadio (1997), o atual desenvolvimento da biomecânica é expresso pelos novos procedimentos e técnicas de investigação, se reconhece a tendência crescente de se combinar várias disciplinas científicas na análise do movimento humano.

Nos últimos anos o progresso das técnicas de medição, coleta, armazenamento e processamento de dados contribuiu enormemente para a análise do movimento humano.

Para a investigação do movimento humano em biomecânica, devido a complexibilidade estrutural do mesmo, torna-se necessário a aplicação simultânea de métodos de mensuração nas diversas áreas do conhecimento da ciência, denominado “Complexa Investigação” do movimento.

Este procedimento deve envolver todos os métodos de pesquisa em biomecânica, determinados de acordo com as variáveis a serem observadas na análise do movimento.

Todo estudo biomecânico depende da determinação de grandezas mecânicas (qualitativas ou quantitativas), as quais podem ser interpretadas como propriedades do corpo humano em análise comportamental ou mesmo entendidas no processo de desenvolvimento como passível de alterações.

Dessa forma, as técnicas de medição de grandezas físicas aplicadas ao corpo humano são essenciais para o estudo tanto na biomecânica externa quanto na biomecânica interna.

Os procedimentos podem ainda ser classificados quanto à técnica de medição em:

- 1- Procedimentos Mecânicos: observações de grandezas por medição direta e que não se alteram muito rapidamente;
- 2- Procedimentos Eletrônicos: grandezas mecânicas são transformadas em elétricas, facilitando a medição de grandezas que se alteram muito rapidamente com o tempo e daí adaptem-se ao processamento de dados, permitindo desta maneira medições dinâmicas;
- 3- Procedimentos Ópticos- Eletrônicos (processamento de imagens): representação óptica e geométrica do objeto a ser analisado. Neste caso análises e medições são feitas no modelo, ou seja, são procedimentos indiretos uma vez que a análise é feita no modelo representado.

Os métodos utilizados pela biomecânica para abordar as diversas formas de movimento são: cinemetria, antropometria, eletromiografia e dinamometria. Este trabalho de pesquisa está envolvido com o método referente à dinamometria, e que envolve o estudo de dois parâmetros biomecânicos : força de reação vertical do solo e impulso.

2.3.2 Forças internas e externas

²Segundo Bauman (1995 apud Amadio,1997) uma das principais preocupações da biomecânica é a determinação das forças que agem no corpo humano.

No caso do aparelho locomotor, as forças que atuam nesse sistema são classificadas como internas e externas.

As forças internas são aquelas originadas e transmitidas pelas estruturas biológicas como por exemplo, as forças musculares aplicadas nas articulações, tendões e ligamentos.

² Baumann, W. Procedimentos para determinar as forças internas na biomecânica do ser humano, aspectos da carga e sobrecarga nas extremidades inferiores. VI Congresso Brasileiro de Biomecânica. Brasília. Conferência de Abertura, 1995.

Essas forças são objeto de estudo da biomecânica interna, que se preocupa em conhecer as relações existentes entre as variáveis internas e quantificar a sobrecarga no aparelho locomotor durante seus movimentos.

As forças externas são provenientes de corpos externos ao sistema, determinando todas as interações físicas entre os corpos e o meio ambiente, como por exemplo, as forças de reação do solo e a gravidade. Essas forças são objetos de estudo da biomecânica externa que estuda as variáveis observáveis diretamente.

Portanto, o que determina se uma força é interna ou externa a um sistema, é se esta força é exercida por um corpo interno ou externo, que pertence ou não ao sistema previamente definido.

2.3.2.1 Força de reação do solo

De acordo com Amadio (1997), dentre os estudos biomecânicos que buscam descrever indicadores do comportamento das variáveis dinâmicas durante o andar, a força de reação do solo têm sido muito utilizada como componente descritivo primário para indicar a sobrecarga no aparelho locomotor durante a fase de apoio.

Essa variável biomecânica mostrou-se sob a forma de um padrão constante e repetitivo, independente das condições do solo, idade dos indivíduos ou velocidade do deslocamento do andar (AMADIO, 1997).

Este padrão apresenta determinadas características que podem ser alteradas devido as condições ambientais ou do indivíduo, como a presença de uma patologia, por exemplo. Porém sua forma geral é constante e regular.

Como medida da variabilidade total dos perfis médios, para todas as tentativas de um indivíduo, tem-se utilizado o coeficiente de variabilidade (CV), que pode ser calculado segundo (WINTER,1979) e representa os desvios-padrão ao longo do período de apoio como porcentagem da curva média.

De maneira geral, o comportamento motor apresentado por uma criança, adulto ou idoso é o resultado de uma interação de diversos fatores que compõem os diversos domínios do comportamento humano.

Assim, à medida que uma criança cresce e se desenvolve, as modificações somáticas quantitativas em conjunto com os processos de diferenciação estrutural, produzem uma resposta típica para o andar que representa o padrão motor característico de cada grupo etário.

Conseqüentemente, as características biomecânicas do padrão do andar podem ser descritas a partir de uma perspectiva ontogênica.

Segundo Hamill & Knutzen (1999), a força de reação do solo, é uma aplicação direta da terceira lei de Newton, que diz respeito à ação e reação. Essa força é proporcionada pela superfície onde a pessoa está em contato.

No caso do solo por exemplo, quando um indivíduo exerce uma determinada força sobre o mesmo, uma força de reação do solo aparece, a qual é igual e oposta, àquela exercida pelo indivíduo sobre ele.

Os dados da força de reação do solo, têm sido utilizados na biomecânica para investigar uma variedade de movimentos do corpo humano.

A maioria dos estudos contudo, tem tratado da carga ou impacto sobre o corpo humano, onde as forças de reação do solo, têm sido estudadas na caminhada, corrida e aterrissagens de saltos.

Os perfis da força de reação do solo mudam continuamente com o tempo, e são geralmente apresentados como uma função do tempo.

Segundo Amadio (1989), a principal dificuldade de compreensão da natureza desta força, está na dosagem ou controle de sua grandeza em função do tempo, as quais exercem uma grande influência nos diferentes movimentos humano, que se utilizam deste parâmetro em distintos graus de intensidade, com dependência de rendimento na execução do movimento.

Ainda, segundo o mesmo autor, a partir dos fenômenos determinantes da sobrecarga do aparelho locomotor, passamos a interpretar as variáveis, dentro do domínio da biomecânica, que podem ser controladas com a natureza do movimento, principalmente os aspectos da estrutura externa da determinação e controle da sobrecarga mecânica.

Entre esses parâmetros externos da estrutura do movimento, com influência na quantificação da sobrecarga mecânica, destaca-se a força de reação do solo, que de acordo com Hall (2000), ocorre durante o contato do pé com o solo.

Conforme Hamill & Knutzen (1999), como todas as forças, a força de reação do solo é um vetor, podendo ser para fins de análise, decomposta em três componentes (X, Y, Z) : Fz (componente vertical); Fy (componente horizontal – antero – posterior) e Fx (componente horizontal – mediolateral).

Como a componente vertical Fz, segundo o autor, é muito maior em magnitude do que as outras duas componentes Fx e Fy, ela tem recebido uma atenção mais especial pelos biomecânicos.

Segundo Amadio, Duarte e Vecchia (1997) a dinamometria preocupa-se em medir as forças externas de reação do solo, utilizando uma plataforma de força, que mede a soma do peso corporal (constante), com a força de reação devido ao movimento (em situações dinâmicas). Se forem consideradas separadamente as direções vertical e horizontal, obtêm-se a seguinte relação :

$$\text{Força vertical : } F_v (t) = F_z (t) - W \quad (2.1)$$

$$\text{Força horizontal : } F_h (t) = F_y (t) \quad (2.2)$$

onde:

- W - força peso ou força gravitacional (força externa)
- F_z (t) - forças de reação do solo na direção vertical z.
- F_y (t) - força de reação do solo na direção horizontal y

Da equação fundamental da mecânica clássica - 2ª lei do movimento de Newton, temos:

$$F = m.a \quad (2.3)$$

Onde:

- F - soma (vetorial) de todas as forças que atuam sobre o corpo
- m - massa do corpo.
- a - aceleração do corpo (vetorial).

Da 2ª lei de Newton, expressa em função da variação da quantidade de movimento, temos :

$$F(t) = \frac{dp}{dt} = d\left(\frac{mv}{dt}\right) \quad (2.4)$$

Admitindo que a massa de um corpo é constante com o tempo, a equação (2.4), pode ser expressa pela equação (2.3)

$$F(t) = m \frac{dv}{dt} = ma$$

A variação da quantidade de movimento dp de um corpo no tempo dt , durante o qual atua uma força F , é:

$$dp = Fdt \quad (2.5)$$

Pode-se obter a variação da quantidade de movimento do corpo durante um choque integrando a equação (2.5) durante o intervalo de tempo em que o mesmo atua, isto é:

$$\int dp = m \int_1^2 dv = \int_1^2 Fdt \quad (2.6)$$

Pode-se afirmar, através da equação (2.6), que a variação da quantidade de movimento de um corpo, sobre o qual atua uma força impulsiva, é igual ao seu impulso (integral da força impulsiva).

Quando a variação da quantidade de movimento é grande, e o tempo de choque é muito pequeno, deduz-se que:

$$\Delta p = \bar{F} \Delta t \quad (2.7)$$

onde \bar{F} é a força impulsiva média e extraordinariamente grande.

Para a direção vertical do movimento, a variação da quantidade de movimento Δp_z , é dada por:

$$m \cdot \Delta v_z = \int_1^2 F_z dt - wt \quad (2.8)$$

Para a direção horizontal do movimento, a variação da quantidade de movimento Δp_y , é dada por :

$$m \cdot \Delta v_y = \int_1^2 F_y dt \quad (2.9)$$

Os valores médios das forças impulsivas F_y e F_z , na fase de apoio, podem ser obtidos, através da equação (2.7), isto é :

$$\bar{F}_y = \frac{\Delta p_y}{\Delta t} \quad (2.10)$$

$$\bar{F}_z = \frac{\Delta p_z}{\Delta t} + W \quad (2.11)$$

Conforme Hamill & Knutzen (1999), uma plataforma de força, é um instrumento de medição de força muito sofisticado, a qual tem sido utilizada desde os anos trinta (1930), mas que se tornou mais utilizada na pesquisa biomecânica, a partir da década de oitenta (1980).

Esta plataforma pode medir, tanto a força de colisão da sola do pé do indivíduo sobre a superfície desta (força dinâmica), quanto medir a força peso (PC) de um indivíduo apenas apoiado nesta (força estática).

As magnitudes destas forças são obtidas em função das deformações ocorridas nos extensômetros elétricos (strain – gage) previamente colados nesta plataforma.

Segundo Hamill & Knutzen (1999), as magnitudes dos componentes da força de reação do solo, F_x , F_y , F_z , variam em função da velocidade de locomoção, as quais para a corrida, são maiores do que para o andar. Na caminhada a componente vertical F_z , tem um valor máximo de 1 a 1,2 PC (peso corporal), e na corrida, o valor máximo pode atingir de 3 a 5 PC, conforme ilustra a figura 2.1.

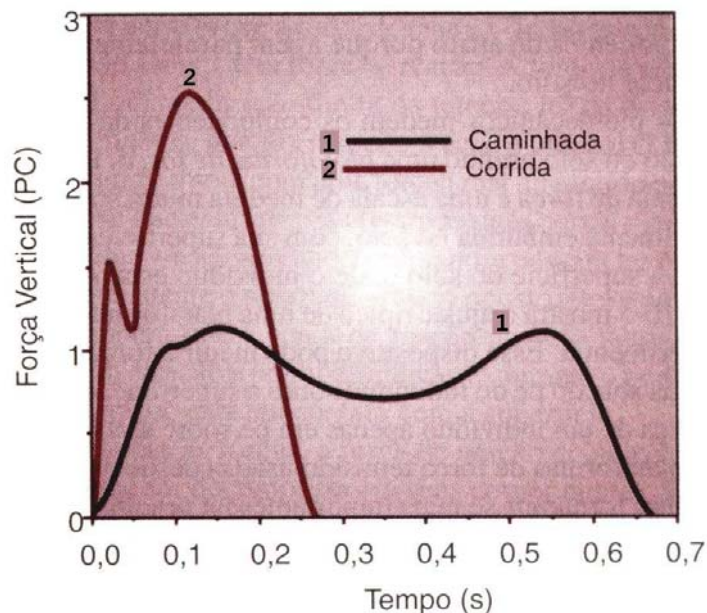


Figura 2.1 –Componente vertical F_z (t) da força de reação do solo para a caminhada e a corrida.

Hall (2000), salienta ainda que pesquisadores e terapeutas, medem e estudam essas forças de reações do solo, ao analisarem as diferenças que ocorrem nos padrões da marcha, no transcorrer da vida de indivíduos normais, e entre indivíduos com condições incapacitantes. Acrescenta que as pesquisas das forças de reações do solo durante a corrida, investigam fatores secundários, tanto ao desempenho quanto às lesões relacionadas a corrida.

2.3.2.2 Impulso – momento

De acordo com ³Hay (1981 apud KRUEL,2000), um outro parâmetro biomecânico que deve ser estudado, para a compreensão de muitas técnicas desportivas, é a relação impulso – momento.

Segundo Hall (2000), momento linear é uma grandeza mecânica, que em geral pode ser definido como a quantidade de movimento que um objeto possui. Mais especificamente, o momento linear p é a quantidade de movimento medida como o produto da massa m de um corpo, por sua velocidade v .

$$P = mv \quad (2.12)$$

Em relação a um objeto estático, sua velocidade é zero, isto implica que seu momento, também será igual a zero.

A modificação do momento de um corpo, pode ser causada, seja por uma mudança na massa do corpo, seja por uma mudança em sua velocidade.

Ainda segundo o referido autor, se houver a atuação de forças externas, estas modificam de maneira previsível, o momento existente em um sistema. As mudanças no momento, não dependem apenas da magnitude das forças externas atuantes, mas também do intervalo de tempo, que estão submetidas estas respectivas forças. Esta relação é conhecida como impulso – momento, dada pela equação (2.6)

³ Hay, J. G. Biomecânica das técnicas desportivas. Ed. Interamericana. 2ª ed. R. J. 1981.

$$\int_1^2 F dt = m \int_1^2 dv \quad (2.6)$$

$$\int_1^2 F dt = (mv)_2 - (mv)_1 = \Delta p \quad (2.13)$$

Quando um impulso atua sobre um sistema, o resultado é uma variação ou mudança no momento total do sistema, dado pela equação (2.13)

Modificações significativas no momento de um objeto, podem resultar de uma grande força F , agindo durante um pequeno intervalo de tempo t , conforme ilustra a figura 2.2.a, ou de uma pequena força F , agindo durante um grande intervalo de tempo t , conforme figura 2.2.b. Figura 2.2– Gráfico de força – tempo para A, saltos verticais altos e B, baixos executados pelo mesmo atleta. (Hall, 2000, p.297).

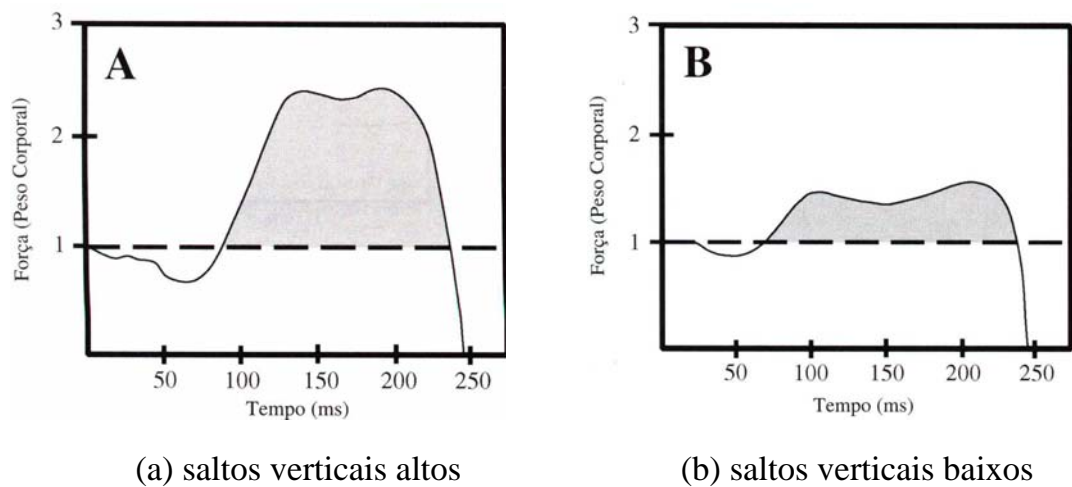


Figura 2.2 – Gráfico de força (PC) x tempo (ms)

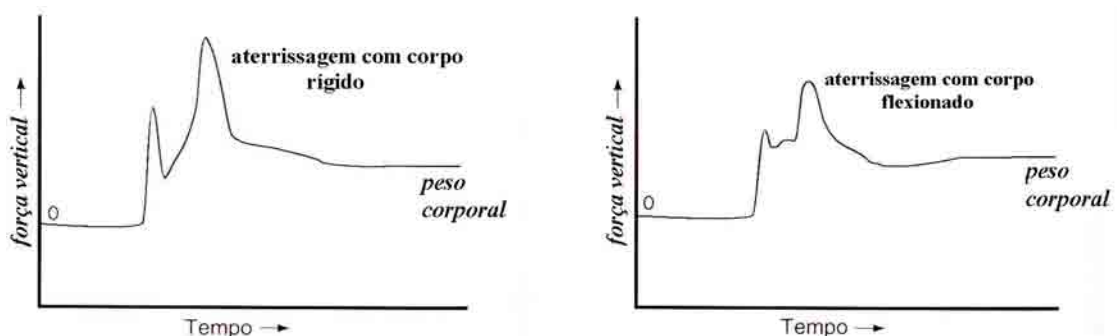
Afirmam ainda, ⁴Donskoi & Zatziorski (1988 apud Krueel, 2000) que o estudo do impulso ajuda a compreender os fundamentos físicos dos movimentos, necessários para o estudo das particularidades específicas das ações motoras.

⁴ Donskoi & Zatziorski. Biomecânica de los Ejercicios Físicos. Ed. Pueblo y Educación, Havana - Cuba.1988.

Completando Hall (2000), o impulso pode ser manipulado intencionalmente durante, por exemplo, a fase de aterrissagem de um salto.

O atleta que aterrissa vigorosamente (corpo rígido) figura 2.3.a, experimentará uma força de reação do solo relativamente grande, suportada durante um intervalo de tempo relativamente curto, e quando aterrissa de maneira macia (corpo flexionado) figura 2.3.b, as articulações do quadril, joelho e tornozelo fletindo-se durante a aterrissagem, consegue-se aumentar o intervalo de tempo para absorção da força de aterrissagem (FRS), diminuindo assim a sua magnitude. Se as articulações estiverem fletidas e imóveis elas terão o mesmo efeito no impacto caso estivessem estendidas e imóveis.

Figura 2.3 Representações das forças de reação do solo durante a execução de saltos verticais. A, aterrissagem com corpo rígido. B, aterrissagem com flexão. (Hall, 2000, p.298)



(a) aterrissagem com corpo rígido.

(b) aterrissagem com corpo flexionado

Figura 2.3 – Representações das forças de reação do solo durante a execução de saltos verticais.

2.3.3 Influência da hidroginástica nos parâmetros biomecânicos

Para Ervilha (1999), embora o meio aquático já se caracterize como meio alternativo para o treinamento físico e para a reabilitação, são poucas as pesquisas

que relacionam variáveis biomecânicas, como, por exemplo, força de reação do solo e a relação impulso – momento.

Pela sua importância, cabe citar outro estudo realizado por Krueel (2000), que têm como título: “ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E BIOMECÂNICAS EM INDIVÍDUOS PRATICANDO EXERCÍCIOS DE HIDROGINÁSTICA DENTRO E FORA D`ÁGUA”. Neste estudo concluiu que as variáveis biomecânicas força de reação vertical e impulso, obtidas através de exercícios, realizados apenas na água e em diferentes profundidades, apresentaram comportamentos estatísticos semelhantes, porém, se estas são obtidas através destes mesmos exercícios, mas realizados em meios diferentes, dentro e fora d`água, não apresentam comportamentos semelhantes, quando comparados entre si. Através dos resultados obtidos, envolvendo-se estas duas variáveis biomecânicas, pode-se afirmar que os exercícios prescritos com objetivos de proteger e preservar as articulações, quando realizados dentro d`água são benéficos e recomendáveis, pois são considerados de baixo impacto, contudo se realizados fora d`água, não são recomendáveis, pois são considerados de alto impacto.

Neste estudo Moraes (1998), entrevistou trinta e seis professores de hidrogenástica de diferentes regiões do Brasil, relacionando os dez exercícios mais utilizados por eles. Também neste estudo, se preocupou em estabelecer o tempo ideal para as repetições dos exercícios, o qual segundo ele, deve ser de dois minutos e vinte segundos, justificando que neste tempo, os indivíduos atingem o estado de equilíbrio (“steady state”). Acrescenta ainda que, Bonachela e Grimes & Krasevec, utilizam o tempo de dois minutos para a execução de cada exercício na fase aeróbica, mas não justificam o porquê deste tempo. Ainda segundo o mesmo autor, normalmente os professores de hidrogenástica utilizam um tempo de aproximadamente um minuto ao ministrarem exercícios com objetivos de trabalhos aeróbicos.

Krueel (2000), no seu respectivo estudo, escolheu cinco dos dez exercícios relacionados por (MORAIS, 1998), sendo os mesmos realizados em profundidades de água na cicatriz umbilical e de ombro, e, realizados também fora d`água, com os objetivos de determinar as forças de reação do solo na vertical, dentro e fora d`água,

assim como o impulso nas mesmas condições, e comparar tanto o comportamento das forças de reação do solo, quanto a do impulso.

Kruel (2000), neste estudo utilizou uma plataforma de força subaquática, a qual foi desenvolvida por (ROESLER, 1997), com o intuito de medir a força de impacto da sola do pé, de indivíduos praticando exercícios dentro d'água, e sobre esta plataforma.

Para o desenvolvimento deste trabalho, será utilizado um exercício, dos cinco selecionados por Kruel (2000), salientando que estes nomes de exercícios são propostos pelo “Método Aquamotion”(BUCHANAM & MILES, 1991), sendo o exercício Lagosta I ilustrado na figura 2.4. Este exercício é realizado flexionando-se alternadamente as pernas.



Figura 2.4- lagosta I

A escolha do exercício em questão, se justifica ao enfatizar o trabalho do quadríceps, por ser este grupo muscular muito solicitado durante a marcha, necessitando para tanto de força e resistência.

2.3.3.1 Forças atuantes na direção vertical em indivíduos praticando hidroginástica

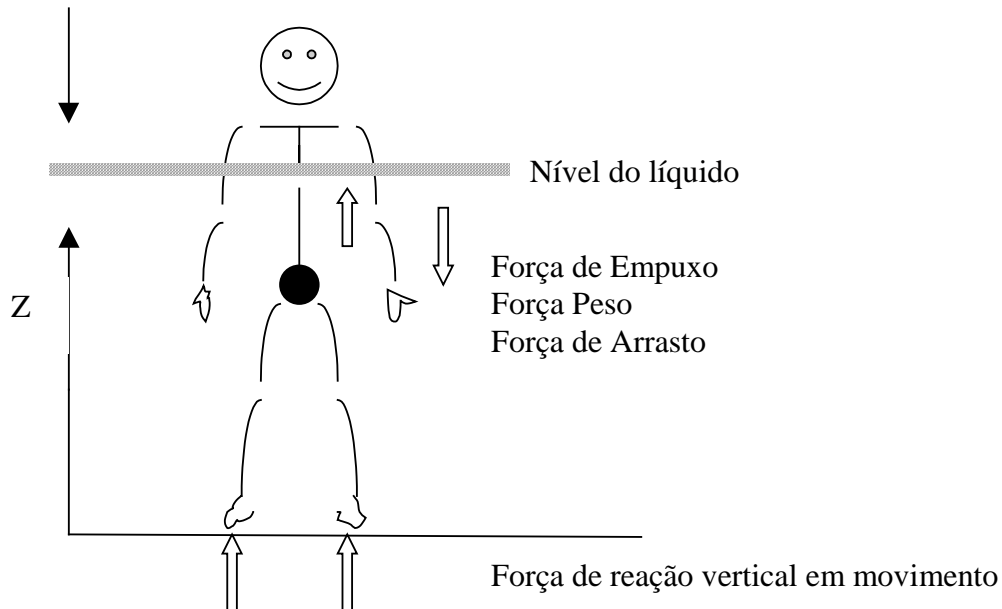


Figura 2.5 – Forças atuantes na direção vertical (Z) em um indivíduo imerso num líquido e em movimento ascendente

Aplicando a 2ª lei de Newton, para o corpo nestas condições, temos:

$$F_v + F_f - W - F_a = ma \quad \text{ou :} \quad (2.14)$$

$$F_v + \rho g V - mg - cdA\rho \frac{v^2}{2} = ma$$

onde:

F_v - Forças de reação vertical que a Plataforma exerce sobre o corpo (somatório das forças), e variável no tempo t.

F_f - Força de flutuação ou força de empuxo, a favor do movimento (oposta a gravidade), gerada pelo volume de líquido deslocado (função do volume submerso), e variável no tempo t – vide anexo I ou II.

W - Força peso (constante), oposta ao movimento.

F_a - Força de arrasto hidrodinâmica (força viscosa), oposta ao movimento e proporcional a v² do corpo (fluxo turbulento) – vide anexoA.

2.4 Utilização de Equipamentos Aquáticos

Segundo Kruehl (2000), a hidroginástica tradicional é uma forma de condicionamento físico, constituída por exercícios aquáticos específicos, baseados no aproveitamento da água como sobrecarga.

De acordo com Cole; Morris e Ruoti (2000) a crescente popularidade do exercício e reabilitação aquática, conduziu ao aparecimento de uma nova indústria para a fabricação de equipamentos de exercícios projetados exclusivamente para a água.

Para Bates & Hanson (1998), os equipamentos aquáticos incluem materiais de apoio (suporte), de assistência (assistivos) e de resistência (resistivo). Segundo eles o peso pode ser utilizado para aumentar a intensidade do exercício, uma vez que produzem um aumento nos efeitos da gravidade.

Conforme Di Masi (2000), dentre os equipamentos aquáticos utilizados, o peso, é sem dúvida um dos mais discutidos e polêmicos, pois, alguns profissionais condenam o seu uso e outros são a favor de sua utilização. Segundo este autor, este tema ainda precisa de mais estudos e pesquisas.

Para Marques & Pereira (1999), o equipamento peso funciona de maneira semelhante dentro e fora d'água.

Para os autores pesquisados, Bates & Hanson (1998), Bonachela (1994,2001), Cole; Morris e Ruoti (2000), Di Masi (2000), Kruehl (1994,2000) e Marques & Pereira (1999), uma das principais vantagens dos exercícios aquáticos, é a redução das forças na sustentação do peso devido à flutuação.

As vantagens e desvantagens na utilização de recursos materiais como, por exemplo, o peso, ainda não estão evidenciados na literatura, devido à escassez de estudos comparativos.

O propósito desse estudo é o de determinar e analisar o comportamento da força de reação do solo, do impulso e da frequência na profundidade de água na altura do processo xifóide, durante a execução do mesmo tipo de exercício (Lagosta I) realizados respectivamente em dois ambientes diferentes, acrescentando o peso, na tentativa de esclarecer as reais influências do mesmo sobre o impacto no membro inferior.

3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS – MÉTODOS

3.1 Introdução

Este capítulo tem como objetivo descrever e ilustrar os equipamentos utilizados na experimentação, assim como, os procedimentos para o desenvolvimento e realização da experiência.

3.2 Local de execução

Este trabalho de pesquisa foi desenvolvido e executado no “Laboratório de Biomecânica do Departamento de Mecânica da FEG”- Campus de Guaratinguetá.

3.3 Amostra

A amostra foi formada por dez participantes, todos alunos da Escola Superior de Educação Física de Cruzeiro, sendo, cinco do sexo feminino e cinco do sexo masculino, com faixa etária entre dezoito (18) e vinte e cinco anos (25).

3.3.1 Seleção da amostra

Os indivíduos foram selecionados segundo parâmetros antropométricos o mais semelhantes possíveis, tais como: estatura, idade e peso.

3.3.2 Características específicas da amostra

Não praticantes de hidroginástica e não portadores de algum tipo de problema físico, assim como, nenhuma intervenção cirúrgica no aparelho locomotor.

3.3.3 Registro de dados individuais das amostras

A tabela 3.1, apresenta informações referentes aos dados pessoais coletados de cada participante da experiência.

Tabela 3.1 – Dados pessoais coletados.

Amostra	Idade	Peso (N)	Estatura (cm)	Altura do tórax (cm)	Lateralidade
H ₁	23	788,9	177,5	124,5	sinistro
H ₂	22	704,62	178	125,5	destro
H ₃	18	778,2	180	128,5	destro
H ₄	23	652,7	177	124,5	destro
H ₅	20	663,5	177	125,5	destro
M ₁	21	549,8	163	116,5	sinistro
M ₂	25	646,8	166	117,3	destro
M ₃	25	591	173,5	125	destro
M ₄	22	735	165,5	118,3	destro
M ₅	22	539	168	121,3	destro

3.4 Peso Utilizado na Hidroginástica

O equipamento peso, conforme ilustra a figura 3.1, têm a finalidade de diminuir o efeito da flutuação, aumentando a resistência do movimento em direção a superfície da água ou afastando-se dela.

Nos ensaios realizados foram utilizados pesos de 5,0N e 10N respectivamente, sendo os pesos fabricados pela Aquática Slade destinados exclusivamente para exercícios aquáticos.

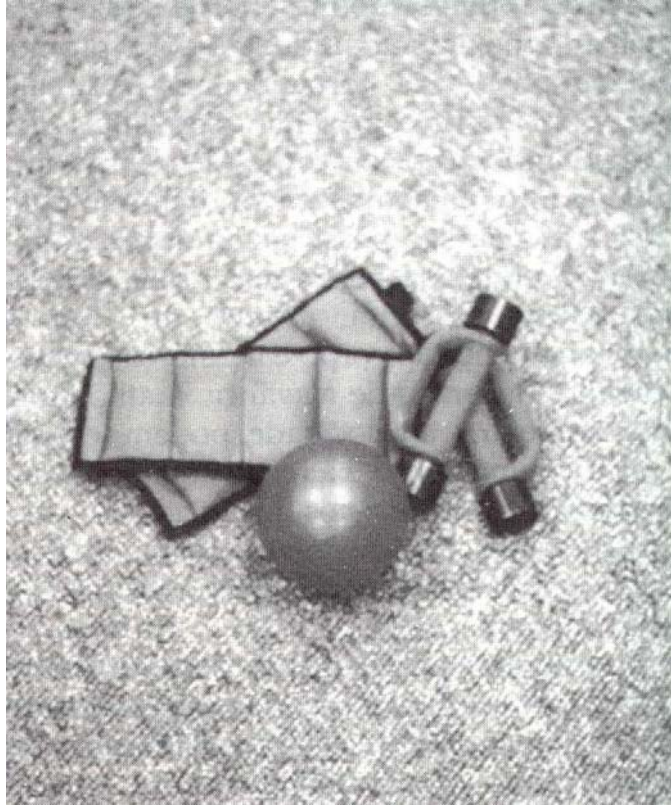


Figura 3.1 Peso de hidroginástica.

3.5 Exercício a ser Realizado

3.5.1 Exercício lagosta I

Conforme descrito na revisão de literatura (Figura 2.4).

3.5.2 Protocolo para coleta de dados

A coleta de dados foi realizada no Laboratório de Biomecânica do Departamento de Mecânica da FEG.

As coletas de dados foram realizadas em dias diferentes. No dia e horário preestabelecidos, os indivíduos compareceram na FEG para realizar o experimento no solo, assim como, em dia e horário também pré estabelecidos, para realiza-lo na água.

O exercício de hidroginástica Lagosta I foi o escolhido, por ser, segundo Moraes, 1998 o mais utilizado por professores de hidroginástica no Brasil, e registrar o maior número de repetições num mesmo intervalo de tempo, quando comparados aos outros exercícios citados pelo referido autor.

3.5.2.1 Exercício realizado no solo

Os procedimentos adotados para a coleta de dados do exercício realizado no solo foram os seguintes:

1- Sem adição de peso (PC)

O indivíduo (amostra), executava o exercício primeiramente no solo por 20 segundos, com a finalidade de familiarizar, sendo instruído a iniciá-lo com a perna direita, numa intensidade moderada de esforço (sensação subjetiva ao esforço, conforme Moraes,1998).

Após esta adaptação, o indivíduo se posicionava sobre a plataforma de força para o registro do seu peso corporal e em seguida executava o exercício por 60 segundos. Então os dados eram coletados e registrados em arquivos para o estudo da força de reação do solo, do impulso e da frequência, do exercício.

2- Com adição de peso (5 N)

O tempo estipulado entre um exercício e outro foi de 3 minutos, sendo que, o indivíduo permanecia sobre a plataforma de força para recuperação do esforço empregado na realização do exercício, e também para a colocação das caneleiras (peso) de 5,0 N.

Ao término dos 3 minutos, o indivíduo reiniciava o exercício por mais 60 segundos, tempo este estabelecido para a coleta de dados.

Com adição de peso (10 N)

O mesmo procedimento foi feito para a coleta de dados com peso de 10 N.

3.5.2.2 Exercício realizado na água

O exercício foi realizado com água na altura do processo xifóide dos indivíduos. Para determinar a altura da água foi feita a média aritmética das amostras o que resultou numa altura de água de 1,28m.

Para a coleta e registros dos dados foram utilizados os mesmos procedimentos adotados para o solo, salientando porém, que o peso registrado agora foi o peso hidrostático.

3.6 Bancada Experimental Utilizada

3.6.1 Plataforma de força

3.6.1.1 Montagem da plataforma

A figura 3.2, através de um desenho esquemático (montagem), ilustra a plataforma de força utilizada nos ensaios, com a finalidade de se obter a força de reação do solo F_z .

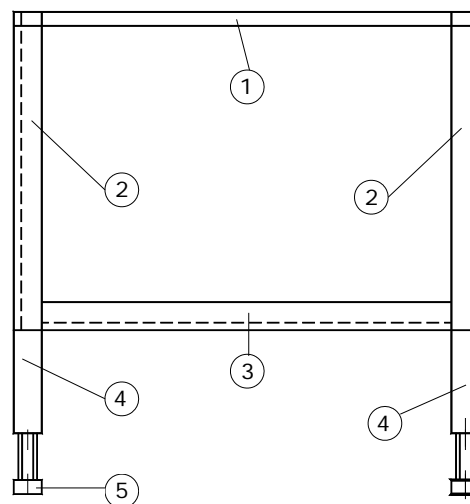


Figura 3.2 Plataforma de força

3.6.1.2 Colagem dos extensômetros elétricos

Os extensômetros elétricos de resistência (strain-gages) tipo folha, são utilizados com o intuito de avaliar a intensidade das forças verticais F_z , as quais são obtidas indiretamente em função das deformações por flexão (momentos de flexão M_x e M_y), ocorridas no piso da plataforma, através do impacto da superfície plantar dos pés dos indivíduos com esta.

A figura 3.3, ilustra a montagem dos quatro extensômetros elétricos, realizada na superfície inferior do piso (chapa de aço) da plataforma os quais são utilizados adequadamente num circuito ponte completa de Wheatstone.

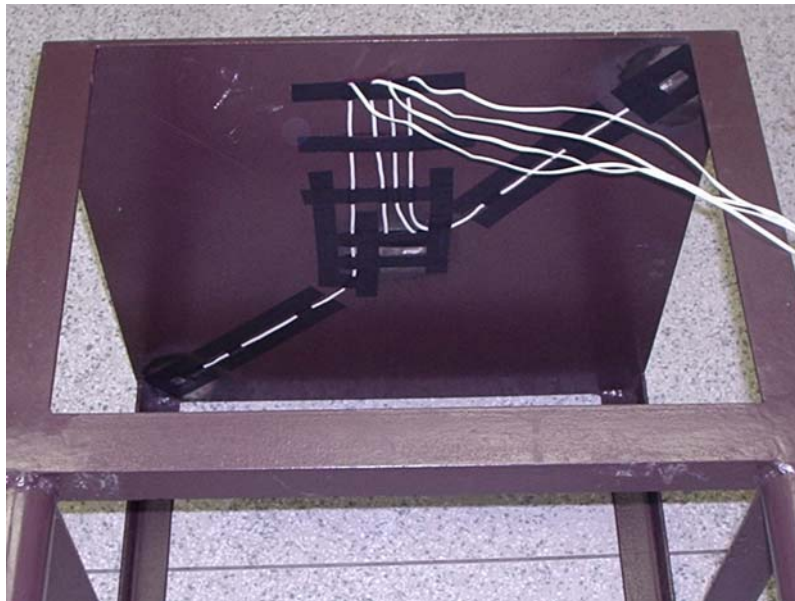


Figura 3.3 – Montagem dos extensômetros elétricos na plataforma de força

Obs. : Dados dos extensômetros elétricos utilizados:

Marca : Kyowa Eletronic (Japão)

Modelo: KFG –5-350-C₁-11.

Configuração : Unidirecional

Tolerância de resistência : 350 ohm

Fator do extensômetro : 2,1

Elemento resistor : cobre / níquel (constantan)

Resistência a fadiga : 12×10^6 ciclos

Faixa de temperatura compensada : 10°C a 150°C

Nível de deformação : $\pm 150 \times 10^{-6}$ strain

Coefficiente de dilatação térmica : $10,8 \times 10^{-6} / \text{C}$

3.6.1.3 Calibragem da plataforma de força

3.6.1.3.1 Ensaio de calibração

A figura 3.3, ilustra o ensaio de calibração da plataforma de força, realizado no “Departamento de Materiais – DMT”, da FEG, Campus de Guaratinguetá.



Figura 3.4 – Ensaio de calibração da plataforma de força

Neste ensaio foram utilizados os seguintes equipamentos :

- 1- Máquina universal de ensaio de tração e compressão, marca EMIC, modelo MEM 10.000.

- 2- Spider 8 (HBM)- Sistema de medição eletrônico para PC, para medidas elétricas de variáveis mecânicas, tais como : deformação, força, pressão e aceleração.
- 3- Microcomputador (PC) – Registrar e manipular as variáveis mecânicas, através de um software conveniente de aquisição e manipulação da dados, CATMAN 3.1 da HBM.

A finalidade deste ensaio foi levantar a curva de calibração da plataforma de força (extensômetros elétricos), isto é, as cargas verticais de compressão (N), aplicadas na plataforma pela máquina universal, versus as respectivas tensões de saída (mV), fornecidas pelo módulo Spider 8 .

As deformações por flexões, produzidas no piso da plataforma (ε_f), correspondentes a estas cargas de compressão aplicadas (N), são proporcionais às variações de saída ΔE (mV), fornecida pela ponte de extensometria (circuito ponte completa), previamente acoplada no módulo Spider 8, e dadas por:

$$\varepsilon_f = \frac{4}{K} \cdot \frac{\Delta E}{V}$$

onde:

- ε_f - deformação por flexão do piso (chapa de aço)
- K- fator do extensômetro (2.1)
- ΔE - tensão de saída da ponte Wheatstone
- V- tensão da ponte (10 V)

A tabela 3.2, fornece os valores médios das tensões de saída ΔE (mV), em função das cargas de compressão aplicadas (N), no ensaio de calibração da plataforma.

Neste ensaio foi aplicado respectivamente duas (2) seqüências da cargas de compressão : uma (1) de carregamento, e uma (1) de descarregamento.

Tabela 3.2 – Valores médios das tensões de saída (mV), em função das cargas de compressão aplicadas (N) na superfície superior do piso da plataforma.

carga de compressão (N)	tensões de saída (mV)		
	carregamento	descarregamento	valor médio
98	0,0275	0,0264	0,0270
196	0,0463	0,0458	0,0461
294	0,0649	0,0648	0,0649
392	0,0835	0,0839	0,0837
490	0,1021	0,1032	0,1027
588	0,1208	0,1218	0,1213
686	0,1394	0,1403	0,1399
784	0,1591	0,1594	0,1593
882	0,1771	0,1784	0,1778
980	0,1968	0,1972	0,1970
1078	0,2150	0,2158	0,2154
1176	0,2342	0,2346	0,2344
1274	0,2531	0,2534	0,2533
1372	0,2714	0,2723	0,2719
1470	0,2900	0,2903	0,2902
1568	0,3091	0,3092	0,3092
1666	0,3274	0,3272	0,3273
1764	0,3464	0,3462	0,3463
1862	0,3647	0,3647	0,3647
1960	0,3821	0,3829	0,3825
2058	0,4008	0,4012	0,4010
2156	0,4188	0,4190	0,4189
2254	0,4368	0,4372	0,4370
2352	0,4550	0,4550	0,4550
2450	0,4733	0,4732	0,4733
2548	0,4909	0,4913	0,4911
2646	0,5089	0,5087	0,5088
2744	0,5268	0,5264	0,5266
2842	0,5449	0,5444	0,5447
2940	0,5628	0,5621	0,5625
3038	0,5806	0,5806	0,5806

3.6.1.3.2 Curva de calibração

Para se obter a curva de calibração da plataforma, foi utilizado o método da regressão linear simples, onde a equação da reta de regressão é dada por :

$$Y = A + Bx \quad (3.2)$$

onde:

Y – carga de compressão (N)

X – tensão de saída (mV) (valor médio)

Os valores de A e B, devem ser tais que a reta definida pela equação 3.2, passe o mais aproximadamente possível pelos dados colhidos (Xi, Yi), conforme tabela anexa 3.2.

Os coeficientes de A e B, são dados por :

$$A = \frac{\sum Y_i \sum X_i^2 - \sum X_i Y_i \sum X_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$B = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

A figura 3.5 ilustra a curva de calibração obtida, (software excel 97).

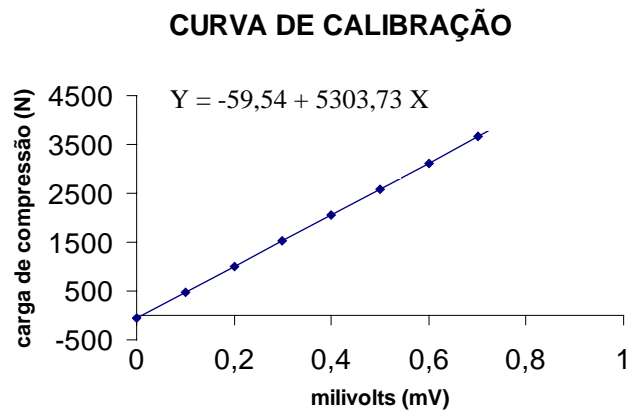


Figura 3.5 – Curva de calibração

3.6.2 Ensaio realizados no solo

Estes ensaios foram realizados com as finalidades de se obter as forças de reações do solo F_z , e os respectivos impulsos provenientes dos impactos direto dos pés (superfície plantar) dos indivíduos, sobre o piso da plataforma de força, através do respectivo exercício de hidroginástica praticado sobre esta.

Neste tipo de ensaio, os indivíduos e a plataforma de força permanecem fora d'água.

Neste caso, como a força externa atuante nos indivíduos é a força gravitacional, deduz-se que as intensidade das forças de reações do solo F_z , geradas nestas condições, podem ser expressas em Newtons (N), ou em função do peso corporal (PC) dos indivíduos.

A figura 3.4, ilustra a bancada experimental utilizada nos ensaios realizados no solo.



Figura 3.6 Ensaio realizados no solo – bancada experimental

Esta bancada experimental consiste dos seguintes itens :

1. Tablado de madeira: utilizado com o intuito de proporcionar aos indivíduos maior segurança na execução do exercício, evitando quedas acidentais decorrentes de desequilíbrios dos mesmos da plataforma.

A figura 3.5, ilustra o tablado de madeira, o qual apresenta as seguintes dimensões: 1600 mm (comprimento) x 1100 mm (largura) x 500 mm (altura).

No centro deste tablado, apresenta-se uma superfície vazada quadrada de 510 mm x 510 mm, com a finalidade específica de se alojar ou embutir a plataforma neste.



Figura 3.7 – Tablado de madeira

2. Plataforma de força : Tem como finalidade fornecer as respectivas forças de reações do solo F_z , as quais são proporcionais às deformações por flexões ϵ_f , produzidas no piso da plataforma.
3. Spider 8 (HBM) : Equipamento eletrônico utilizado para medidas elétricas de variáveis mecânicas (deformação, força), via microcomputador.
Este equipamento funciona como um conversor analógico – digital de sinais onde :
 - a- A entrada dos sinais analógicos (mV), se faz através de um dos canais de entrada, canal zero, e são provenientes dos extensômetros elétricos, previamente montados num circuito ponte completa (Wheatstone).
 - b- A saída destes sinais digitais (mV) são enviados para o computador via interface paralela (LPT₁).

4. Microcomputador (PC) : Através de um software conveniente, CATMAN 3.1 da HBM, previamente instalado no micro faz-se as devidas aquisições e manipulações destes sinais, através de comandos específicos, obtendo-se finalmente com relação aos parâmetros biomecânicos estudados, os seus respectivos dados e resultados.

3.6.3 Ensaio realizados na água

Estes ensaios foram realizados com as finalidades de se obter também as forças de reação do solo F_z , e os respectivos impulsos provenientes dos impactos diretos dos pés (superfície plantar) dos indivíduos sobre o piso da plataforma de força, através do respectivo exercício de hidroginástica praticado sobre esta.

Neste tipo de ensaio, os indivíduos permanecem imersos na água e a plataforma de força permanece fora d'água, porém localizada na parte inferior central do tanque.

O contato dos pés dos indivíduos sobre esta, se faz através de uma borracha de vedação previamente colada no piso do tanque de hidroginástica.

Neste tipo de ensaio, as forças externas atuantes nos indivíduos, são devidas às forças gravitacional e de empuxo, e as intensidade das forças de reação do solo F_z , geradas nestas condições, são provenientes dos respectivos pesos hidrostáticos (PH) das amostras.

A figura 3.8, ilustra a bancada experimental utilizada nos ensaios realizados na água.



Figura 3.8 – Ensaio realizados na água – bancada experimental.

Esta bancada experimental consiste dos seguintes itens:

1. Tanque de hidrogenástica – utilizado com a finalidade dos indivíduos realizarem neste, o devido exercício de hidrogenástica imersos na água.

A figura 3.9, através de um desenho esquemático, ilustra o tanque de hidrogenástica.

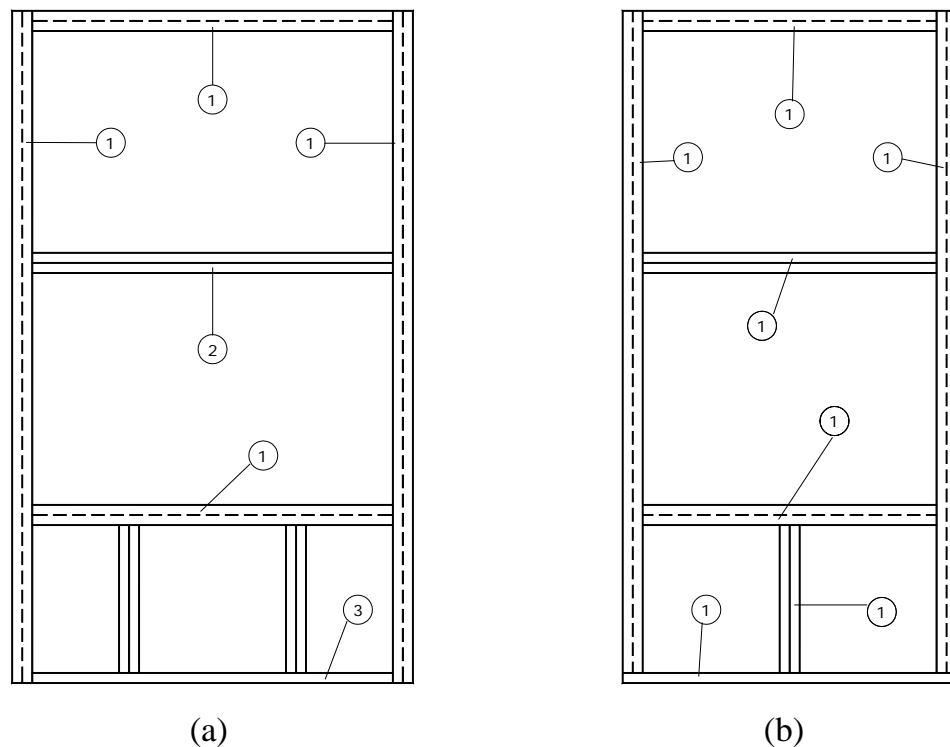


Figura 3.9 – Tanque de hidrogenástica - (a) vista frontal; (b) vista lateral

Na confecção deste tanque, foram utilizados os seguintes itens :

1.1 Perfis estruturais – (3/16") na confecção da parte estrutural, foram utilizados os seguintes perfis de ferro :

1- Perfil em L : 1½" x 1½"

2- Perfil em T : 1½" x 1½"

3- Barra chata: 1½"

1.2 Chapa de alumínio – (5/16") utilizada no piso do tanque, com as seguintes dimensões :

1000 mm (largura) x 1200 mm (comprimento)

No centro desta chapa, foi realizado um furo de 500mm x 500mm, com a finalidade de se embutir posteriormente a plataforma de força.

1.3 Borracha de vedação – (1/4") utilizada para se fazer a devida vedação do piso do tanque (1000 mm x 1200 mm)

1.4 Vidro temperado – (10 mm) utilizado nas partes laterais do tanque.

2 peças de 1500 mm x 1200 mm

2 peças de 1500 mm x 1000 mm

2. Passarela – Utilizada como uma passarela de acesso ao tanque de hidrogenástica.

Esta passarela foi construída através de um perfil em L (1½" x 1½") com 3/16" de espessura

Dimensões da passarela :

500 mm (largura) x 1000 mm (comprimento) x 1500 mm (altura)

3. Escada de alumínio (6 degraus) – utilizada para acessar a passarela e o tanque, e posteriormente sair dos mesmos.

4. Bancada de instrumentação: mesma bancada utilizada nos ensaios realizados no solo (item 3.6.2), isto é :

4.1 Spider 8 (HBM)

4.2 Microcomputador (PC)



Figura 3.10 – Bancada de instrumentação

3.7 Instrumentos de Medidas:

3.7.1 Balança

marca:	Escala	Resolução mínima
WELMY	0 – 150 Kg	100 grs

3.7.2 Estadiômetro

marca:	Escala	Resolução mínima
WELMY	0 – 2 m	0,5 cm

3.7.3 Cronômetro

marca:	Escala	Resolução mínima
Cassio		com resolução de décimo de segundo

3.7.4 Termômetro

marca:	Escala	Resolução mínima
	de 0° C a 100° C	1° C

4 ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

4.1 Dados Estatísticos das Amostras

4.1.1 Homens

A tabela 4.1 apresenta os dados estatísticos obtidos para as amostras referentes aos homens (n=5).

Tabela 4.1 – Dados estatísticos obtidos para as amostras (homens).

variável	média \bar{x}	desvio padrão s	valores	
			mínimo	máximo
idade	21,20	$\pm 2,17$	18,00	23,00
peso (N)	697,584	$\pm 54,64$	642,94	752,22
estatura (cm)	177,9	$\pm 1,25$	176,65	179,15
processo xifóide	125,7	$\pm 1,64$	124,06	127,34

4.1.2 Mulheres

A tabela 4.2 apresenta os dados estatísticos obtidos para as amostras referentes as mulheres (n=5).

Tabela 4.2 – Dados estatísticos obtidos para as amostras (mulheres).

variável	média \bar{x}	desvio padrão s	valores	
			mínimo	máximo
idade	23	$\pm 1,90$	21,00	25,00
peso (N)	611,52	$\pm 80,59$	530,93	692,11
estatura (cm)	167,2	$\pm 3,95$	163,25	171,15
processo xifóide	119,68	$\pm 3,49$	116,19	123,17

4.1.3 Homens e Mulheres

A tabela 4.3 apresenta os dados estatísticos obtidos para as amostras referentes aos homens e mulheres (n=10).

Tabela 4.3 – Dados estatísticos obtidos para as amostras (homens e mulheres).

variável	média \bar{x}	desvio padrão s	valores	
			mínimo	máximo
idade	22,10	$\pm 2,13$	18,00	25,00
peso (N)	654,95	$\pm 78,94$	576,01	733,89
estatura (cm)	172,55	$\pm 6,28$	166,27	178,83
processo xifóide	122,69	$\pm 4,08$	118,61	126,77

4.2 Dados obtidos nos ensaios realizados no solo

4.2.1 Curva de calibração da plataforma de força para os ensaios realizados no solo

A figura 4.1 ilustra a curva de calibração da plataforma de força utilizada para os ensaios realizados no solo, a qual apresenta um coeficiente de calibração de 7239,99 N/mV.

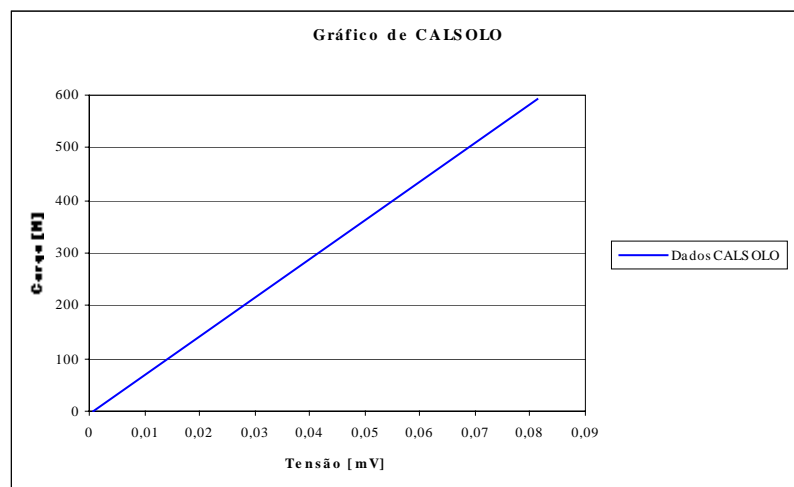


Figura 4.1- Curva de calibração de plataforma de força para os ensaios realizados no solo - $c_s = 7239,99$ N/mV.

4.2.2 Pesos corporais obtidos para as amostras através da plataforma de força

Neste tipo de ensaio todos os sinais obtidos foram filtrados através de um filtro passa-baixo, com frequência de corte de 10 Hz.

A figura 4.2 ilustra o peso corporal (PC), obtido através da plataforma de força para a amostra H₁PC.

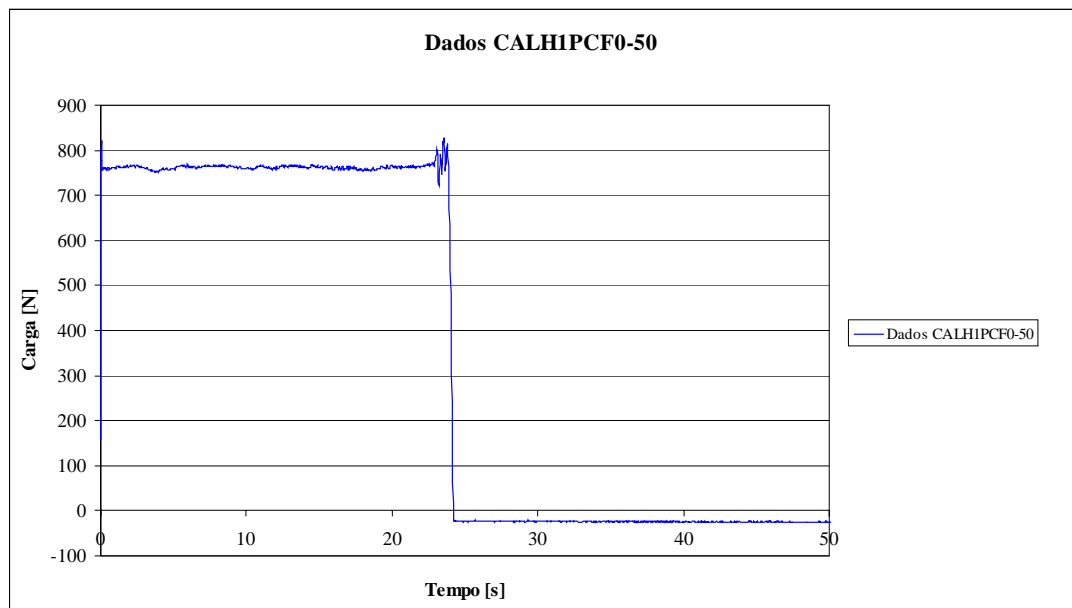


Figura 4.2 Peso corporal da amostra H₁PC.

A tabela 4.4, ilustra os pesos corporais obtidos para todas as amostras (homens e mulheres).

Tabela 4.4 - Peso corporal das amostras.

Amostra	Homens					Mulheres				
	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅
PC (N)	785,61	739,05	847,90	700,59	667,20	597,16	742,34	591,02	916,48	653,05

4.2.3 Forças médias (picos de força) e impulsos médios obtidos para as amostras (Lagosta I)

Neste tipo de ensaio, todas as amostras executaram uma seqüência previamente estabelecida.

Devido as frequências dos exercícios serem menores que 5Hz, os sinais obtidos nestes ensaios (força de reação do solo ou picos de força) foram filtrados através de um filtro passa - baixa, com frequência de corte de 10Hz, como margem de segurança.

A força média F_m (pico de força na vertical) obtida para cada amostra, é proveniente da média dos picos de força obtidos em cada ensaio.

O impulso médio Imp_m obtido para cada amostra, é proveniente da área sob a curva força média (N) x tempo (s), no intervalo de tempo médio de execução de uma repetição de exercício (período).

4.2.3.1 Influência do peso corporal

4.2.3.1.1 H₁LGPC

A figura 4.3 ilustra as forças de reações de solo (picos de força) obtidos no ensaio, na execução do exercício Lagosta I, para a amostra H₁, com duração de 60 segundos.

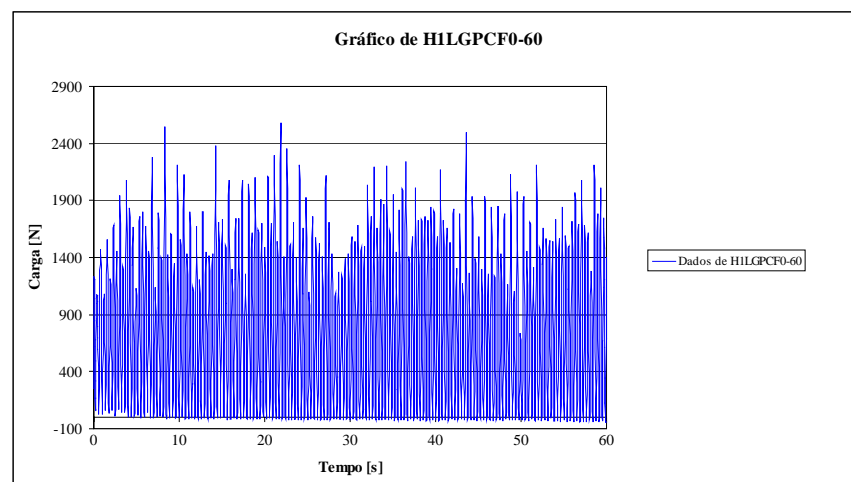


Figura 4.3 Forças de reação do solo – H₁LGPC.

Neste ensaio a análise das forças de reação do solo (picos de força) e o impulso, foram divididas em três (03) intervalos de tempo, a saber :

Intervalo I de (10 – 20)s (fase inicial)

Intervalo II de (30 -40) s (fase intermediária)

Intervalo III de (50 – 60) s (fase final)

A figura 4.4 ilustra as forças de reação do solo obtidas para a amostra H₁LGPC no intervalo I, de 10 a 20 s.

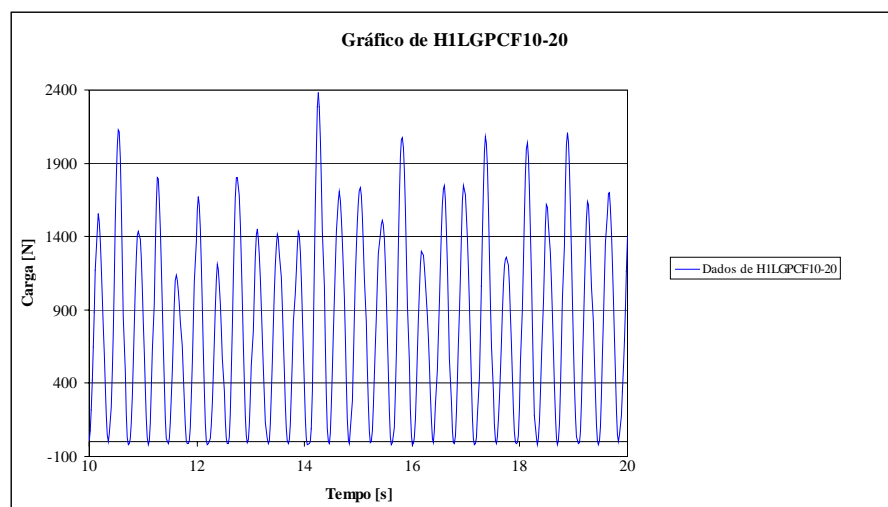


Figura 4.4 Forças de reação do solo (10 -20) s – H₁LGPC.

A figura 4.5 ilustra as forças de reação do solo, obtidas para a amostra H₁LGPC, no intervalo II, de 30 a 40 s.

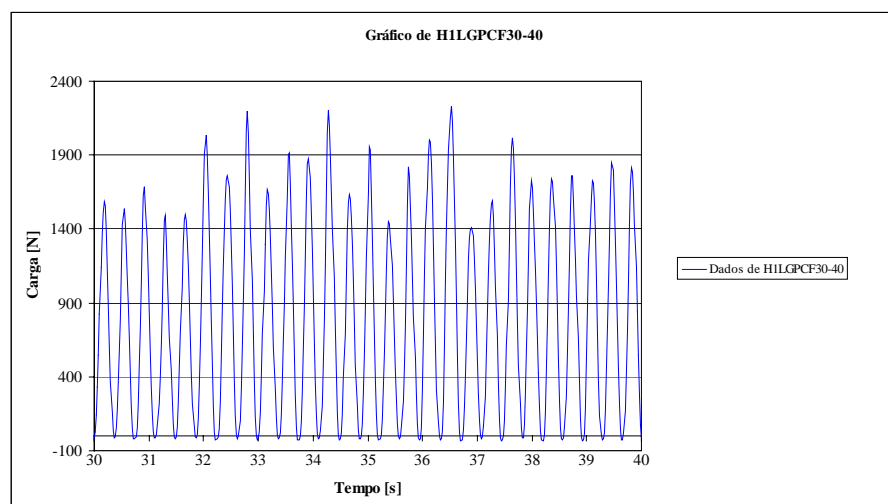


Figura 4.5 - Forças de reação do solo (30 -40) s – H₁LGPC.

A figura 4.6 ilustra as forças de reação do solo, obtidas para a amostra H₁LGPC, no intervalo III, de 50 a 60s.

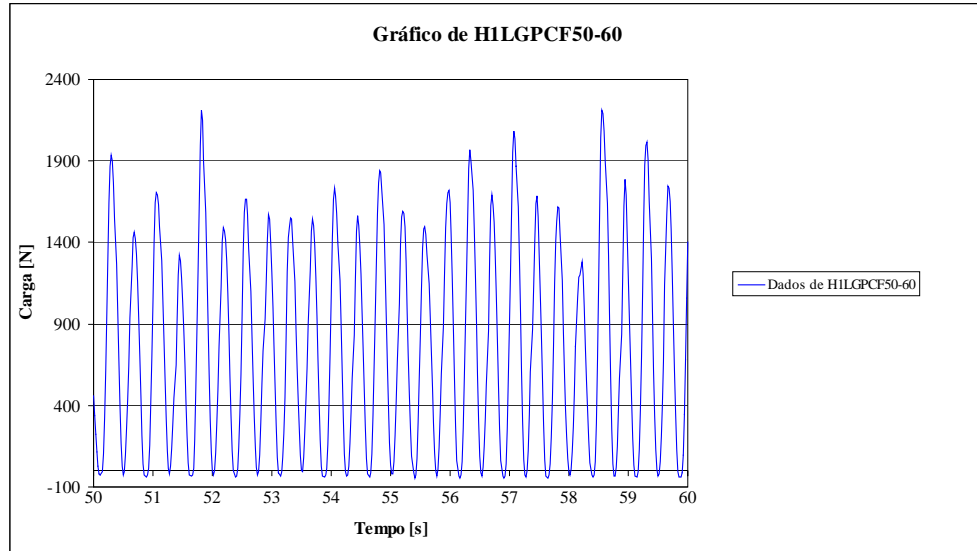


Figura 4.6 Forças de reação do solo (50 -60) s – H₁LGPC.

Através das figuras 4.4, 4.5 e 4.6 podemos obter os seguintes dados para a amostra H₁LGPC, conforme ilustra tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Dados obtidos no solo –H₁LGPC.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,48	9,28	9,74
Número de ciclos-n	25,00	25,00	26,00
Período – T (s)	0,38	0,37	0,37
Frequência – f (Hz)	2,63	2,70	2,70
Força média – F_m (N)	1.680,70	1.788,63	1.706,50
Impulso médio - Imp_m (N.s)	638,65	661,80	631,40

4.2.3.1.2 – H₂LGPC

A tabela 4.6 ilustra os dados obtidos no solo para a amostra H₂LGPC, nos três(03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.6 –Dados obtidos no solo – H₂LGPC.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,76	9,64	9,92
Número de ciclos-n	25,00	25,00	26,00
Período – T (s)	0,39	0,38	0,38
Frequência – f (Hz)	2,56	2,63	2,63
Força média – F_m (N)	1.706,90	1.700,50	1.880,23
Impulso médio - Imp_m (N.s)	665,70	646,20	714,50

4.2.3.1.3 –H₃LGPC

A tabela 4.7 ilustra os dados obtidos no solo para a amostra H₃LGPC, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.7 –Dados obtidos no solo –H₃LGPC.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,42	9,42	-
Número de ciclos-n	21,00	21,00	-
Período – T (s)	0,45	0,45	-
Frequência – f (Hz)	2,22	2,22	-
Força média – F_m (N)	1.712,22	1.491,33	-
Impulso médio - Imp_m (N.s)	770,50	671,10	-

4.2.3.1.4 –H₄LGPC

A tabela 4.8 ilustra os dados obtidos no solo para a amostra H₄LGPC, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.8 –Dados obtidos no solo –H₄LGPC.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,56	9,64	9,74
Número de ciclos-n	27,00	27,00	27,00
Período – T (s)	0,35	0,36	0,36
Frequência – f (Hz)	2,86	2,78	2,78
Força média –F _m (N)	1.920,30	1.992,70	2.276,60
Impulso médio - Imp _m (N.s)	672,10	717,40	819,60

4.2.3.1.5 –H₅LGPC

A tabela 4.9 ilustra os dados obtidos no solo para a amostra H₅LGPC, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.9 – Dados obtidos no solo –H₅LGPC.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,80	9,92	9,42
Número de ciclos-n	25,00	26,00	25,00
Período – T (s)	0,39	0,38	0,38
Frequência – f (Hz)	2,56	2,63	2,63
Força média –F _m (N)	1.769,14	1.926,60	1.763,80
Impulso médio - Imp _m (N.s)	690,00	732,14	670,24

4.2.3.1.6 – M₁LGPC

A tabela 4.10 ilustra os dados obtidos no solo para a amostra M₁LGPC nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.10 – Dados obtidos no solo – M₁LGPC.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,71	9,86	9,42
Número de ciclos-n	22,00	23,00	22,00
Período – T (s)	0,44	0,43	0,43
Frequência – f (Hz)	2,27	2,32	2,32
Força média –F _m (N)	1.812,30	1.858,10	1.820,70
Impulso médio - Imp _m (N.s)	797,41	789,10	782,90

4.2.3.1.7 - M₂LGPC

A tabela 4.11 ilustra os dados obtidos no solo para a amostra M₂LGPC nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.11 – Dados obtidos no solo – M₂LGPC.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,62	9,56	9,62
Número de ciclos-n	24,00	24,00	24,00
Período – T (s)	0,40	0,40	0,40
Frequência – f (Hz)	2,50	2,50	2,50
Força média –F _m (N)	1.811,30	1.997,52	2.016,30
Impulso médio - Imp _m (N.s)	724,52	799,00	806,52

4.2.3.1.8 –M₃LGPC

A tabela 4.12 ilustra os dados obtidos no solo para a amostra M₃LGPC nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.12 – Dados obtidos no solo – M₃LGPC.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,94	9,88	9,82
Número de ciclos-n	23,00	23,00	23,00
Período – T (s)	0,43	0,43	0,43
Frequência – f (Hz)	2,32	2,32	2,32
Força média –F _m (N)	1.437,00	1.455,50	1.534,00
Impulso médio - Imp _m (N.s)	618,00	626,00	660,00

4.2.3.1.9 – M₄LGPC

A tabela 4.13 ilustra os dados obtidos no solo para a amostra M₄LGPC nos (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.13 – Dados obtidos no solo – M₄LGPC.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,34	9,56	9,58
Número de ciclos-n	23,00	23,00	23,00
Período – T (s)	0,40	0,41	0,41
Frequência – f (Hz)	2,50	2,44	2,44
Força média –F _m (N)	1.710,00	2.060,20	2.278,12
Impulso médio - Imp _m (N.s)	684,00	844,70	934,02

4.2.3.1.10 – M₅LGPC

A tabela 4.14 ilustra os dados obtidos no solo para a amostra M₅LGPC nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.14 – Dados obtidos no solo – M₅LGPC.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,46	9,76	9,56
Número de ciclos-n	24,00	26,00	25,00
Período – T (s)	0,39	0,37	0,38
Frequência – f (Hz)	2,56	2,70	2,63
Força média – F_m (N)	1.941,44	1.870,52	1.936,12
Impulso médio - Imp_m (N.s)	757,20	692,10	735,72

4.2.3.2 –Influência da adição do peso 5,0 N (P_1)

4.2.3.2.1 – H₁LGPCP₁

A tabela 4.15, ilustra os dados obtidos no solo, com a adição do peso (5,0 N), para a amostra H₁LGPCP₁, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.15 – Dados obtidos no solo – H₁LGPCP₁.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,74	9,34	9,66
Número de ciclos-n	24,00	24,00	25,00
Período – T (s)	0,40	0,39	0,39
Frequência – f (Hz)	2,50	2,56	2,56
Força média – F_m (N)	1.596,72	1.843,00	1.547,60
Impulso médio - Imp_m (N.s)	638,70	718,80	603,54

4.2.3.2.2 – H₂LGPCP₁

A tabela 4.16, ilustra os dados obtidos no solo, com a adição do peso (5,0 N), para a amostra H₂LGPCP₁, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.16 – Dados obtidos no solo – H₂LGPCP₁.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,74	9,66	9,90
Número de ciclos-n	25,00	25,00	26,00
Período – T (s)	0,39	0,39	0,38
Frequência – f (Hz)	2,56	2,56	2,63
Força média –F _m (N)	1.707,00	1.700,40	1.880,50
Impulso médio - Imp _m (N.s)	665,71	663,15	714,60

4.2.3.2.3 – H₃LGPCP₁

A tabela 4.17, ilustra os dados obtidos no solo, com a adição do peso (5,0 N), para a amostra H₃LGPCP₁, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.17 – Dados obtidos no solo – H₃LGPCP₁.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,46	9,38	9,92
Número de ciclos-n	20,00	20,00	21,00
Período – T (s)	0,47	0,47	0,47
Frequência – f (Hz)	2,13	2,13	2,13
Força média –F _m (N)	1.516,80	1.608,80	1.717,32
Impulso médio - Imp _m (N.s)	712,90	756,10	807,14

4.2.3.2.4 – H₄LGPCP₁

A tabela 4.18 ilustra os dados obtidos no solo, com a adição do peso (5,0 N), para a amostra H₄LGPCP₁, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.18 – Dados obtidos no solo – H₄LGPCP₁.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t _{ef} (s)	9,78	9,68	9,62
Número de ciclos-n	27,00	27,00	27,00
Período – T (s)	0,36	0,36	0,36
Frequência – f (Hz)	2,78	2,78	2,78
Força média –F _m (N)	2.112,30	1.920,91	1.980,30
Impulso médio - Imp _m (N.s)	760,41	691,53	712,90

4.2.3.2.5 – H₅LGPCP₁

A tabela 4.19 ilustra os dados obtidos no solo, com a adição do peso (5,0 N), para a amostra H₅LGPCP₁, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.19 – Dados obtidos no solo – H₅LGPCP₁.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t _{ef} (s)	9,78	9,54	9,44
Número de ciclos-n	26,00	26,00	26,00
Período – T (s)	0,38	0,37	0,36
Frequência – f (Hz)	2,70	2,70	2,70
Força média –F _m (N)	1.822,70	1.663,41	1.859,80
Impulso médio - Imp _m (N.s)	692,61	615,50	669,52

4.2.3.2.6 – M₁LGPCP₁

A tabela 4.20 ilustra os dados obtidos no solo, com a adição do peso (5,0 N), para a amostra M₁LGPCP₁, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.20 – Dados obtidos no solo – M₁LGPCP₁.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t _{ef} (s)	9,82	9,48	9,74
Número de ciclos-n	21,00	22,00	23,00
Período – T (s)	0,47	0,43	0,42
Frequência – f (Hz)	2,13	2,32	2,38
Força média –F _m (N)	1.490,00	1.647,73	1.551,43
Impulso médio - Imp _m (N.s)	700,30	708,52	651,60

4.2.3.2.7 – M₂LGPCP₁

A tabela 4.21 ilustra os dados obtidos no solo, com a adição do peso (5,0 N), para a amostra M₂LGPCP₁ nos três(03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.21 – Dados obtidos no solo – M₂LGPCP₁.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t _{ef} (s)	9,76	9,70	9,58
Número de ciclos-n	24,00	24,00	24,00
Período – T (s)	0,41	0,40	0,40
Frequência – f (Hz)	2,44	2,50	2,50
Força média –F _m (N)	1.995,14	1.855,00	1.987,04
Impulso médio - Imp _m (N.s)	818,00	742,00	795,00

4.2.3.2.8 – M₃LGPCP₁

A tabela 4.22 ilustra os dados obtidos no solo, com a adição do peso (5,0 N), para a amostra M₃LGPCP₁, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.22 – Dados obtidos no solo – M₃LGPCP₁.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t _{ef} (s)	9,50	9,34	9,38
Número de ciclos-n	22,00	22,00	20,00
Período – T (s)	0,43	0,42	0,46
Frequência – f (Hz)	2,32	2,38	2,17
Força média –F _m (N)	1.481,12	1.688,91	1.628,00
Impulso médio - Imp _m (N.s)	636,90	709,34	748,50

4.2.3.2.9 – M₄LGPCP₁

A tabela 4.23 ilustra os dados obtidos no solo, com a adição do peso (5,0 N), para a amostra M₄LGPCP₁, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.23 – Dados obtidos no solo – M₄LGPCP₁.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t _{ef} (s)	9,70	9,80	9,68
Número de ciclos-n	25,00	26,00	26,00
Período – T (s)	0,39	0,38	0,37
Frequência – f (Hz)	2,56	2,63	2,70
Força média –F _m (N)	2.207,30	2.470,40	2.506,80
Impulso médio - Imp _m (N.s)	860,84	938,73	927,50

4.2.3.2.10 – M₅LGPCP₁

A tabela 4.24 ilustra os dados obtidos no solo, com a adição do peso (5,0 N), para a amostra M₅LGPCP₁, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.24 – Dados obtidos no solo – M₅LGPCP₁.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t _{ef} (s)	9,58	9,46	9,88
Número de ciclos-n	24,00	25,00	26,00
Período – T (s)	0,40	0,38	0,38
Frequência – f (Hz)	2,50	2,63	2,63
Força média –F _m (N)	1.399,80	1.908,10	1.711,12
Impulso médio - Imp _m (N.s)	559,90	725,10	650,22

4.2.3.3 – Influência da adição do peso 10 N (P₂).

4.2.3.3.1 – H₁LGPCP₂

A tabela 4.25 ilustra os dados obtidos no solo, com a adição do peso (10 N), para a amostra H₁LGPCP₂, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.25 – Dados obtidos no solo – H₁LGPCP₂.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t _{ef} (s)	9,50	9,76	9,58
Número de ciclos-n	25,00	26,00	26,00
Período – T (s)	0,38	0,37	0,37
Frequência – f (Hz)	2,63	2,70	2,70
Força média –F _m (N)	1.525,30	1.733,73	1.756,70
Impulso médio - Imp _m (N.s)	579,60	641,50	632,40

4.2.3.3.2 – H₂LGPCP₂

A tabela 4.26 ilustra os dados obtidos no solo, com a adição do peso (10 N), para a amostra H₂LGPCP₂, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.26 – Dados obtidos no solo – H₂LGPCP₂.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t _{ef} (s)	9,68	9,62	9,50
Número de ciclos-n	25,00	25,00	25,00
Período – T (s)	0,39	0,38	0,38
Frequência – f (Hz)	2,56	2,63	2,63
Força média –F _m (N)	1.716,54	1.857,50	1.928,40
Impulso médio - Imp _m (N.s)	669,50	705,84	732,80

4.2.3.3.3 – H₃LGPCP₂

A tabela 4.27 ilustra os dados obtidos no solo, com a adição do equipamento

aquático-peso (10 N), para a amostra H₃LGPCP₂, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.27 – Dados obtidos no solo – H₃LGPCP₂.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t _{ef} (s)	9,38	9,65	9,46
Número de ciclos-n	20,00	20,00	20,00
Período – T (s)	0,47	0,48	0,47
Frequência – f (Hz)	2,13	2,08	2,13
Força média –F _m (N)	1.641,00	1.507,93	1.561,93
Impulso médio - Imp _m (N.s)	771,30	723,81	734,11

4.2.3.3.4 – H₄LGPCP₂

A tabela 4.28 ilustra os dados obtidos no solo, com a adição do peso (10 N), para a amostra H₄LGPCP₂, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.28 – Dados obtidos no solo – H₄LGPCP₂.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t _{ef} (s)	9,66	9,64	9,66
Número de ciclos-n	27,00	27,00	27,00
Período – T (s)	0,36	0,36	0,36
Frequência – f (Hz)	2,78	2,78	2,78
Força média –F _m (N)	1.912,11	2.318,53	2.217,60
Impulso médio - Imp _m (N.s)	688,40	834,70	798,32

4.2.3.3.5 – H₅LGPCP₂

A tabela 4.29 ilustra os dados obtidos no solo, com a adição do peso (10 N), para a amostra H₅LGPCP₂, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.29 – Dados obtidos no solo – H₅LGPCP₂.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,64	9,52	9,44
Número de ciclos-n	26,00	26,00	26,00
Período – T (s)	0,37	0,37	0,36
Frequência – f (Hz)	2,70	2,70	2,77
Força média –F _m (N)	1.774,70	1.601,90	1.718,23
Impulso médio - Imp _m (N.s)	656,63	592,70	618,60

4.2.3.3.6 – M₁LGPCP₂

A tabela 4.30 ilustra os dados obtidos no solo, com a adição do peso (10 N), para a amostra M₁LGPCP₂, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.30 – Dados obtidos no solo – M₁LGPCP₂.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,94	9,72	9,32
Número de ciclos-n	22,00	23,00	22,00
Período – T (s)	0,45	0,42	0,42
Frequência – f (Hz)	2,22	2,38	2,38
Força média –F _m (N)	1.365,40	1.666,70	1.495,40
Impulso médio - Imp _m (N.s)	614,43	700,01	628,04

4.2.3.3.7 – M₂LGPCP₂

A tabela 4.31 ilustra os dados obtidos no solo, com a adição do peso (10 N), para a amostra M₂LGPCP₂, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.31– Dados obtidos no solo – M₂LGPCP₂.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t _{ef} (s)	9,74	9,82	9,72
Número de ciclos-n	23,00	24,00	24,00
Período – T (s)	0,42	0,41	0,40
Frequência – f (Hz)	2,38	2,44	2,50
Força média –F _m (N)	2.025,00	1.863,30	1.713,00
Impulso médio - Imp _m (N.s)	850,50	764,00	685,20

4.2.3.3.8 – M₃LGPCP₂

A tabela 4.32 ilustra os dados obtidos no solo, com a adição do peso (10 N), para a amostra M₃LGPCP₂, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.32– Dados obtidos no solo – M_3 LGPCP₂.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,78	9,38	9,36
Número de ciclos-n	23,00	22,00	22,00
Período – T (s)	0,42	0,43	0,42
Frequência – f (Hz)	2,38	2,32	2,38
Força média – F_m (N)	1.527,70	1.626,30	1.464,82
Impulso médio - Imp_m (N.s)	641,61	699,30	615,22

4.2.3.3.9 – M_4 LGPCP₂

A tabela 4.33 ilustra os dados obtidos no solo, com a adição do peso (10 N), para a amostra M_4 LGPCP₂, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.33– Dados obtidos no solo – M_4 LGPCP₂.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,74	9,60	9,78
Número de ciclos-n	26,00	26,00	27,00
Período – T (s)	0,37	0,37	0,36
Frequência – f (Hz)	2,70	2,70	2,77
Força média – F_m (N)	2.307,00	2.571,30	2.743,00
Impulso médio - Imp_m (N.s)	853,60	951,40	987,50

4.2.3.3.10 – M_5 LGPCP₂

A tabela 4.34 ilustra os dados obtidos no solo, com a adição do peso (10 N), para a amostra M_5 LGPCP₂, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.34– Dados obtidos no solo – M₅LGPCP₂.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,38	9,66	9,48
Número de ciclos-n	23,00	25,00	24,00
Período – T (s)	0,41	0,39	0,40
Frequência – f (Hz)	2,44	2,56	2,50
Força média – F_m (N)	1.620,70	1.854,72	1.790,32
Impulso médio - Imp_m (N.s)	664,50	723,34	716,13

4.3 Dados Obtidos nos Ensaio Realizados na Água

4.3.1 Curva de calibração da plataforma de força para os ensaios realizados na água

A figura 4.7 ilustra a curva de calibração da plataforma de força utilizada para os ensaios realizados na água, a qual apresenta um coeficiente de calibração de 7597,58 N/mV.

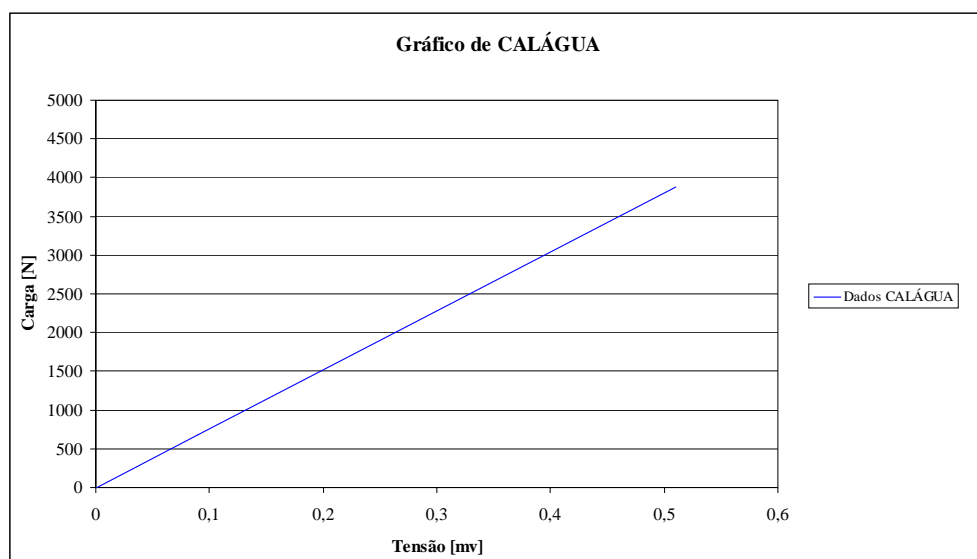


Figura 4.7 Curva de calibração da plataforma de força para os ensaios realizados na água – $c_a = 7597,58$ N/mV.

4.3.2 Pesos hidrostáticos obtidos para as amostras através da plataforma de força

Neste tipo de ensaio, todos os sinais obtidos foram filtrados através de um filtro passa-baixo, com frequência de corte de 10 Hz.

A figura 4.8 ilustra o peso hidrostático (PH), obtido através da plataforma de força para a amostra H₁PH.

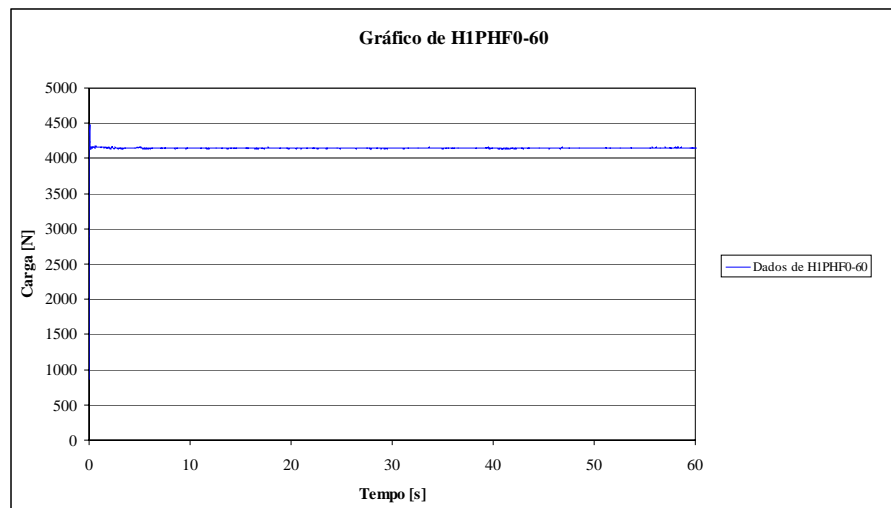


Figura 4.8 – Peso hidrostático da amostra H₁PH.

A tabela 4.35 ilustra os pesos hidrostáticos obtidos para todas as amostras (homens e mulheres).

Tabela 4.35 – Peso hidrostático das amostras.

Amostra	Homens					Mulheres				
	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅
PH (N)	270	259	276	231	217	148	148	178	178	154

4.3.3 Forças médias (picos de força) e impulsos médios obtidos para as amostras (Lagosta I)

Neste tipo de ensaio, todas as amostras executaram uma seqüência previamente estabelecida.

Devido as frequências dos exercícios serem executadas com frequências menores que 5Hz, os sinais obtidos nestes ensaios (força de reação do solo ou picos de força) foram filtrados através de um filtro passa-baixo, com frequência de corte de 10Hz, como margem de segurança.

A força média F_m (pico de força na vertical) obtida para cada amostra, é proveniente da média dos picos de força (forças máximas), menos a média dos picos de força (forças mínimas), obtidos em cada ensaio.

O impulso médio Imp_m obtido para cada amostra, é proveniente da área sob a curva força média (N) x tempo (s), no intervalo de tempo médio de execução de uma repetição de exercício (período).

4.3.3.1 Influência do peso hidrostático

4.3.3.1.1 H₁LGPH

A figura 4.9 ilustra as forças de reações do solo (picos de força) e os impulsos obtidos na execução do exercício Lagosta I (ensaio) para a amostra H₁, com duração de 60s.

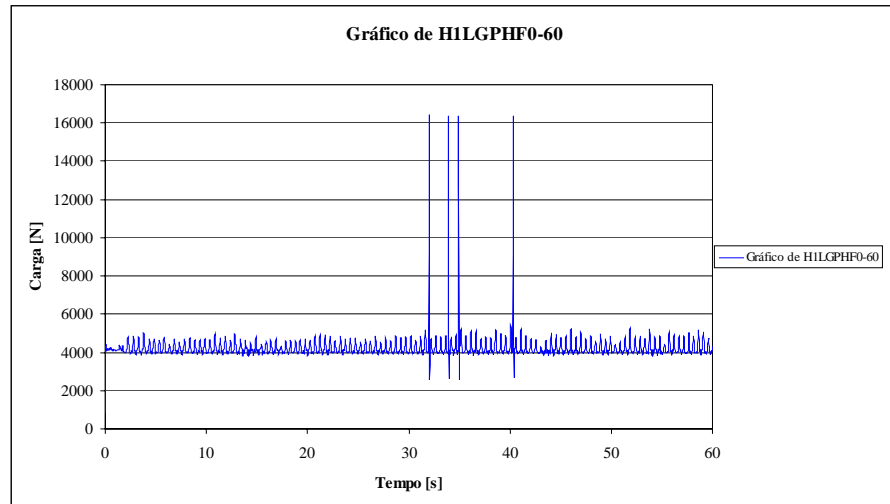


Figura 4.9 Forças de reação do solo –H₁LGPH.

Neste ensaio a análise das forças de reação do solo (picos de força) e o impulso, foram divididas em três (03) intervalos de tempo, a saber :

Intervalo I de (10 – 20)s (fase inicial)

Intervalo II de (30 -40) s (fase intermediária)

Intervalo III de (50 – 60) s (fase final)

A figura 4.10 ilustra as forças de reação do solo obtidas para a amostra H₁LGPH no intervalo I, de 10 a 20 s.

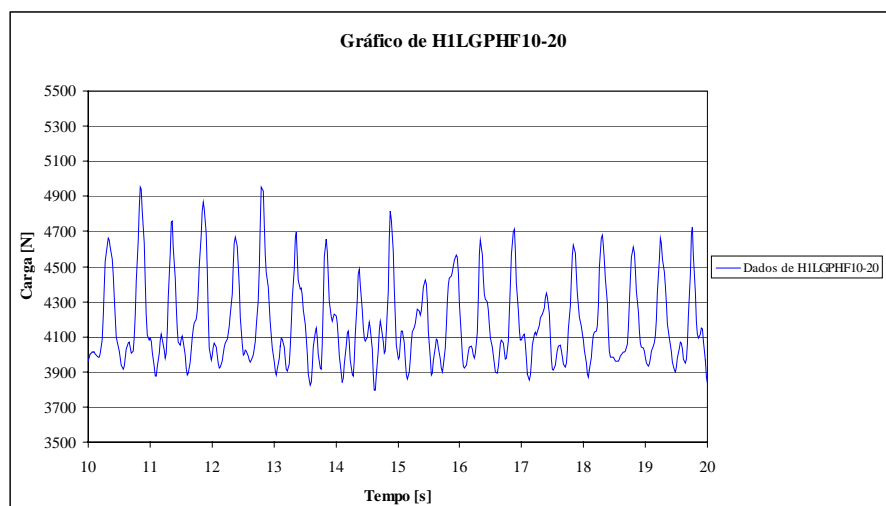


Figura 4.10 Forças de reação do solo (10-20)s – H₁LGPH.

A figura 4.11 ilustra as forças de reação do solo, obtidas para a amostra H₁LGPH, no intervalo II, de 30 a 40s.

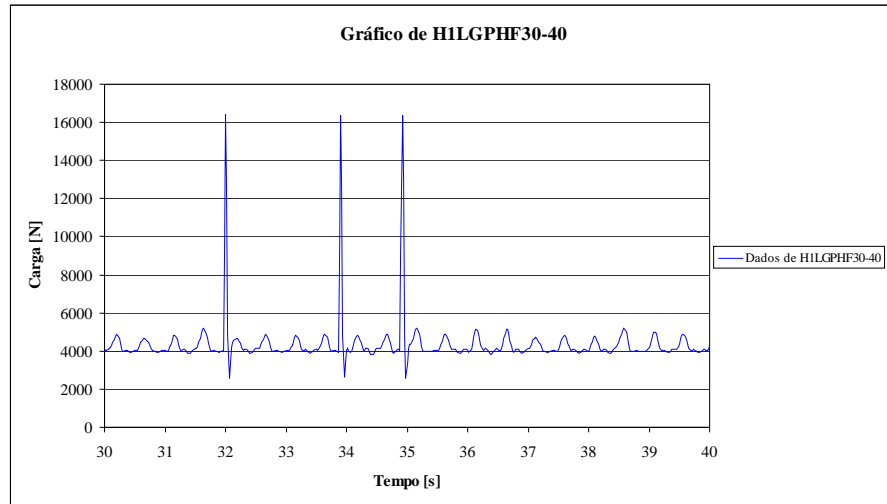


Figura 4.11 Forças de reação do solo (30-40) s – H₁LGPH.

A figura 4.12 ilustra as forças de reação do solo, obtidas para a amostra H₁LGPH, no intervalo III, de 50 a 60 s.

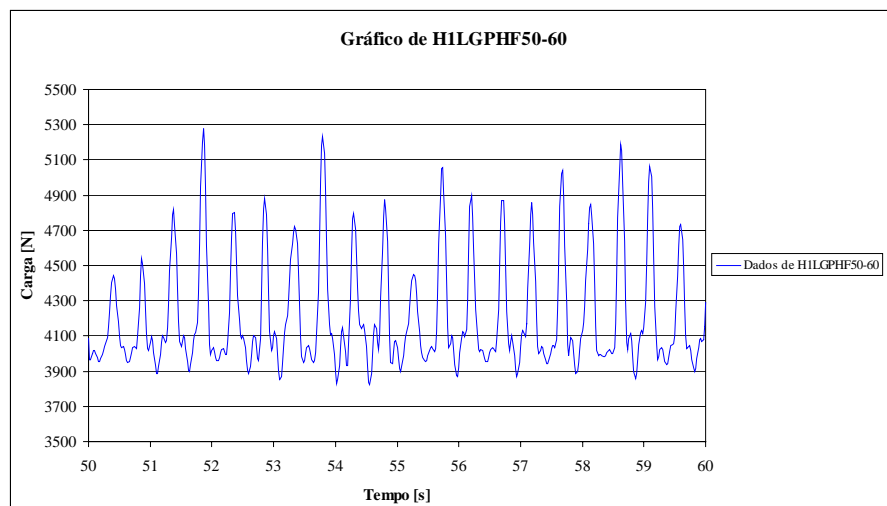


Figura 4.12 Forças de reação do solo (50-60)s – H₁LGPH.

Através das figuras 4.10, 4.11 e 4.12, podemos obter os seguintes dados na água para a amostra H₁LGPH, conforme ilustra tabela 4.36.

Tabela 4.36– Dados obtidos na água – H₁LGPH.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,78	9,70	9,64
Número de ciclos-n	20,00	20,00	20,00
Período – T (s)	0,49	0,48	0,48
Frequência – f (Hz)	2,04	2,08	2,08
Força média – F_m (N)	782,30	1.014,10	955,30
Impulso médio - Imp_m (N.s)	383,32	486,80	458,53

4.3.3.1.2 H₂LGPH

A tabela 4.37 ilustra os dados obtidos na água para a amostra H₂LGPH, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.37– Dados obtidos na água – H₂LGPH.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,56	-	-
Número de ciclos-n	20,00	-	-
Período – T (s)	0,48	-	-
Frequência – f (Hz)	2,08	-	-
Força média – F_m (N)	780,72	-	-
Impulso médio - Imp_m (N.s)	374,70	-	-

4.3.3.1.3 H₃LGPH

A tabela 4.38 ilustra os dados obtidos na água para a amostra H₃LGPH, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.38– Dados obtidos na água – H₃LGPH.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,80	9,42	9,80
Número de ciclos-n	20,00	19,00	19,00
Período – T (s)	0,49	0,50	0,51
Frequência – f (Hz)	2,04	2,00	1,96
Força média – F_m (N)	795,90	791,10	826,80
Impulso médio - Imp_m (N.s)	390,00	395,52	457,40

4.3.3.1.4 H₄LGPH

A tabela 4.39 ilustra os dados obtidos na água para a amostra H₄LGPH, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.39– Dados obtidos na água – H₄LGPH.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,66	9,74	9,66
Número de ciclos-n	21,00	21,00	21,00
Período – T (s)	0,46	0,46	0,46
Frequência – f (Hz)	2,17	2,17	2,17
Força média – F_m (N)	790,80	683,10	682,30
Impulso médio - Imp_m (N.s)	363,80	314,20	313,90

4.3.3.1.5 H₅LGPH

A tabela 4.40 ilustra os dados obtidos na água para a amostra H₅LGPH, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.40 – Dados obtidos na água – H₅LGPH.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,68	9,56	9,74
Número de ciclos-n	21,00	21,00	21,00
Período – T (s)	0,46	0,45	0,46
Frequência – f (Hz)	2,17	2,22	2,17
Força média – F_m (N)	749,31	865,91	896,40
Impulso médio - Imp_m (N.s)	344,70	389,70	412,34

4.3.3.1.6 M₁LGPH

A tabela 4.41 ilustra os dados obtidos na água para a amostra M₁LGPH, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.41– Dados obtidos na água M₁LGPH.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,68	9,26	9,64
Número de ciclos-n	12,00	13,00	14,00
Período – T (s)	0,81	0,71	0,70
Frequência – f (Hz)	1,23	1,41	1,43
Força média – F_m (N)	261,34	280,30	319,30
Impulso médio - Imp_m (N.s)	211,70	199,10	223,51

4.3.3.1.7 M₂LGPH

A tabela 4.42 ilustra os dados obtidos na água para a amostra M₂LGPH, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.42– Dados obtidos na água M₂LGPH.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,46	9,60	9,34
Número de ciclos-n	16,00	14,00	16,00
Período – T (s)	0,59	0,68	0,58
Frequência – f (Hz)	1,69	1,47	1,72
Força média – F_m (N)	308,21	565,10	355,80
Impulso médio - Imp_m (N.s)	182,00	384,30	206,40

4.3.3.1.8 M₃LGPH

A tabela 4.43 ilustra os dados obtidos na água para a amostra M₃LGPH, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.43– Dados obtidos na água M₃LGPH.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,82	9,84	9,62
Número de ciclos-n	19,00	18,00	17,00
Período – T (s)	0,52	0,54	0,56
Frequência – f (Hz)	1,92	1,85	1,78
Força média – F_m (N)	589,70	509,92	482,74
Impulso médio - Imp_m (N.s)	311,30	275,35	270,33

4.3.3.1.9 M₄LGPH

A tabela 4.44 ilustra os dados obtidos na água para a amostra M₄LGPH, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.44– Dados obtidos na água M₄LGPH.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,82	9,56	9,50
Número de ciclos-n	17,00	16,00	16,00
Período – T (s)	0,58	0,59	0,59
Frequência – f (Hz)	1,72	1,69	1,69
Força média – F_m (N)	281,13	341,40	389,40
Impulso médio - Imp_m (N.s)	163,10	201,30	229,74

4.3.3.1.10 M₅LGPH

A tabela 4.45 ilustra os dados obtidos na água para a amostra M₅LGPH, nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.45– Dados obtidos na água M₅LGPH.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,88	9,86	9,70
Número de ciclos-n	18,00	18,00	18
Período – T (s)	0,55	0,55	0,54
Frequência – f (Hz)	1,81	1,81	1,85
Força média – F_m (N)	564,64	626,50	629,20
Impulso médio - Imp_m (N.s)	310,60	338,30	333,50

4.3.3.2 Influência da adição do peso 5,0 N (P₁)4.3.3.2.1 H₁LGPH₁

A tabela 4.46 ilustra os dados obtidos na água para a amostra H₁LGPHP₁ nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.46– Dados obtidos na água H₁LGPHP₁.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,70	9,92	9,76
Número de ciclos-n	21,00	21,00	20,00
Período – T (s)	0,46	0,47	0,49
Frequência – f (Hz)	2,17	2,13	2,04
Força média –F _m (N)	973,10	1.043,02	1.104,60
Impulso médio - Imp _m (N.s)	447,62	490,21	541,23

4.3.3.2.2 H₂LGPHP₁

A tabela 4.47 ilustra os dados obtidos na água para a amostra H₂LGPHP₁ nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.47– Dados obtidos na água H₂LGPHP₁.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,64	9,64	9,84
Número de ciclos-n	22,00	21,00	22,00
Período – T (s)	0,44	0,45	0,45
Frequência – f (Hz)	2,27	2,22	2,22
Força média –F _m (N)	763,00	804,00	790,00
Impulso médio - Imp _m (N.s)	335,80	362,00	355,50

4.3.3.2.3 H₃LGPHP₁

A tabela 4.48 ilustra os dados obtidos na água para a amostra H₃LGPHP₁ nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.48– Dados obtidos na água H₃LGPHP₁.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,44	9,30	9,36
Número de ciclos-n	18,00	18,00	18,00
Período – T (s)	0,52	0,52	0,52
Frequência – f (Hz)	1,92	1,92	1,92
Força média –F _m (N)	834,74	898,01	810,10
Impulso médio - Imp _m (N.s)	434,10	467,00	421,24

4.3.3.2.4 H₄LGPHP₁

A tabela 4.49 ilustra os dados obtidos na água para a amostra H₄LGPHP₁ nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.49– Dados obtidos na água H₄LGPHP₁.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,66	9,72	9,84
Número de ciclos-n	20,00	20,00	21,00
Período – T (s)	0,48	0,49	0,47
Frequência – f (Hz)	2,08	2,04	2,12
Força média –F _m (N)	728,84	735,72	727,70
Impulso médio - Imp _m (N.s)	349,84	360,50	342,00

4.3.3.2.5 H₅LGPHP₁

A tabela 4.50 ilustra os dados obtidos na água para a amostra H₅LGPHP₁ nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.50– Dados obtidos na água H₅LGPHP₁.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t _{ef} (s)	9,66	9,64	9,62
Número de ciclos-n	20,00	20,00	20,00
Período – T (s)	0,48	0,48	0,48
Frequência – f (Hz)	2,08	2,08	2,08
Força média –F _m (N)	859,50	858,74	793,70
Impulso médio - Imp _m (N.s)	412,60	412,20	365,10

4.3.3.2.6 M₁LGPHP₁

A tabela 4.51 ilustra os dados obtidos na água para a amostra M₁LGPHP₁ nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.51– Dados obtidos na água M₁LGPHP₁.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t _{ef} (s)	9,20	9,72	9,40
Número de ciclos-n	15,00	16,00	15,00
Período – T (s)	0,61	0,61	0,62
Frequência – f (Hz)	1,64	1,64	1,61
Força média –F _m (N)	292,50	254,60	311,11
Impulso médio - Imp _m (N.s)	178,43	155,31	193,00

4.3.3.2.7 M₂LGPHP₁

A tabela 4.52 ilustra os dados obtidos na água para a amostra M_2LGP_{HP1} nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.52– Dados obtidos na água M_2LGP_{HP1} .

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,32	9,34	9,04
Número de ciclos-n	16,00	15,00	15,00
Período – T (s)	0,58	0,62	0,60
Frequência – f (Hz)	1,72	1,61	1,66
Força média – F_m (N)	257,90	310,73	354,34
Impulso médio - Imp_m (N.s)	149,60	192,70	212,60

4.3.3.2.8 M_3LGP_{HP1}

A tabela 4.53 ilustra os dados obtidos na água para a amostra M_3LGP_{HP1} nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.53– Dados obtidos na água M_3LGP_{HP1} .

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,34	9,50	9,72
Número de ciclos-n	16,00	15,00	15,00
Período – T (s)	0,58	0,63	0,65
Frequência – f (Hz)	1,72	1,59	1,54
Força média – F_m (N)	254,10	305,72	344,04
Impulso médio - Imp_m (N.s)	147,40	192,60	223,62

4.3.3.2.9 M_4LGP_{HP1}

A tabela 4.54 ilustra os dados obtidos na água para a amostra M_4LGP_{HP1} nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.54– Dados obtidos na água M_4LGP_{HP1} .

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,78	9,66	9,46
Número de ciclos-n	17,00	17,00	17,00
Período – T (s)	0,57	0,57	0,56
Frequência – f (Hz)	1,75	1,75	1,78
Força média – F_m (N)	451,10	436,80	496,00
Impulso médio - Imp_m (N.s)	257,12	249,00	278,00

4.3.3.2.10 M_5LGP_{HP1}

A tabela 4.55 ilustra os dados obtidos na água para a amostra M_5LGP_{HP1} nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.55– Dados obtidos na água M_5LGP_{HP1} .

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,44	9,62	8,72
Número de ciclos-n	18,00	19,00	19,00
Período – T (s)	0,52	0,51	0,46
Frequência – f (Hz)	1,92	1,96	2,17
Força média – F_m (N)	844,13	496,02	793,40
Impulso médio - Imp_m (N.s)	439,00	253,00	365,00

4.3.3.3 Influência da adição do peso 10 N (P_2)

4.3.3.3.1 H₁LGPHP₂

A tabela 4.56 ilustra os dados obtidos na água para a amostra H₁LGPHP₂ nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.56– Dados obtidos na água H₁LGPHP₂.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,54	9,44	9,62
Número de ciclos-n	21,00	21,00	21,00
Período – T (s)	0,45	0,45	0,46
Frequência – f (Hz)	2,22	2,22	2,17
Força média –F _m (N)	916,72	1.109,50	1.175,80
Impulso médio - Imp _m (N.s)	412,52	499,30	540,84

4.3.3.3.2 H₂LGPHP₂

A tabela 4.57 ilustra os dados obtidos na água para a amostra H₂LGPHP₂ nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.57– Dados obtidos na água H₂LGPHP₂.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,64	9,74	9,52
Número de ciclos-n	22,00	21,00	22,00
Período – T (s)	0,44	0,46	0,43
Frequência – f (Hz)	2,27	2,17	2,32
Força média –F _m (N)	585,73	489,10	612,80
Impulso médio - Imp _m (N.s)	257,72	225,00	263,50

4.3.3.3.3 H₃LGPHP₂

A tabela 4.58 ilustra os dados obtidos na água para a amostra H₃LGPHP₂ nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.58– Dados obtidos na água H₃LGPHP₂.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,64	9,58	9,16
Número de ciclos-n	18,00	18,00	17,00
Período – T (s)	0,53	0,53	0,54
Frequência – f (Hz)	1,88	1,88	1,85
Força média –F _m (N)	757,21	830,51	768,60
Impulso médio - Imp _m (N.s)	401,32	440,20	415,02

4.3.3.3.4 H₄LGPHP₂

A tabela 4.59 ilustra os dados obtidos na água para a amostra H₄LGPHP₂ nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.59– Dados obtidos na água H₄LGPHP₂.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,58	9,68	9,78
Número de ciclos-n	21,00	21,00	21,00
Período – T (s)	0,46	0,45	0,46
Frequência – f (Hz)	2,17	2,22	2,17
Força média –F _m (N)	822,60	773,60	889,71
Impulso médio - Imp _m (N.s)	378,40	348,12	409,30

4.3.3.3.5 H₅LGPHP₂

A tabela 4.60 ilustra os dados obtidos na água para a amostra H₅LGPHP₂ nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.60– Dados obtidos na água H₅LGPHP₂.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,64	9,62	9,84
Número de ciclos-n	22,00	22,00	22,00
Período – T (s)	0,44	0,44	0,45
Frequência – f (Hz)	2,27	2,27	2,22
Força média –F _m (N)	581,40	481,30	500,30
Impulso médio - Imp _m (N.s)	255,81	211,80	225,14

4.3.3.3.6 M₁LGPHP₂

A tabela 4.61 ilustra os dados obtidos na água para a amostra M₁LGPHP₂ nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.61– Dados obtidos na água M₁LGPHP₂.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t_{ef} (s)	9,68	9,84	9,38
Número de ciclos-n	15,00	16,00	15,00
Período – T (s)	0,65	0,62	0,63
Frequência – f (Hz)	1,54	1,61	1,59
Força média –F _m (N)	348,90	327,81	305,54
Impulso médio - Imp _m (N.s)	226,80	203,24	192,50

4.3.3.3.7 M₂LGPHP₂

A tabela 4.62 ilustra os dados obtidos na água para a amostra M₂LGPHP₂ nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.62– Dados obtidos na água M₂LGPHP₂.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t _{ef} (s)	9,74	9,74	9,54
Número de ciclos-n	17,00	17,00	15,00
Período – T (s)	0,57	0,57	0,63
Frequência – f (Hz)	1,75	1,75	1,58
Força média –F _m (N)	402,04	411,40	590,10
Impulso médio - Imp _m (N.s)	229,20	234,50	371,80

4.3.3.3.8 M₃LGPGP₂

A tabela 4.63 ilustra os dados obtidos na água para a amostra M₃LGPHP₂ nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.63– Dados obtidos na água M₃LGPHP₂.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t _{ef} (s)	9,64	9,44	9,48
Número de ciclos-n	17,00	16,00	16,00
Período – T (s)	0,56	0,59	0,59
Frequência – f (Hz)	1,78	1,69	1,69
Força média –F _m (N)	559,13	572,70	495,00
Impulso médio - Imp _m (N.s)	313,11	338,00	292,10

4.3.3.3.9 M₄LGPHP₂

A tabela 4.64 ilustra os dados obtidos na água para a amostra M₄LGPHP₂ nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.64– Dados obtidos na água M₄LGPHP₂.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t _{ef} (s)	9,50	9,66	9,56
Número de ciclos-n	18,00	18,00	17,00
Período – T (s)	0,52	0,53	0,56
Frequência – f (Hz)	1,92	1,88	1,78
Força média –F _m (N)	655,00	341,33	551,80
Impulso médio - Imp _m (N.s)	340,60	287,00	309,00

4.3.3.3.10 M₅LGPHP₂

A tabela 4.65 ilustra os dados obtidos na água para a amostra M₅LGPHP₂ nos três (03) intervalos de tempo analisados.

Tabela 4.65– Dados obtidos na água M₅LGPHP₂.

DADOS	INTERVALOS DE TEMPO (s)		
	I (10-20)	II (30-40)	III (50-60)
Tempo efetivo t _{ef} (s)	9,86	8,24	8,38
Número de ciclos-n	20,00	19,00	19,00
Período – T (s)	0,49	0,43	0,44
Frequência – f (Hz)	2,04	2,32	2,27
Força média –F _m (N)	452,00	692,20	649,90
Impulso médio - Imp _m (N.s)	221,50	297,70	286,00

4.4 Comparação entre as Curvas de Calibração Utilizadas para Plataforma de Forças nos Ensaios

A figura 4.12 apresenta as três (03) curvas de calibração utilizadas nos ensaios para a plataforma de força:

a – Ensaio com cargas de compressão:

Neste ensaio, a curva de calibração obtida, é dada pela equação:

$Y = -59,54 + 5.303,73 X$ (conforme figura 3.4), cujo coeficiente de calibração é dado por: $c_c = 5290,22 \text{ N/mV}$.

b- Ensaio no solo:

Neste ensaio, a curva de calibração utilizada para a plataforma de força, apresenta um coeficiente de calibração dado por: $c_s = 7296,30 \text{ N/mV}$.

c- Ensaio na água:

Neste ensaio, a curva de calibração utilizada para a plataforma de força, apresenta um coeficiente de calibração dado por: $c_a = 7597,49 \text{ N/mV}$.

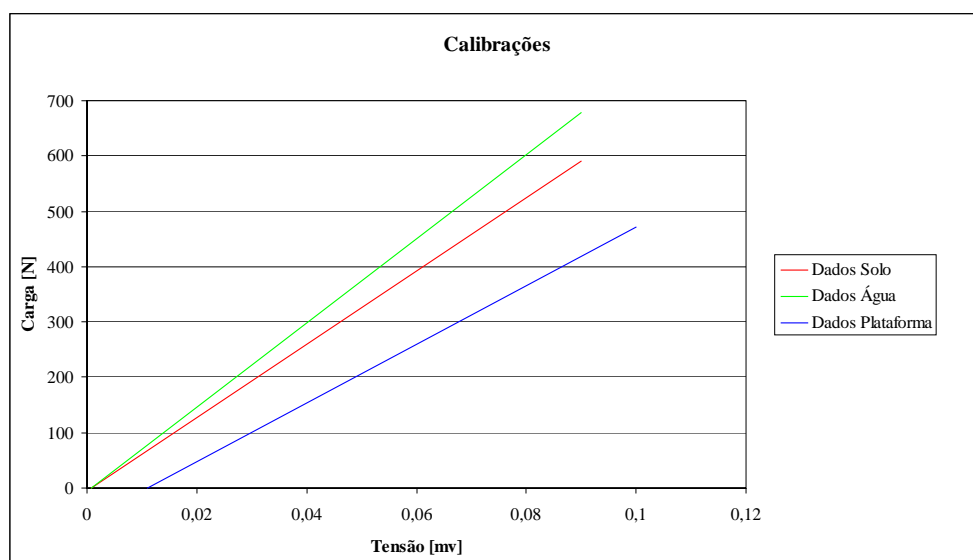


Figura 4.12 Curvas de calibração utilizadas para a plataforma de força nos ensaios.

4.5 Apresentação dos Dados Obtidos para as Amostras nos Ensaios Realizados no Solo

4.5.1 Frequências de execução do exercício Lagosta I

4.5.1.1 Influência do peso corporal

A tabela 4.66 apresenta as frequências de execução do exercício lagosta I obtidas, e com influência do peso corporal das amostras.

Tabela 4.66 – Apresentação das frequências médias obtidas devido ao peso corporal das amostras no solo.

AMOSTRAS	INTERVALOS			Valor médio (Hz)
	I (10 - 20) s	II (30-40) s	III (50 - 60) s	
H ₁ LGPC	2,63	2,70	2,70	2,68
H ₂ LGPC	2,56	2,63	2,63	2,61
H ₃ LGPC	2,22	2,22	2,22	2,22
H ₄ LGPC	2,86	2,78	2,78	2,81
H ₅ LGPC	2,56	2,63	2,63	2,61
M ₁ LGPC	2,27	2,32	2,32	2,30
M ₂ LGPC	2,50	2,50	2,50	2,50
M ₃ LGPC	2,32	2,32	2,32	2,32
M ₄ LGPC	2,50	2,44	2,44	2,46
M ₅ LGPC	2,56	2,70	2,70	2,63

4.5.1.2 Influência da adição do peso 5,0 N (P₁)

A tabela 4.67 apresenta as frequências de execução do exercício lagosta I obtidas, devido a adição do peso (P_1) no solo.

Tabela 4.67- Apresentação das frequências médias obtidas devido a adição do peso (P_1) no solo.

AMOSTRAS	INTERVALOS			Valor médio (Hz)
	I (10 - 20) s	II (30 - 40) s	III (50 - 60) s	
H ₁ LGPCP ₁	2,50	2,56	2,56	2,54
H ₂ LGPCP ₁	2,56	2,56	2,63	2,58
H ₃ LGPCP ₁	2,13	2,13	2,13	2,13
H ₄ LGPCP ₁	2,78	2,78	2,78	2,78
H ₅ LGPCP ₁	2,70	2,70	2,70	2,70
M ₁ LGPCP ₁	2,13	2,32	2,38	2,28
M ₂ LGPCP ₁	2,44	2,50	2,50	2,48
M ₃ LGPCP ₁	2,32	2,38	2,17	2,29
M ₄ LGPCP ₁	2,56	2,63	2,70	2,63
M ₅ LGPCP ₁	2,50	2,63	2,63	2,59

4.5.1.3 Influência da adição do peso 10 N (P_2)

A tabela 4.68 apresenta as frequências de execução do exercício lagosta I obtidas, devido a adição do peso – peso (P_2) no solo.

Tabela 4.68 – Apresentação das frequências médias obtidas devido a adição do peso (P_2) no solo.

AMOSTRAS	INTERVALOS			Valor médio (Hz)
	I (10 - 20) s	II (30 - 40) s	III (50 - 60) s	
H ₁ LGPCP ₂	2,63	2,70	2,70	2,68
H ₂ LGPCP ₂	2,56	2,63	2,63	2,61
H ₃ LGPCP ₂	2,13	2,08	2,13	2,11
H ₄ LGPCP ₂	2,78	2,78	2,78	2,78
H ₅ LGPCP ₂	2,70	2,70	2,77	2,72
M ₁ LGPCP ₂	2,22	2,38	2,38	2,33
M ₂ LGPCP ₂	2,38	2,44	2,50	2,44
M ₃ LGPCP ₂	2,38	2,32	2,38	2,36
M ₄ LGPCP ₂	2,70	2,70	2,77	2,72
M ₅ LGPCP ₂	2,44	2,56	2,50	2,50

4.5.2 Forças médias de reação no solo (picos de força na vertical)

4.5.2.1 Influência do peso corporal

A tabela 4.69 apresenta as forças médias na execução do exercício lagosta I obtidas, e com influência do peso corporal das amostras.

Tabela 4.69 - Apresentação das forças médias obtidas devido ao peso corporal das amostras no solo.

AMOSTRAS	INTERVALOS			Valor médio (N)
	I (10 - 20) s	II (30 - 40) s	III (50 - 60) s	
H ₁ LGPC	1.680,70	1.788,63	1.706,50	1725,28
H ₂ LGPC	1.706,90	1.700,50	1.880,30	1762,57
H ₃ LGPC	1.712,22	1.491,33	-	1601,78
H ₄ LGPC	1.920,30	1.992,70	2.276,60	2063,20
H ₅ LGPC	1.769,14	1.926,60	1.763,80	1.819,85
M ₁ LGPC	1.812,30	1.858,10	1.820,70	1830,37
M ₂ LGPC	1.811,30	1.997,52	2.016,30	1941,71
M ₃ LGPC	1.437,00	1.455,50	1.534,00	1475,50
M ₄ LGPC	1.710,00	2.060,20	2.278,12	2016,11
M ₅ LGPC	1.941,44	1.870,52	1.936,12	1916,03

4.5.2.2 Influência da adição do peso 5,0 N (P₁)

A tabela 4.70 apresenta as forças médias na execução do exercício lagosta I obtidas, e com influência do peso corporal das amostras.

Tabela 4.70 – Apresentação das forças médias obtidas devido a adição do peso 5,0N (P_1).

AMOSTRAS	INTERVALOS			Valor médio (N)
	I (10 - 20) s	II (30 - 40) s	III (50 - 60) s	
H ₁ LGPCP ₁	1.596,72	1.843,00	1.547,60	1662,44
H ₂ LGPCP ₁	1.707,00	1.700,40	1.880,50	1762,63
H ₃ LGPCP ₁	1.516,80	1.608,80	1.717,32	1614,31
H ₄ LGPCP ₁	2.112,30	1.920,91	1.980,30	2004,50
H ₅ LGPCP ₁	1.822,70	1.663,41	1.859,80	1781,97
M ₁ LGPCP ₁	1.490,00	1.647,73	1.551,43	1563,01
M ₂ LGPCP ₁	1.995,14	1.855,00	1.987,04	1945,73
M ₃ LGPCP ₁	1.481,12	1.688,91	1.628,00	1599,34
M ₄ LGPCP ₁	2.207,30	2.470,40	2.506,80	2394,83
M ₅ LGPCP ₁	1399,80	1908,10	1711,12	1673,01

4.5.2.3 Influência da adição do peso 10 N (P_2)

A tabela 4.71 apresenta as forças médias na execução do exercício lagosta I obtidas, com a adição do peso 10 N (P_2).

Tabela 4.71 – Apresentação das forças médias obtidas devido a adição do peso 10N (P_2).

AMOSTRAS	INTERVALOS			Valor médio (N)
	I (10 - 20) s	II (30 - 40) s	III (50 - 60)s	
H ₁ LGPCP ₂	1.525,30	1.733,73	1.756,70	1.671,91
H ₂ LGPCP ₂	1.716,54	1.857,50	1.928,40	1.834,15
H ₃ LGPCP ₂	1.641,00	1.507,93	1.561,93	1.570,29
H ₄ LGPCP ₂	1.912,11	2.318,53	2.217,60	2.149,41
H ₅ LGPCP ₂	1.774,70	1.601,90	1.718,23	1.698,28
M ₁ LGPCP ₂	1.365,40	1.666,70	1.495,40	1.509,17
M ₂ LGPCP ₂	2.025,00	1.863,30	1.713,00	1.867,10
M ₃ LGPCP ₂	1.527,70	1.626,30	1.464,82	1.539,61
M ₄ LGPCP ₂	2.307,00	2.571,30	2.743,00	2.540,43
M ₅ LGPCP ₂	1.620,70	1.854,72	1.790,32	1.755,25

4.5.3 Impulsos médios obtidos no solo

4.5.3.1 Influência do peso corporal

A tabela 4.72 apresenta os impulsos médios na execução do exercício lagosta I obtidas, e com influência do peso corporal das amostras.

Tabela 4.72 – Apresentação dos impulsos médios obtidos devido ao peso corporal das amostras no solo.

AMOSTRAS	INTERVALOS			Valor médio (N.s)
	I (10 - 20) s	II (30 - 40) s	III (50 - 60) s	
H ₁ LGPC	638,65	661,80	631,40	643,95
H ₂ LGPC	665,70	646,20	714,50	675,50
H ₃ LGPC	770,50	671,10	-	720,80
H ₄ LGPC	672,10	717,40	819,60	736,40
H ₅ LGPC	690,00	732,14	670,24	697,50
M ₁ LGPC	797,41	789,10	782,90	789,80
M ₂ LGPC	724,52	799,00	806,52	776,84
M ₃ LGPC	618,00	626,00	660,00	634,70
M ₄ LGPC	684,00	844,70	934,02	820,90
M ₅ LGPC	757,20	692,10	735,72	728,34

4.5.3.2 Influência da adição do peso 5,0 N (P₁)

A tabela 4.73 apresenta os impulsos médios na execução do exercício lagosta I obtidos, devido a adição do peso 5,0 N (P₁).

Tabela 4.73 – Apresentação dos impulsos médios obtidos devido a adição do peso 5,0 N (P_1).

AMOSTRAS	INTERVALOS			Valor médio (N.s)
	I (10 - 20) s	II (30 - 40) s	III (50 - 60) s	
H ₁ LGPCP ₁	638,70	718,80	603,54	653,70
H ₂ LGPCP ₁	665,71	663,15	714,60	681,15
H ₃ LGPCP ₁	712,90	756,10	807,14	758,71
H ₄ LGPCP ₁	760,41	691,53	712,90	721,61
H ₅ LGPCP ₁	692,61	615,50	669,52	659,21
M ₁ LGPCP ₁	700,30	708,52	651,60	686,80
M ₂ LGPCP ₁	818,00	742,00	795,00	785,00
M ₃ LGPCP ₁	636,90	709,34	748,50	698,24
M ₄ LGPCP ₁	860,84	938,73	927,50	909,02
M ₅ LGPCP ₁	559,90	725,10	650,22	645,10

4.5.3.3 Influência da adição do peso 10 N (P_2)

A tabela 4.74 apresenta os impulsos médios na execução do exercício lagosta I obtidos, com a adição do peso 10 N (P_2).

Tabela 4.74 – Apresentação dos impulsos médios obtidos, devido a adição do peso 10 N (P_2).

AMOSTRAS	INTERVALOS			Valor médio (N.s)
	I (10 - 20) s	II (30 - 40) s	III (50 - 60) s	
H ₁ LGPCP ₂	579,60	641,50	632,40	617,83
H ₂ LGPCP ₂	669,50	705,84	732,80	702,71
H ₃ LGPCP ₂	771,30	723,81	734,11	743,10
H ₄ LGPCP ₂	688,40	834,70	798,32	773,80
H ₅ LGPCP ₂	656,63	592,70	618,60	622,64
M ₁ LGPCP ₂	614,43	700,01	628,04	647,50
M ₂ LGPCP ₂	850,50	764,00	685,20	766,60
M ₃ LGPCP ₂	641,61	699,30	615,22	652,03
M ₄ LGPCP ₂	853,60	951,40	987,50	930,83
M ₅ LGPCP ₂	664,50	723,34	716,13	701,32

4.6 Apresentação dos Dados Obtidos para as Amostras nos Ensaios Realizados na Água

4.6.1 Frequências de execução do exercício Lagosta I

4.6.1.1 Influência do peso hidrostático

A tabela 4.75 apresenta as frequências de execução do exercício lagosta I obtidas, e com influência do peso hidrostático das amostras.

Tabela 4.75– Apresentação das frequências médias obtidas devido ao peso hidrostático das amostras na água.

AMOSTRAS	INTERVALOS			Valor médio (Hz)
	I (10 - 20) s	II (30 - 40) s	III (50 - 60) s	
H ₁ LGPH	2,04	2,10	2,10	2,10
H ₂ LGPH	2,10	-	-	2,10
H ₃ LGPH	2,00	2,00	2,00	2,00
H ₄ LGPH	2,20	2,20	2,20	2,20
H ₅ LGPH	2,20	2,20	2,20	2,20
M ₁ LGPH	1,20	1,40	1,40	1,40
M ₂ LGPH	1,70	1,50	1,70	1,70
M ₃ LGPH	1,90	1,80	1,80	1,80
M ₄ LGPH	1,70	1,70	1,70	1,70
M ₅ LGPH	1,80	1,80	1,80	1,80

4.6.1.2 Influência da adição do peso 5,0 N (P₁)

A tabela 4.76 apresenta as frequências de execução do exercício lagosta I obtidas, devido a adição do peso (P₁) na água.

Tabela 4.76– Apresentação das frequências médias obtidas devido a adição do peso (P_1) na água.

AMOSTRAS	INTERVALOS			Valor médio (Hz)
	I (10 - 20) s	II (30 - 40) s	III (50 - 60) s	
H ₁ LGPHP ₁	2,20	2,10	2,00	2,10
H ₂ LGPHP ₁	2,30	2,20	2,20	2,20
H ₃ LGPHP ₁	1,90	1,90	1,90	1,90
H ₄ LGPHP ₁	2,10	2,00	2,10	2,10
H ₅ LGPHP ₁	2,10	2,10	2,10	2,10
M ₁ LGPHP ₁	1,60	1,60	1,60	1,60
M ₂ LGPHP ₁	1,70	1,60	1,70	1,60
M ₃ LGPHP ₁	1,70	1,60	1,50	1,60
M ₄ LGPHP ₁	1,70	1,70	1,80	1,70
M ₅ LGPHP ₁	1,90	1,90	2,20	2,00

4.5.1.3 Influência da adição do peso 10 N (P_2)

A tabela 4.77 apresenta as frequências de execução do exercício Lagosta I obtidas, devido a adição do peso (P_2) na água.

Tabela 4.77– Apresentação das frequências médias obtidas devido a adição do peso (P_2) na água.

AMOSTRAS	INTERVALOS			Valor médio (Hz)
	I (10 - 20) s	II (30 - 40) s	III (50 - 60) s	
H ₁ LGPHP ₂	2,20	2,20	2,20	2,20
H ₂ LGPHP ₂	2,30	2,20	2,30	2,20
H ₃ LGPHP ₂	1,90	1,90	1,80	1,80
H ₄ LGPHP ₂	2,20	2,20	2,20	2,20
H ₅ LGPHP ₂	2,30	2,30	2,20	2,20
M ₁ LGPHP ₂	1,50	1,60	1,60	1,60
M ₂ LGPHP ₂	1,70	1,70	1,60	1,70
M ₃ LGPHP ₂	1,80	1,70	1,70	1,70
M ₄ LGPHP ₂	1,90	1,90	1,80	1,90
M ₅ LGPHP ₂	2,00	2,30	2,30	2,20

4.6.2 Forças médias de reação no solo (picos de força na vertical)

4.6.2.1 Influência do peso hidrostático

A tabela 4.78 apresenta as forças médias na execução do exercício lagosta I obtidas, e com influência do peso hidrostático das amostras.

Tabela 4.78 – Apresentação das forças médias obtidas devido ao peso hidrostático das amostras na água.

AMOSTRAS	INTERVALOS			Valor médio (N)
	I (10 - 20) s	II (30 - 40) s	III (50 - 60) s	
H ₁ LGPH	782,30	1.014,10	955,30	917,23
H ₂ LGPH	780,72	-	-	780,72
H ₃ LGPH	795,90	791,10	826,80	804,60
H ₄ LGPH	790,80	683,10	682,30	718,73
H ₅ LGPH	749,31	865,91	896,40	837,21
M ₁ LGPH	261,34	280,30	319,30	286,98
M ₂ LGPH	308,21	565,10	355,80	409,70
M ₃ LGPH	589,70	509,92	482,74	527,45
M ₄ LGPH	281,13	341,40	389,40	337,31
M ₅ LGPH	564,64	626,50	629,20	606,78

4.6.2.2 Influência da adição do peso 5,0 N (P₁)

A tabela 4.79 apresenta as forças médias na execução do exercício lagosta I obtidas, e com influência do peso hidrostático das amostras.

Tabela 4.79 – Apresentação das forças médias obtidas devido a adição do peso 5,0 N (P_1).

AMOSTRAS	INTERVALOS			Valor médio (N)
	I (10 - 20) s	II (30 - 40) s	III (50 - 60) s	
H ₁ LGPHP ₁	973,10	1.043,02	1.104,60	1.040,24
H ₂ LGPHP ₁	763,00	804,00	790,00	785,67
H ₃ LGPHP ₁	834,74	898,01	810,10	847,62
H ₄ LGPHP ₁	728,84	735,72	727,50	730,69
H ₅ LGPHP ₁	859,50	858,74	793,70	837,31
M ₁ LGPHP ₁	292,50	254,60	311,11	286,07
M ₂ LGPHP ₁	257,90	310,73	354,34	307,66
M ₃ LGPHP ₁	254,10	305,72	344,04	301,29
M ₄ LGPHP ₁	451,10	436,80	496,00	461,30
M ₅ LGPHP ₁	844,13	496,02	793,40	711,18

4.6.2.3 Influência da adição do peso 10 N (P_2)

A tabela 4.80 apresenta as forças médias na execução do exercício Lagosta I obtidas, com a adição do peso 10 N (P_2).

Tabela 4.80 – Apresentação das forças médias obtidas devido a adição do peso 10 N (P_2).

AMOSTRAS	INTERVALOS			Valor médio (N)
	I (10 - 20) s	II (30 - 40) s	III (50 - 60) s	
H ₁ LGPHP ₂	916,72	1.109,50	1.175,80	1.067,34
H ₂ LGPHP ₂	585,73	489,10	612,80	562,54
H ₃ LGPHP ₂	757,21	830,51	768,60	785,44
H ₄ LGPHP ₂	822,60	773,60	889,71	828,64
H ₅ LGPHP ₂	581,40	481,30	500,30	521,00
M ₁ LGPHP ₂	348,90	327,81	305,54	327,42
M ₂ LGPHP ₂	402,04	411,40	590,10	467,85
M ₃ LGPHP ₂	559,13	572,70	495,00	542,28
M ₄ LGPHP ₂	655,00	341,33	551,80	516,04
M ₅ LGPHP ₂	452,00	692,20	649,90	598,03

4.6.3 Impulsos médios obtidos no solo

4.6.3.1 Influência do peso hidrostático

A tabela 4.81 apresenta os impulsos médios na execução do exercício lagosta I obtidas, e com influência do peso hidrostático das amostras.

Tabela 4.81– Apresentação dos impulsos médios obtidos devido ao peso hidrostático das amostras na água.

AMOSTRAS	INTERVALOS			Valor médio (N.s)
	I (10 - 20) s	II (30 - 40) s	III (50 - 60) s	
H ₁ LGPH	383,32	486,80	458,53	442,60
H ₂ LGPH	374,70	-	-	374,70
H ₃ LGPH	390,00	395,52	457,40	414,30
H ₄ LGPH	363,80	314,20	323,90	334,00
H ₅ LGPH	344,70	389,70	412,34	382,24
M ₁ LGPH	211,70	199,10	223,51	211,43
M ₂ LGPH	182,00	384,30	206,40	257,60
M ₃ LGPH	311,30	275,35	270,33	285,70
M ₄ LGPH	163,10	201,30	229,74	198,04
M ₅ LGPH	310,60	338,30	333,50	327,50

4.6.3.2 Influência da adição do peso 5,0 N (P₁)

A tabela 4.82 apresenta os impulsos médios na execução do exercício lagosta I obtidos, devido a adição do peso 5,0 N (P₁).

Tabela 4.82 – Apresentação dos impulsos médios obtidos devido a adição do peso 5,0 N (P_1).

AMOSTRAS	INTERVALOS			Valor médio (N.s)
	I (10 - 20) s	II (30 - 40) s	III (50 - 60) s	
H ₁ LGPHP ₁	447,62	490,21	541,23	493,02
H ₂ LGPHP ₁	335,80	362,00	355,50	351,10
H ₃ LGPHP ₁	434,10	467,00	421,24	443,20
H ₄ LGPHP ₁	349,84	360,50	342,00	350,80
H ₅ LGPHP ₁	412,60	412,20	365,10	396,63
M ₁ LGPHP ₁	178,43	155,31	193,00	175,60
M ₂ LGPHP ₁	149,60	192,70	212,60	185,00
M ₃ LGPHP ₁	147,40	192,60	223,62	187,90
M ₄ LGPHP ₁	257,12	249,00	278,00	261,40
M ₅ LGPHP ₁	439,00	253,00	365,00	352,30

4.6.3.3 Influência da adição do peso 10 N (P_2)

A tabela 4.83 apresenta os impulsos médios na execução do exercício lagosta I obtidos, com a adição do peso 10 N (P_2).

Tabela 4.83 – Apresentação dos impulsos médios obtidos devido a adição do peso 10 N (P_2).

AMOSTRAS	INTERVALOS			Valor médio (N.s)
	I (10 - 20) s	II (30 - 40) s	III (50 - 60) s	
H ₁ LGPHP ₂	412,52	499,30	540,84	300,60
H ₂ LGPHP ₂	257,72	225,00	263,50	248,90
H ₃ LGPHP ₂	401,32	440,20	415,02	418,84
H ₄ LGPHP ₂	378,40	348,12	409,30	378,60
H ₅ LGPHP ₂	255,81	211,80	225,14	230,91
M ₁ LGPHP ₂	226,80	203,24	192,50	207,51
M ₂ LGPHP ₂	229,20	234,50	371,80	278,50
M ₃ LGPHP ₂	313,11	338,00	292,10	314,40
M ₄ LGPHP ₂	340,60	287,00	309,00	312,20
M ₅ LGPHP ₂	221,50	297,70	286,00	268,40

4.7 Razão entre Força Média e Peso Corporal Obtidos para as Amostras no Solo

4.7.1 Influência do peso corporal

A tabela 4.84 apresenta a influência do peso corporal na razão entre a força média e o peso corporal obtidos para as amostras no solo.

Tabela 4.84 – Razão entre força média e peso corporal para as amostras no solo.

AMOSTRAS	INTERVALOS (F_m/PC)			F_m/PC
	I (10 - 20) s	II (30 - 40) s	III (50 - 60) s	
H ₁ LGPC	2,10	2,20	2,10	2,20
H ₂ LGPC	2,30	2,30	2,50	2,40
H ₃ LGPC	2,00	1,80	-	1,90
H ₄ LGPC	2,70	2,70	3,20	2,90
H ₅ LGPC	2,70	2,90	2,60	2,70
M ₁ LGPC	3,00	3,10	3,00	3,00
M ₂ LGPC	2,40	2,70	2,70	2,60
M ₃ LGPC	2,40	2,50	2,60	2,50
M ₄ LGPC	1,90	2,20	2,50	2,20
M ₅ LGPC	3,00	2,90	3,00	3,00

4.7.2 Influência da adição do peso 5,0 N (P_1)

A tabela 4.85 apresenta a influência da adição do peso (P_1) na razão entre a força média e o peso corporal para as amostras obtidos no solo.

Tabela 4.85 – Razão entre força média e peso corporal obtidos no solo com a adição do peso (P_1).

AMOSTRAS	INTERVALOS (F_m/PC)			F_m/PC
	I (10 - 20)s	II (30 - 40)s	III(50 - 60)s	
H ₁ LGPCP ₁	2,0	2,3	1,9	2,10
H ₂ LGPCP ₁	2,3	2,3	2,5	2,40
H ₃ LGPCP ₁	1,8	1,9	2,0	1,90
H ₄ LGPCP ₁	3,0	2,7	2,8	2,80
H ₅ LGPCP ₁	2,7	2,5	2,7	2,70
M ₁ LGPCP ₁	2,5	2,7	2,6	2,60
M ₂ LGPCP ₁	2,7	2,5	2,7	2,60
M ₃ LGPCP ₁	2,5	2,8	2,7	2,70
M ₄ LGPCP ₁	2,4	2,7	2,7	2,60
M ₅ LGPCP ₁	2,1	2,9	2,6	2,50

4.7.3 Influência da adição do peso 10 N (P_2)

A tabela 4.86 apresenta a influência da adição do peso (P_2) na relação entre as forças médias e o peso corporal obtidos no solo.

Tabela 4.86 - Razão entre força média e peso corporal obtidos no solo com a adição do peso (P_2).

AMOSTRAS	INTERVALOS (F_m/PC)			F_m/PC
	I (10 - 20)s	II (30 - 40)s	III (50 - 60)s	
H ₁ LGPCP ₂	1,90	2,20	2,20	2,10
H ₂ LGPCP ₂	2,30	2,50	2,60	2,50
H ₃ LGPCP ₂	1,90	1,80	1,80	1,80
H ₄ LGPCP ₂	2,70	3,30	3,10	3,00
H ₅ LGPCP ₂	2,60	2,40	2,50	2,50
M ₁ LGPCP ₂	2,30	2,80	2,50	2,50
M ₂ LGPCP ₂	2,70	2,50	2,30	2,50
M ₃ LGPCP ₂	2,60	2,70	2,50	2,60
M ₄ LGPCP ₂	2,50	2,80	3,00	2,80
M ₅ LGPCP ₂	2,50	2,80	2,70	2,70

4.8 Razão entre Força Média e Peso Hidrostático Obtidos para as Amostras na Água

4.8.1 Influência do peso hidrostático

A tabela 4.87 apresenta a influência do peso hidrostático na razão entre as forças médias e o peso hidrostático obtidos para as amostras na água.

Tabela 4.87- Razão entre força média e peso hidrostático obtidos na água.

AMOSTRAS	INTERVALOS (F_m/PH)			F_m/PH
	I (10 - 20)s	II (30 - 40)s	III (50 - 60)s	
H ₁ LGPH	2,90	3,70	3,50	3,40
H ₂ LGPH	3,00	-	-	3,00
H ₃ LGPH	2,90	2,90	3,00	2,90
H ₄ LGPH	3,40	2,90	2,90	3,10
H ₅ LGPH	3,40	3,70	3,90	3,80
M ₁ LGPH	1,80	1,90	2,10	1,90
M ₂ LGPH	2,00	3,80	2,40	2,80
M ₃ LGPH	3,30	2,90	2,70	3,00
M ₄ LGPH	1,60	1,90	2,20	1,90
M ₅ LGPH	3,60	4,00	4,10	4,00

4.8.2 Influência da adição do peso 5,0 N (P_1)

A tabela 4.88 apresenta a influência da adição do peso (P_1) na razão entre a força média e o peso hidrostático para as amostras obtidos na água.

Tabela 4.88 – Razão entre força média e peso hidrostático obtidos com a adição do peso (P_1).

AMOSTRAS	INTERVALOS (F_m/PH)			F_m/PH
	I (10 - 20)s	II (30 - 40)s	III (50 - 60)s	
H ₁ LGPHP ₁	3,60	3,80	4,10	3,80
H ₂ LGPHP ₁	2,90	3,10	3,00	3,00
H ₃ LGPHP ₁	3,00	3,20	2,90	3,00
H ₄ LGPHP ₁	3,10	3,20	3,10	3,10
H ₅ LGPHP ₁	3,90	3,90	3,60	3,80
M ₁ LGPHP ₁	1,00	1,70	2,10	1,60
M ₂ LGPHP ₁	1,70	2,10	2,40	2,10
M ₃ LGPHP ₁	1,40	1,70	1,90	1,70
M ₄ LGPHP ₁	2,50	2,40	2,80	2,60
M ₅ LGPHP ₁	5,40	3,20	5,10	5,00

4.8.3 Influência da adição do peso 10 N (P_2)

A tabela 4.89 apresenta a influência da adição do peso (P_2) na razão entre as força média e o peso hidrostático obtidos para as amostras na água

Tabela 4.89 – Razão entre força média e peso hidrostático obtidos na água com a adição do peso (P_2).

AMOSTRAS	INTERVALOS (F_m/PH)			F_m/PH
	I (10 - 20)s	II (30 - 40)s	III (50 - 60)s	
H ₁ LGPHP ₂	3,40	4,10	4,30	3,90
H ₂ LGPHP ₂	2,30	1,90	2,40	2,20
H ₃ LGPHP ₂	2,70	3,00	2,80	2,80
H ₄ LGPHP ₂	3,50	3,30	3,80	3,50
H ₅ LGPHP ₂	2,70	2,20	2,30	2,40
M ₁ LGPHP ₂	2,30	2,20	2,10	2,20
M ₂ LGPHP ₂	2,70	2,80	3,90	3,10
M ₃ LGPHP ₂	3,10	3,20	2,80	3,00
M ₄ LGPHP ₂	3,70	1,90	3,10	2,90
M ₅ LGPHP ₂	2,90	1,90	1,80	2,20

4.9 Razão entre Impulso Médio e Peso Corporal Obtidos para as Amostras no Solo

4.9.1 Influência do peso corporal

Tabela 4.90 – Razão entre impulso médio e peso corporal para as amostras no solo.

AMOSTRAS	INTERVALOS (Imp _m /PC)			Valor médio (N.s)
	I (10 - 20) s	II (30 - 40) s	III (50 - 60) s	
H ₁ LGPC	0,80	0,80	0,80	0,80
H ₂ LGPC	0,90	0,90	1,00	0,90
H ₃ LGPC	0,90	0,80	-	1,30
H ₄ LGPC	1,00	1,00	1,17	1,00
H ₅ LGPC	1,00	1,10	1,00	1,00
M ₁ LGPC	1,30	1,30	1,30	1,30
M ₂ LGPC	1,00	1,00	1,10	1,00
M ₃ LGPC	1,00	1,10	1,10	1,10
M ₄ LGPC	0,80	0,90	1,00	0,90
M ₅ LGPC	1,20	1,10	1,10	1,10

A tabela 4.90 apresenta a influência do peso corporal na razão entre o impulso médio e o peso corporal obtidos para as amostras no solo.

4.9.2 Influência da adição do peso 5,0 N (P₁)

A tabela 4.91 apresenta a influência da adição do peso (P₁) na razão entre o impulso médio e o peso corporal para as amostras obtidos no solo.

Tabela 4.91 – Razão entre impulso médio e peso corporal obtidos no solo com a adição do peso (P_1).

AMOSTRAS	INTERVALOS (Imp_m/PC)			Valor médio (N.s)
	I (10 - 20)s	II (30 - 40)s	III (50 - 60)s	
$H_1\text{LGPCP}_1$	0,80	0,90	0,80	0,80
$H_2\text{LGPCP}_1$	0,90	0,90	1,00	0,90
$H_3\text{LGPCP}_1$	0,80	0,90	1,00	0,90
$H_4\text{LGPCP}_1$	1,10	1,00	1,00	1,00
$H_5\text{LGPCP}_1$	1,20	0,90	1,10	1,10
$M_1\text{LGPCP}_1$	1,20	1,20	1,10	1,20
$M_2\text{LGPCP}_1$	1,10	1,00	1,10	1,10
$M_3\text{LGPCP}_1$	1,10	1,20	1,30	1,20
$M_4\text{LGPCP}_1$	1,00	1,00	1,00	1,00
$M_5\text{LGPCP}_1$	0,90	1,10	1,00	1,00

4.9.3 Influência da adição do peso 10 N (P_2)

A tabela 4.92 apresenta a influência da adição do peso (P_2) na razão entre o impulso médio e o peso corporal obtidos no solo.

Tabela 4.92 - Razão entre impulso médio e peso corporal obtidos no solo com a adição do peso (P_2).

AMOSTRAS	INTERVALOS (Imp_m/PC)			Valor médio (N.s)
	I (10 - 20)s	II (30 - 40)s	III (50 - 60)s	
H ₁ LGPCP ₂	0,70	0,80	0,80	0,80
H ₂ LGPCP ₂	0,90	1,00	1,00	1,00
H ₃ LGPCP ₂	0,90	0,90	0,90	0,90
H ₄ LGPCP ₂	1,00	1,20	1,10	1,10
H ₅ LGPCP ₂	1,00	0,90	0,90	0,90
M ₁ LGPCP ₂	1,00	1,20	1,00	1,10
M ₂ LGPCP ₂	1,10	1,00	0,90	1,00
M ₃ LGPCP ₂	1,10	1,20	1,00	1,10
M ₄ LGPCP ₂	1,00	1,00	1,10	1,00
M ₅ LGPCP ₂	1,00	1,10	1,10	1,10

4.10 Razão entre Impulso Médio e Peso Hidrostático Obtidos para as Amostras na Água

4.10.1 Influência do peso hidrostático

A tabela 4.93 apresenta a influência do peso hidrostático na razão entre o impulso médio e o peso hidrostático obtidos para as amostras na água.

Tabela 4.93 - Razão entre impulso médio e peso hidrostático obtidos na água.

AMOSTRAS	INTERVALOS (Imp _m /PC)			Valor médio (N.s)
	I (10 - 20)s	II (30 - 40)s	III (50 - 60)s	
H ₁ LGPH	1,40	1,80	1,70	1,70
H ₂ LGPH	1,40	-	-	1,40
H ₃ LGPH	1,40	1,40	1,70	1,50
H ₄ LGPH	1,60	1,40	1,40	1,40
H ₅ LGPH	1,60	1,80	1,90	1,80
M ₁ LGPH	1,40	1,30	1,50	1,40
M ₂ LGPH	1,20	2,60	1,40	1,70
M ₃ LGPH	1,18	1,60	1,50	1,61
M ₄ LGPH	0,90	1,10	1,30	1,10
M ₅ LGPH	2,02	2,20	2,20	2,10

4.10.2 Influência da adição do peso 5,0 N (P₁)

A tabela 4.94 apresenta a influência da adição do peso (P₁) na razão entre o impulso médio e o peso hidrostático para as amostras obtidos na água.

Tabela 4.94 – Razão entre impulso médio e peso hidrostático obtidos na água com a adição do peso (P_1).

AMOSTRAS	INTERVALOS (F_m/PH)			Valor médio (N.s)
	I (10 - 20)s	II (30 - 40)s	III (50 - 60)s	
H ₁ LGPHP ₁	1,66	1,81	2,00	1,82
H ₂ LGPHP ₁	1,30	1,40	1,37	1,35
H ₃ LGPHP ₁	1,57	1,69	1,52	1,59
H ₄ LGPHP ₁	1,51	1,56	1,48	1,52
H ₅ LGPHP ₁	1,90	1,90	1,68	1,83
M ₁ LGPHP ₁	1,20	1,05	1,30	1,18
M ₂ LGPHP ₁	1,01	1,30	1,44	1,25
M ₃ LGPHP ₁	0,83	1,08	1,26	1,06
M ₄ LGPHP ₁	1,44	1,40	1,56	1,47
M ₅ LGPHP ₁	2,85	1,64	2,37	2,29

4.10.3 Influência da adição do peso 10 N (P_2)

A tabela 4.95 apresenta a influência da adição do peso (P_2) na razão entre o impulso médio e o peso hidrostático obtidos para as amostras na água.

Tabela 4.95 – Razão entre impulso médio e peso hidrostático obtidos na água com a adição do peso (P_2).

AMOSTRAS	INTERVALOS (Imp _m /PC)			Valor médio (N.s)
	I (10 - 20)s	II (30 - 40)s	III (50 - 60)s	
H ₁ LGPHP ₂	1,53	1,85	2,00	1,79
H ₂ LGPHP ₂	0,99	0,87	1,02	0,96
H ₃ LGPHP ₂	1,45	1,59	1,50	1,51
H ₄ LGPHP ₂	1,64	1,51	1,77	1,64
H ₅ LGPHP ₂	1,18	0,98	1,04	1,07
M ₁ LGPHP ₂	1,53	1,37	1,30	1,40
M ₂ LGPHP ₂	1,55	1,58	2,51	1,88
M ₃ LGPHP ₂	1,76	1,90	1,64	1,77
M ₄ LGPHP ₂	1,91	1,61	1,73	1,75
M ₅ LGPHP ₂	1,44	1,93	1,86	1,74

4.11 Discussão dos Resultados

4.11.1 Frequências de execução do exercício Lagosta I

No solo as frequências médias obtidas para as amostras do sexo masculino ficaram entre 2,22 Hz a 2,81 Hz, e para as amostras do sexo feminino entre 2,30 Hz a 2,63 Hz, conforme mostra tabela 4.66.

Analisando as frequências médias obtidas para as amostras masculinas e femininas, observou-se valores de frequência abaixo de 3 Hz.

Com relação a adição dos pesos P_1 e P_2 , não foram observadas alterações das frequências médias de todas as amostras analisadas, conforme mostram tabelas 4.67 e 4.68.

Na água as frequências médias obtidas para as amostras masculinas ficaram entre 2,00 Hz a 2,19 Hz, e para as amostras femininas entre 1,36 Hz a 1,85 Hz, conforme mostra tabela 4.75.

Comparando estas frequências médias obtidas para as amostras masculinas e femininas, observou-se que as amostras femininas registraram uma frequência média menor que variaram de 0,34 Hz a 0,64 Hz em relação as frequências médias das amostras masculinas.

Isto sugere que o período (T) de execução do exercício Lagosta I foi maior para as amostras femininas, devido provavelmente ao maior percentual de gordura que favoreceu a uma maior flutuação.

Com relação a adição dos pesos P_1 e P_2 , não foram observadas alterações nas frequências médias da maioria das amostras analisadas, conforme mostram tabelas 4.76 e 4.77.

Isto sugere que o peso de 5,0 N e 10 N respectivamente, pode e deve ser utilizado quando se tem o objetivo de estabilizar o corpo na água sem que a frequência de execução do exercício seja alterada.

Comparando as frequências médias obtidas no solo e na água, observou-se que:

- a- para as amostras do sexo masculino, as frequências médias obtidas na água (tabela 4.75), foram menores em relação às obtidas no solo (tabela 4.66), entre 0,22 Hz a 0,62 Hz.
- b- Para as amostras do sexo feminino, as frequências médias obtidas na água (tabela 4.75), foram menores em relação às obtidas no solo (tabela 4.66), entre 0,94 Hz a 0,78 Hz.

Para todas as amostras analisadas, as frequências médias obtidas na água, foram menores em relação as obtidas no solo devido a influência dos efeitos resistivos da água (viscosidade e força de arrasto).

4.11.2 Forças médias de reação do solo e impulsos médios

No solo as forças médias obtidas para as amostras masculinas ficaram entre 1.601,78 N e 2.063,20 N e para as amostras femininas entre 1.475,50 N e 2.016,11 N, conforme mostra tabela 4.69.

Analisando as forças médias obtidas para as amostras do sexo masculino e do sexo feminino, observou-se valores bem próximos entre as mesmas.

Com relação a adição dos pesos P_1 e P_2 , não foram observadas alterações da força média das amostras analisadas, conforme mostram tabelas 4.70 e 4.71.

Na água as forças médias obtidas para as amostras masculinas ficaram entre 718,73 N a 917,23 N, e para as amostras femininas entre 286,98 N a 606,78 N.

Comparando as forças médias obtidas para as amostras masculinas e femininas, observou-se que as amostras femininas obtiveram forças médias menores que variaram entre 310,25 N a 431,75 N em relação as forças médias obtidas pelas amostras masculinas.

Provavelmente, as forças médias registradas pelas amostras femininas foram menores, devido aos pesos hidrostáticos obtidos para estas, serem menores do que os obtidos para as amostras masculinas.

Com relação a adição dos pesos P_1 e P_2 , não foram observadas alterações significativas nas forças médias de todas as amostras analisadas, conforme mostram tabelas 4.79 e 4.80.

No solo os impulsos médios obtidos para as amostras masculinas ficaram entre 643,95 N.s e 736,40 N.s e para as amostras femininas entre 634,70 N.s e 820,90 N.s.

Analisando os impulsos médios obtidos para as amostras do sexo masculino e feminino, observou-se valores próximos para as mesmas, conforme mostra tabela 4.72.

Com relação a adição dos pesos P_1 e P_2 , não foram observadas alterações significativas nos impulsos médios de todas as amostras analisadas, conforme mostram tabelas 4.73 e 4.74.

Na água os impulsos médios obtidos para as amostras masculinas ficaram entre 334,00 N.s a 442,60 N.s e para as amostras femininas entre 198,04 N.s a 327,50 N.s, conforme mostra tabela 4.81.

Comparando os impulsos médios obtidos para as amostras do sexo masculinas e femininas, observou-se que as amostras femininas registraram um impulso médio menor que variou entre 115,00 N.s a 136,00 N.s em relação aos impulsos médios obtidos pelas amostras masculinas.

Os impulsos médios registrados pelas amostras femininas foram menores, devido à intensidade das forças de reação vertical obtidas para estas serem menores do que as obtidas para as amostras masculinas.

Com relação a adição dos pesos P_1 e P_2 , não foram observadas alterações significativas nos impulsos médios para todas as amostras analisadas, conforme mostram tabelas 4.82 e 4.83.

4.11.3 Razão obtida entre força média e impulso médio pelo peso corporal no solo e na água

No solo, a razão obtida entre força média e peso corporal, F_m/PC , para as amostras masculinas registraram valores médios entre (1,90 a 3,00) PC, e para as amostras femininas entre (2,20 a 3,00) PC, conforme mostra tabela 4.84.

Evidenciou-se, que o exercício Lagosta I quando praticado no solo, gerou uma força média de reação vertical relativa ao peso corporal que atingiu valores de duas (2) a três (3) vezes o peso corporal das amostras, o qual pode ser considerado como um exercício de alto impacto, que possivelmente coloca em risco as articulações dos membros inferiores, propiciando com isso maiores probabilidades de ocorrências de lesões nos mesmos.

Com relação a adição dos pesos P_1 e P_2 , não foram observadas alterações significativas na razão F_m/PC para todas as amostras analisadas, sugerindo que P_1 e P_2 possam ter sido insuficientes para alterar esta razão, conforme mostram tabelas 4.85 e 4.86.

Na água, a razão obtida, entre força média e peso hidrostático F_m/PH , para as amostras masculinas apresentaram valores médios entre (2,90 a 3,80) PH, e para as amostras femininas entre (1,90 a 4,00) PH, conforme mostra tabela 4.87.

Comparando estas razões médias obtidas F_m/PH , para as amostras masculinas e femininas, observou-se uma diferença significativa entre os valores mínimos obtidos, da ordem de 1,00 PH a menos para as amostras femininas.

Esta diferença encontrada para menos (1,00 PH), se deve às menores forças de reação F_m obtidas para a amostra feminina de menor estatura (M_1), para a qual o efeito da altura de 1,28 m utilizada para a água neste ensaio foi maior.

Em relação aos valores máximos obtidos não foram observadas diferenças significativas entre as amostras masculinas e femininas, registrando um valor de 0,2 PH a mais, para as amostras femininas.

Comparando a razão obtida, F_m/PC no solo, com a razão obtida F_m/PH na água, observa-se que a razão F_m/PH , foi maior para todas as amostras, conforme mostram tabelas 4.84 e 4.87.

Na água, apesar das forças médias de reação F_m e dos pesos hidrostáticos PH, obtidos para todas as amostras, serem inferiores aos obtidos respectivamente para as forças médias de reação F_m e pesos corporais PC, porém no solo as razões F_m/PH foram superiores às razões F_m/PC , concluindo com isto, que o exercício Lagosta I, quando praticado na água, proporciona maior eficiência e segurança, pois mantêm as articulações protegidas de lesões, sendo indicadas por isso, a todos que por algum motivo não podem expor suas articulações a altos impactos.

No solo, a razão obtida entre o impulso médio e peso corporal, Imp_m/PC , para as amostras masculinas registraram valores médios entre (0,80 a 1,30) s, e para as amostras femininas, valores entre (1,00 a 1,10) s, conforme mostra a tabela 4.90.

Comparando esta razão média obtida, Imp_m/PC , para as amostras masculinas e femininas, observou-se pequenas diferenças, tanto para os valores mínimos, quanto para os valores máximos, da ordem de 0,2 s.

Estas pequenas diferenças encontradas entre estas amostras, são decorrentes de que no solo, apesar das forças médias de reação e das frequências médias obtidas,

respectivamente para estas amostras serem valores altos, apresentaram porém, valores próximos.

Com relação a adição dos pesos P_1 e P_2 , não foram observadas alterações significativas nas razões Imp_m/PC , obtidas para todas as amostras analisadas, conforme mostram tabelas 4.91 e 4.92.

Na água a razão obtida entre o impulso médio e peso hidrostático, Imp_m/PH , para as amostras masculinas, registrou valores médios entre (1,40 a 1,80) s, e para as amostras femininas, valores entre (1,10 a 2,30) s, conforme mostra tabela 4.93.

Comparando esta razão média obtida Imp_m/PH , para as amostras masculinas e femininas, observou-se uma diferença de 0,30 s, para os valores mínimos e 0,50 s para os valores máximos conforme mostra a tabela 4.93.

5 CONCLUSÃO

O exercício Lagosta I pode ser considerado um exercício de baixa frequência, tendo em vista os baixos valores das frequências médias obtidas para todas as amostras.

Na água estas frequências foram ainda menores em função dos efeitos resistivos desta, sendo que, para as mulheres as frequências obtidas foram menores devido a algumas peculiaridades apresentadas pelo corpo feminino as quais na água, proporcionam maior efeito resistivo.

Quanto à força média de reação do solo, podemos considerá-la alta, devido a razão média obtida entre F_m/PC ser da ordem de (2,0 a 3,0) PC, confirmando desta maneira que o exercício Lagosta I, quando praticado no solo, pode ser considerado de alto impacto.

Na água porém, aliados aos seus efeitos resistivos e da altura desta utilizada nos ensaios, a intensidade e o peso corporal são reduzidos drasticamente, sendo que para as amostras masculinas esta força é próxima do seu peso corporal no solo, e para amostras femininas respectivamente inferiores aos seus.

Apesar destas reduções, a razão obtida na água entre F_m/PH , foram da ordem (1,9 a 4,0) PH para todas as amostras, de tal forma que as amostras femininas obtiveram maior razão devido à maior redução do seu peso hidrostático.

Quanto ao impulso médio, verificou-se que no solo são superiores aos impulsos médios obtidos na água, devido aos efeitos resistivos desta. A força média de reação do solo na água é inferior a força média de reação do solo em ambiente terrestre.

Quanto a utilização dos pesos P_1 e P_2 , observou-se uma maior estabilidade do corpo na água facilitando a execução dos exercícios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amadio, A. C. Fundamentos da Biomecânica do Esporte, Considerações sobre Análise Cinética e Aspectos Neuro-Musculares do Movimento. Tese de Livre Docência. São Paulo. USP, 1989.
- Amadio, A. C. Considerações metodológicas da Biomecânica: Áreas de Aplicação para Análise do Movimento Humano. Anais do VII Congresso Brasileiro de Biomecânica. Campinas. 1997. Pp. 11-14.
- Bates, Andrea & Hanson, Norm. Exercícios Aquáticos Terapêuticos. São Paulo: Manole, 1998.
- Bonachela, Vicente. Hidro Localizada. Rio de Janeiro: Sprint, 2001.
- Di Masi, Fabrizio. Hidro: Propriedades Físicas e Aspectos Fisiológicos. Rio de Janeiro: Sprint, 2000.
- Delgado, C. A. & Delgado, S. G. N. A Prática da Hidroginástica. Rio de Janeiro: Sprint, 2001.
- Ervilha, U. F. Estudo da Variação Angular da Articulação do Joelho e do Sinal Eletromiográfico no Domínio Temporal Durante a Marcha Humana em Ambiente Aquático. Dissertação de Mestrado. São Paulo. USP, 1999.
- Grimes, D. C. & Krasevec, J. A. (s. d.). Hidroginástica. Hemus Editora Ltda. São Paulo.
- Hamill, J. & Knutzen, M. K. Bases Biomecânicas do Movimento Humano. São Paulo: Manole, 1999.
- Hall, S. Biomecânica Básica. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S. A. 3ª ed.
- Kruel, L. F. M. Alterações Fisiológica e Biomecânicas em Indivíduos Praticando Exercícios de Hidroginástica Dentro e Fora D'água. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Ciências do Movimento Humano. Rio Grande do Sul. UFSM, 2000.
- Kruel, L. F. M. Peso Hidrostático e Frequência Cardíaca em Pessoas Submetidas a Diferentes Profundidades de Água. Dissertação de Mestrado. Rio Grande do Sul. UFSM, 1994.
- Marques, M. & Pereira, N. Hidroginástica: Exercícios Comentados: Cinesiologia Aplicada à Hidroginástica. Rio de Janeiro: ed. N. Pereira, 1999.

- Rocha, J.C. Hidroginástica Teoria e Prática. Rio de Janeiro: Sprint, 1994.
- Ruoti, R.G.; Morri, D.M.; Cole, A.J. Reabilitação Aquática. São Paulo: Manoli, 2000.
- Roesler, H. Desenvolvimento da Plataforma de Força Multidirecional Subaquática para utilização em Biomecânica. Exame de Qualificação ao Doutorado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica. Rio Grande do Sul. UFRGS, 1997.
- Skinner, A.T. & Thomson, A.M. Duffield: Exercício na Água. Ed. Manoli. 3ª ed. São Paulo, 1985.
- Silva, E.A.V. Pequena Enciclopédia do Esporte. Rio de Janeiro: Cátedra, 1987.
- Vecchia, E.D; Duarte, M.; Amadio, A.C. Proposta de um Modelo Metodológico para Determinação de Forças Internas do Aparelho Locomotor Humano. Anais do VII Congresso Brasileiro de Biomecânica. Campina, 1997. Pp.189-191.

ANEXO A

PRINCÍPIOS FÍSICOS DA ÁGUA

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Ruoti; Morris e Cole (2000), os efeitos terapêuticos e fisiológicos da água são espantosamente amplos. Isto se deve a uma série de efeitos relacionados as forças físicas atuando sobre o organismo dentro da água.

Quase todos os efeitos biológicos da imersão estão relacionados com os princípios fundamentais da Hidrodinâmica e da Termodinâmica. Uma compreensão desses princípios torna-se imprescindível para a aplicação de exercícios no meio líquido.

2 ÁGUA EM REPOUSO

2.1 DENSIDADE E GRAVIDADE ESPECÍFICA

A densidade é definida como massa por unidade de volume e é designada pela letra grega ρ (rô). A relação entre ρ , massa e volume é caracterizada pela fórmula:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

em que m é a massa de uma substância cujo volume é V . A densidade é medida no sistema internacional em quilogramas por metro cúbico (Kg/m^3) e ocasionalmente em gramas por centímetro cúbico (g/cm^3). Uma densidade fornecida em g/cm deve ser multiplicada por 1000 para ser expressa em Kg/m . A densidade é uma variável

dependente da temperatura, embora muito menos para os sólidos e líquidos do que para os gases.

Além da densidade, as substâncias são definidas pela sua gravidade específica, a relação entre a densidade da substância e a densidade da água. A água tem uma gravidade específica por definição igual a 1 quando a 4°C. Como esse número é uma proporção, não tem unidade. Embora o corpo humano seja constituído principalmente de água, a densidade do corpo é ligeiramente menor do que a da água, com uma gravidade específica média de 0,974, sendo que os homens têm, em média, uma densidade mais alta do que as mulheres. A massa corporal magra, que inclui ossos, músculos, tecido conjuntivo e órgãos, tem uma densidade típica de 1,1, enquanto a massa gorda, que inclui toda a gordura corporal essencial mais a gordura que excede as necessidades essenciais, tem uma densidade de 0,90. Conseqüentemente, o corpo humano desloca um volume de água que pesa ligeiramente mais do que o corpo, forçando o corpo para cima por uma força igual ao volume de água deslocado.

2.2 Pressão Hidrostática (Lei de Pascal)

A pressão é definida como força por unidade de área, em que a força, F , por convenção é suposta atuando perpendicularmente à área de superfície, A . Essa relação é :

$$P = \frac{F}{A}$$

A unidade internacional padrão de pressão é chamada pascal, abreviada como Pa, em homenagem ao cientista francês Blaise Pascal, e é medida em newtons por metro quadrado (N/m^2). Outras unidades comuns são dinas por centímetro quadrado (dyn/cm^2), quilogramas por metro quadrado (Kg/m^2), milímetros de mercúrio por pé ($mmHg/ft$) e libras por polegada quadrada (lb/pol^2 , abreviada como “psi”, pounds per square inch).

Foi constatado experimentalmente que os líquidos exercem pressão em todas as direções, conforme já sabem os nadadores e mergulhadores. Em uma posição pontual teórica imersa em um recipiente de água, a pressão exercida sobre esse ponto é igual a partir de todas as direções. Obviamente, se uma pressão desigual estivesse sendo exercida, o ponto se moveria até que as pressões fossem equilibradas sobre ele.

A pressão de um líquido aumenta com a profundidade, e é diretamente relacionada à densidade do líquido. Se considerarmos um ponto teórico imerso a uma distância b abaixo da superfície, a força exercida sobre o ponto resulta do peso da coluna de líquido acima dele.

A fórmula F (força) = m (massa) \times g (aceleração da gravidade) define a força, e é igual a ρ , a densidade, vezes A , a área, vezes b , a altura da coluna do líquido. A pressão assim se torna:

$$\rho = \frac{F}{A} = \frac{\rho A b g}{A}$$

Ou, cancelando A (área),

$$P = \rho g h$$

Portanto, a pressão é diretamente proporcional a ambos, a densidade do líquido e a profundidade de imersão. Quando o líquido é incompressível, como a água, a pressão exercida por ele sobre um corpo em profundidade pode ser utilizada como um recurso terapêutico.

Às vezes é útil conhecer o diferencial de pressão entre dois pontos imersos separados por uma distância vertical h . Esse diferencial de pressão pode ser calculado pela fórmula adaptada:

$$\Delta P = \rho g \Delta h$$

Em que Δ = a alteração em pressão e profundidade. Uma vez que P responde não somente a profundidade do líquido, mas a qualquer força exercida sobre a superfície de um objeto, a pressão da atmosfera da Terra é uma contribuição importante para a força total a partir da imersão. A água exerce uma pressão de 22,4mmHg/ft de profundidade de água, o que se traduz por 1mmHg/1,36cm (0,54 pol) de profundidade de água. Assim, um corpo imerso a uma profundidade de 1,20 m está sujeito a uma força igual a 88,9 mmHg, ligeiramente maior do que a pressão arterial diastólica. Essa é a força que auxilia na resolução do edema em uma parte corporal lesada.

2.3 Flutuação – (Princípio de Arquimedes)

Um objeto imerso aparenta menor peso na água do que em terra. Há uma força oposta à gravidade atuando sobre o objeto. Essa força é chamada flutuação e é igual a uma força para cima gerada pelo volume de água deslocado.

A força origina-se do fato, descrito anteriormente, de que a pressão em um líquido aumenta com a profundidade. Um cilindro imerso verticalmente em água tem uma força maior atuando sobre a superfície inferior do que sobre a superfície do seu topo. Esse cilindro com altura h possui as superfícies superior e inferior com área A e está imerso em um líquido com densidade ρ_f . Como a pressão sobre o topo do cilindro é igual a $\rho_f gh_1$, em que h_1 é a profundidade da superfície do topo, a força desenvolvida é $F_1 = P_1A$, que é igual a $\rho_f gh_1A$ e é uma força para baixo. Há uma força direcionada para cima calculada por meios semelhantes que atua sobre a superfície inferior do cilindro. Essa força pode ser descrita como $F_2 = P_2A = \rho_f gh_2A$. A força líquida é chamada força de flutuação, F_F e atua para cima com a magnitude :

$$F_F = F_2 - F_1$$

$$\begin{aligned}
 &= \rho_f g A (h_2 - h_1) \\
 &= \rho_f g A h \\
 &= \rho_f g V
 \end{aligned}$$

em que $V=Ah$ é o volume do cilindro. Como ρ_f é a densidade do líquido,

$$\rho_f g V = m_f g$$

define o peso de um volume de líquido comparável ao volume do cilindro. Assim a força de flutuação F_f é igual ao peso do líquido deslocado. Esse princípio, descoberto por Arquimedes (287?- 212 a.C.) é a razão pela qual flutuamos, pela qual a água pode ser usada como um laboratório para imponderabilidade e pela qual pode ser usada com vantagem no tratamento de problemas clínicos que exigem ausência de sobrecarga de peso. O princípio aplica-se igualmente aos objetos flutuantes. Um ser humano com gravidade específica 0,97 atingirá equilíbrio de flutuação quando 97% do seu volume estiver submerso.

O fator de flutuação pode ser alterado terapêuticamente simplesmente por meio do ajuste da quantidade do corpo humano imersa.

Caso o efeito desejado seja de retirada parcial de carga, a profundidade de imersão é reduzida: com imersão até o processo xifóide, na maioria dos humanos é descarregado em torno de 75% do peso corporal, e com imersão até a cicatriz umbilical, em torno de 50%.

2.4 Tensão Superficial

As superfícies dos líquidos comportam-se de uma maneira diferente do corpo do líquido. Foi observado que a superfície de um líquido atua similarmente a uma membrana sob tensão. Assim, uma gota de água pode pender da extremidade de um canudinho de refresco, e uma agulha mais pesada do que a água pode flutuar sobre a superfície de um copo de água, suspensa sobre essa barreira semelhante a uma membrana. Isso acontece porque a atração entre moléculas adjacentes de água é

circunferencial em toda parte, exceto na superfície, onde a ligação de atração é paralela a superfície. A tensão superficial é definida como a força F por unidade de comprimento L que atua sobre qualquer linha em uma superfície e tende a atrair as moléculas de uma superfície de água exposta.

Ela é representada pela letra grega γ (gama), e a equação da força é :

$$\gamma = \frac{F}{L}$$

É necessária a realização de trabalho para aumentar a área de superfície do líquido. Consequentemente, na ausência de uma fonte de força, os líquidos tendem a moldar-se de tal forma que minimizam a área de superfície.

Assim, uma gota de chuva assume uma forma que oferece a área mínima de superfície compatível com o volume, a velocidade e a temperatura da gota.

A força resistiva da tensão superficial torna-se uma variável ativa na medida em que a área de superfície aumenta. Assim, quando um nadador bate os pés na água vigorosamente, rompendo a superfície em espuma e gotículas, uma força considerável é exercida para superar a tensão superficial. Um mergulhador que penetra na água de maneira “limpa” cria pouco borriço e, dessa forma, desperdiça uma quantidade mínima de energia ao se mover do ar para a água.

3 ÁGUA EM MOVIMENTO

A água em movimento torna-se uma substância física complexa. De fato, apesar de séculos de estudo, muitos aspectos da movimentação dos líquidos ainda não são completamente compreendidos. Mas os mais importantes princípios do fluxo são válidos e aplicam-se a atividades gerais.

3.1 Movimento de Fluxo

A água em movimento pode ter diversas características.

3.1.1 Fluxo Laminar

Quando move-se suavemente dentro de um recipiente, com todas as camadas movendo-se na mesma velocidade, diz-se que a água está em fluxo laminar ou corrente.

Nesse tipo de movimento, todas as moléculas estão se movendo paralelas umas às outras e os trajetos não se cruzam. Tipicamente, as taxas de fluxo laminar são lentas, porque quando a água se move rapidamente, até mesmo oscilações menores criam fluxo desigual, e trajetos paralelos saem bruscamente de alinhamento.

3.1.2 Fluxo Turbulento

Dentro da massa de água, originam-se padrões de fluxo que correm dramaticamente fora de paralelos, e podem até mesmo estabelecer trajetórias que seguem direções opostas. Esses trajetos são chamados correntes de redemoinho e aparecem como turbilhões em resposta a obstáculos no caminho do fluxo ou a irregularidades nas superfícies dos objetos que conduzem o fluxo. Exemplos são os furos de redemoinho que ocorrem nas correntes de movimento rápido atrás de grandes pedras, e correntes de redemoinho que se formam na corrente sanguínea atrás de paredes arteriais encrostadas com placas de colesterol. O fluxo turbulento absorve energia a uma taxa muito maior do que o fluxo em correnteza, e a taxa de absorção de energia é determinada pelo atrito interno do líquido. Essa fricção interna é chamada viscosidade. Os principais determinantes do movimento da água são a viscosidade, a turbulência e a velocidade.

3.2 Viscosidade

A água à temperatura ambiente, e na maioria das variedades dos seus usos terapêuticos comuns, é um líquido. Todos os líquidos compartilham uma propriedade chamada viscosidade, que se refere a magnitude do atrito interno do líquido. Diferentes líquidos são caracterizados por variadas quantidades de atração molecular dentro de si, e quando as camadas do líquido são postas em movimento essa atração cria resistência ao movimento e é detectada como atrito. É necessário aplicar energia para criar movimento, e como, segundo a primeira Lei da Termodinâmica, a energia nunca é perdida, mas transformada e armazenada sob a forma de energia potencial ou cinética, parte da energia é transformada em calor, parte em energia cinética e parte pode ser armazenada sob forma de energia, aumentando a tensão superficial. Os líquidos são definidos em parte pela viscosidade individual, expressa quantitativamente sob a forma do coeficiente de viscosidade, que é designado pela letra grega η (eta). Quanto maior o coeficiente, mais viscoso o líquido e maior a força requerida para criar o movimento dentro do líquido. Essa força é proporcional ao número de moléculas de líquido postas em movimento e à velocidade do seu movimento. Assim, a equação que expressa essa relação deve definir o volume do líquido em movimento. Representando a área como A, a profundidade como L e a velocidade do movimento como V_1 , a fórmula correspondente é expressa por :

$$F = \eta A \frac{v}{l}$$

Colocando η em evidência obtém-se $\eta = Fl / vA$. Pelo sistema internacional de medidas, a viscosidade é expressa em newton-segundos/m², igual a um Pascal-segundo (Pa•s). No sistema CGS, a medida é em dinas-segundos/cm².

Uma unidade é chamada poise, em homenagem ao cientista francês J. L. Poisselle (1799-1869), que estudou a física da circulação sanguínea.

A tabela 1.1, mostra os coeficientes de viscosidade de uma variedade de líquidos.

Tabela 1.1 – Coeficientes de viscosidade de uma variedade de líquidos (Ruoti, Morris e Cole, 2000)

Líquido	Temperatura (°C)	Coefficiente de Viscosidade $\eta [Pa \cdot s]$
Água	0	$1,8 \times 10^{-3}$
Sangue total	37	4×10^{-3}
Plasma sangüíneo	37	$1,5 \times 10^{-3}$
Óleo lubrificante	30	200×10^{-3}
Glicerina	20	1500×10^{-3}
Vapor d'água	100	$0,013 \times 10^{-3}$

3.3 Coeficiente de Arrasto

Quando um objeto move-se em relação a um líquido, ele é submetido aos efeitos resistivos do líquido. Essa força é chamada força de arrasto e é causada pela viscosidade do líquido e a turbulência, quando presente. Essa força é definida por um segundo número de Reynolds:

$$Re' = \frac{vL\rho}{\eta}$$

em que v agora é igual a velocidade do objeto em relação ao líquido. Embora as fórmulas de Reynolds sejam semelhantes, os resultados produzidos são diferentes. Um objeto de 1mm movendo-se através da água a 1mm/s tem um número de Reynolds de 1.

Quando essa fórmula produz um número de Reynolds igual ou menor que 1, o fluxo usualmente é laminar, e a força necessária para mover-se através do líquido é diretamente proporcional à velocidade do objeto, A força viscosa F_v é diretamente proporcional à velocidade do objeto:

$$F_v = kv$$

A magnitude de k depende do tamanho e da força do objeto e da viscosidade do líquido. Se o objeto for uma esfera, esse k é igual a:

$$k = 6\pi r\rho$$

Com movimentos mais rápidos, números de Reynolds mais altos são produzidos, e a força de arrasto começa a aumentar com o quadrado da velocidade. A formação de correnteza reduz o número de Reynolds resultante. A velocidade necessária para produzir números de Reynolds entre 1 e 10 provoca turbulência atrás do objeto, conhecida como esteira. Com essas velocidades, a força aumenta com o quadrado da velocidade, $F_v \propto v^2$. À medida que a velocidade aumenta ainda mais, com números de Reynolds em torno de 10^6 , há um aumento abrupto na força de arrasto. Essa força resulta da turbulência produzida não somente atrás do objeto em movimento mas na camada de líquido que passa sobre ele, conhecida como camada de fronteira.

3.4 Efeitos de Resistência

A água tem viscosidade intermediária entre os líquidos, mas ainda apresenta muita resistência ao movimento. Conforme mostrado na seção precedente, sob condições de fluxo turbulento essa resistência aumenta como uma função logarítmica da velocidade e depende da forma e tamanho da objeto. A fonte de arrasto máximo em um homem nadando é a cabeça, embora a pressão negativa que se segue ao nadador cause a força máxima que resiste ao movimento para frente. Há

turbulência produzida pelas áreas em torno da superfície corporal em movimento, e uma força de arrasto produzida pela turbulência atrás. A viscosidade, com todas as suas propriedades físicas agregadas, é a qualidade que torna a água um meio útil para treino de fortalecimento, porque sua resistência aumenta à medida que mais força é exercida contra ela, embora essa resistência caia a zero instantaneamente com a cessação da força. Assim, quando uma pessoa em reabilitação sente dor e pára o movimento, a força cai instantaneamente, permitindo grande controle das atividades de fortalecimento dentro do “envoltório” de tolerância .

Para usar o exemplo inicial do paciente com uma fratura pélvica, com a imersão os movimentos das extremidades inferiores podem ser lentos e guiados, caso no qual a maior parte da resistência se dá por força de arrasto sob condições laminares e é inteiramente previsível. À medida que a força e a integridade óssea do paciente aumentam, a velocidade de movimento pode aumentar, o que eleva a força de arrasto e modifica as resistências das condições do fluxo de laminar para turbulento, com conseqüentes aumentos logarítmicos na resistência, bem como algumas forças menos previsíveis a partir da turbulência da água.

Esse movimento turbulento pode estimular a informação proprioceptiva articular, exigindo um esforço com melhor modulação por parte do paciente para obtenção de movimento suave por meio do arco de amplitude articular. Não obstante, quando a dor intervém, o paciente pode cessar o movimento com força, e o amortecimento viscoso da água interromperá muito rapidamente o movimento adicional do membro. Assim, todas as propriedades da água em movimento desempenham um papel nesse recurso de reabilitação.

4 TERMODINÂMICA DA ÁGUA

4.1 Calor Específico

A água é usada terapeuticamente em todas as suas formas térmicas : sólida, líquida e gasosa. Uma razão capital para sua utilidade reside da termodinâmica aquática.

Todas as substâncias na Terra possuem energia estocada como calor. Essa energia é medida em uma quantidade chamada caloria, abreviada como “ cal”. Uma caloria é definida como o calor utilizado para elevar a temperatura de 1g de água em 1°, de 14,5°C para 15,5°C.

A energia necessária para elevar a temperatura da água varia ligeiramente, ainda que essa diferença seja menor que 1% na faixa de 0°C a 100°C. Às vezes, a energia necessária para elevar a temperatura é definida em quilocalorias, a quantidade necessária para elevar 1 Kg de água em 1°C, e essa unidade, por convenção, é chamada Caloria (com “C” maiúsculo), abreviada como “Cal”, embora possamos encontrá-la como Kcal. Essa é a unidade na qual o conteúdo energético dos alimentos é medido. O sistema britânico mede a energia térmica em British Thermal Units (BTU – unidades térmicas britânicas), a quantidade de energia requerida para elevar 1 libra de água em 1°F. Uma massa de água possui uma quantidade definível e mensurável de energia armazenada na forma de calor.

A quantidade de energia armazenada pode ser liberada na troca para uma temperatura mais baixa, ou energia adicional pode ser requerida para elevar a temperatura. A fórmula que define a quantidade de energia exigida ou liberada é:

$$Q = mc\Delta T^{\circ}$$

em que m é igual a massa de água, c é igual a capacidade calórica específica do líquido, e ΔT° é igual à alteração da temperatura. O trabalho requerido para produzir essa energia é chamado equivalente mecânico do calor e é medido em

joules (J). Uma caloria é equivalente a 4,18 J. Um corpo imerso em uma massa de água torna-se um sistema dinâmico. Se a temperatura da água exceder a temperatura do corpo submerso, o sistema equilibra-se em um nível diferente, com o corpo submerso aquecendo-se através da transferência de energia calórica a partir da água, e a água resfriando-se através da perda de energia calórica para o corpo. Pela primeira Lei da Termodinâmica, o conteúdo total de calor (e, desse modo, de energia) do sistema permanece o mesmo. Energia aplicada a esse sistema eleva a energia cinética de algumas das moléculas, e quando moléculas de alta energia cinética colidem com moléculas de mais baixa energia cinética, elas transferem parte da sua energia, elevando e equilibrando a energia total do sistema.

Novamente, pela definição do sistema do centímetro/grama/segundo (CGS), a água é definida como tendo uma capacidade calórica específica igual a 1. O ar, por outro lado, tem uma capacidade calórica específica significativamente inferior (= 0,001).

A água, assim, retém 1.000 vezes mais calor do que um volume equivalente de ar.

A tabela 1.2 mostra as capacidades calóricas de algumas substâncias.

Tabela 1.2 – Capacidades calóricas de algumas substâncias (Ruoti, Morris e Cole, 2000)

Substância	Calor Específico C_p
Água(15°C)	1,00
Gelo(-5°C)	0,50
Vapor(110°C)	0,48
Álcool	0,58
Proteína	0,40
Corpo Humano	0,83
Mercúrio	0,03

4.2 Transferência de Calor

A utilidade terapêutica da água depende tanto da sua capacidade de reter calor quanto da sua capacidade de transferir energia calórica. A troca de energia na forma de calor ocorre de três maneiras :condução, convecção e radiação.

A condução pode ser definida como a transferência de calor por meio de colisões moleculares individuais que ocorrem ao longo de uma pequena distância.

A convecção transfere calor por meio do movimento em massa de grandes números de moléculas ao longo de uma grande distância.

Os líquidos e gases em geral são maus condutores, porém, bons convectores.

A radiação transfere calor por meio da transmissão de ondas eletromagnéticas.

A condução e a convecção exigem contato entre as fontes que estão trocando energia; a radiação, não.

A condução ocorre na ausência de movimento, mas a convecção exige que a transferência de energia ocorra por meio do movimento de uma fonte em relação a outra.

A taxa de transferência de energia radiante a partir de um corpo é proporcional à quarta potência da sua temperatura em graus Kelvin. Ela também é proporcional à área de superfície, à emissividade do material e à distância entre os corpos radiador e absorvedor de energia.

A transferência de calor por meio de um gradiente é medida pela quantidade de calor em calorias transferida por segundo através de uma membrana imaginária. As substâncias variam amplamente na sua capacidade de conduzir calor. A água é um condutor eficiente de calor e transfere calor 25 vezes mais rapidamente do que o ar.(tabela I.3)

Os metais e a água tendem a conduzir bem o calor mas os gases e os materiais que contêm gás (por exemplo, a cortiça) conduzem mal o calor. Os últimos são, portanto, bons isolantes, enquanto os primeiros são bons condutores. Tecido humano sem sangue torna-se um isolante muito bom.

O corpo humano produz considerável calor por meio da convecção de calorias de alimentos em outras formas de energia. Apenas cerca de 20% dessa energia

convertida é usada para realizar trabalho, e o resto é convertido em energia térmica. A temperatura central subiria cerca de 3°C por hora durante atividades leves, não fosse a capacidade do corpo de dissipar calor. Esse processo de dissipação depende de todos os mecanismos de transferência de calor, mas de longe o mais importante é a convecção, que resulta do fluxo de sangue quente do centro para a pele e os pulmões, onde ocorre o contato com o ar mais frio. O sangue torna-se um líquido convectivo que transfere calor para a superfície. Como a energia deve ser dissipada ainda mais, o corpo usa outro mecanismo, permitindo a perda de calor por meio da evaporação do suor e na troca respiratória, resfriando ainda mais a pele. Esse mecanismo é notavelmente eficiente, porque a perda evaporativa de 2,5ml de água esfria o corpo em 0,94°C. Esse fato é de considerável importância no mergulho autônomo, quando a umidade do ar inspirado aproxima-se de 0% e a temperatura da água circundante é usualmente mais baixa do que a do corpo do mergulhador. Assim, mesmo um mergulhador em águas tropicais, onde a temperatura da água pode ser de 28,1°C a 28,8°C, o calor perdido através da evaporação respiratória de água pode resfriar a temperatura central do mergulhador significativamente e exigir que ele use uma roupa de mergulho para prevenir maior perda de calor.

A transferência de calor aumenta em função da velocidade. Assim, um nadador pode perder mais calor quando nada rapidamente em água fria do que uma pessoa que fica parada na mesma água. Felizmente, para o nadador, calor é produzido por meio de exercício.

A transferência de calor é alcançada por meio de todos os três mecanismos – condução, convecção e radiação – com a transferência para um corpo humano imerso ocorrendo predominantemente pela condução e convecção, embora a perda de calor do corpo para a água circundante ocorra principalmente pela radiação e convecção. Essa propriedade de condução térmica, em combinação com seu alto calor específico, faz da água um meio versátil para a reabilitação porque ela retém calor ou frio, enquanto os libera com facilidade para a parte imersa do corpo.

ANEXO B

PESO HIDROSTÁTICO

1 INTRODUÇÃO

Segundo Krueel (1994), quanto maior o nível de imersão, menor será o impacto a que uma articulação será submetida. Para ele, peso hidrostático é o peso do indivíduo obtido pela célula de carga, com o mesmo posicionado na plataforma de força, na posição fundamental (corpo ereto com a cabeça para frente, braços ao lado do tronco e palmas das mãos para frente, pernas unidas com os pés apontados para frente), em diferentes profundidades de água e determinadas pelos pontos anatômicos de tornozelo, joelho, quadril; cicatriz umbilical, apêndice xifóide, ombros e ombros com os braços fora d'água.

Krueel (1994) empregou o procedimento estatístico de análise de variância com o teste de post-hoc de Tukey, com a intenção de verificar em quais profundidades de água encontram-se as diferenças entre as médias percentuais de redução no peso hidrostático dos indivíduos.

2 PERCENTUAL DE REDUÇÃO DO PESO HIDROSTÁTICO

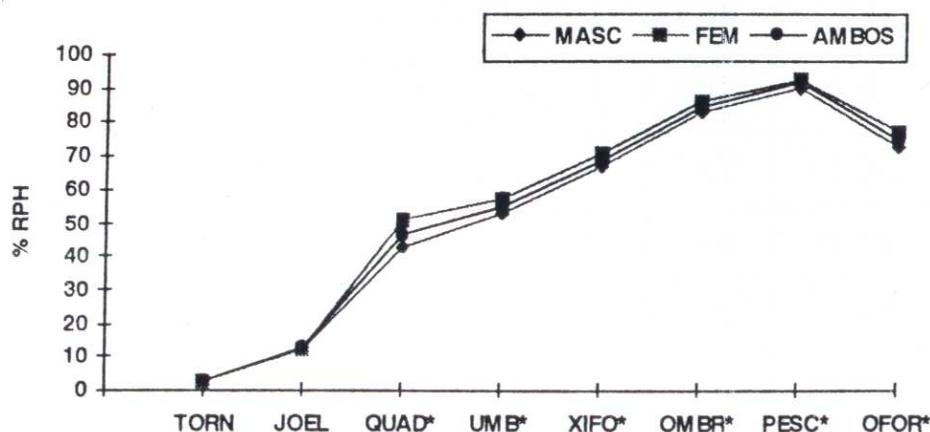
A tabela 2.1 mostra as médias (x), os desvios-padrão (s) e teste do percentual médio de redução do peso hidrostático, obtidos nos pontos anatômicos, para os sexos masculino e feminino, e ambos os sexos.

Tabela 2.1 – Percentual médio de redução do peso hidrostático (Kruel, 1994)

Pontos Anatômicos	Masc(n=28)		Fem(n=26)		Fem(n=26)	
	X	S	X	S	X	S
Tornozelo	2.436	± 0.379	2.418	± 0.445	2.427	± 0.408
Joelho	11.833	± 1.121	12.355	± 1.198	12.084	± 1.224
Quadril	42.487	± 2.273	51.104	± 2.735	46.635	± 5.017
Umbigo	52.476	± 1.573	57.509	± 1.860	54.899	± 3.055
Xifóide	67.112	± 1.643	70.860	± 1.640	68.917	± 2.493
Ombro	82.466	± 2.002	85.889	± 2.184	84.114	± 2.967
Pescoço	90.114	± 1.157	92.137	± 1.210	91.088	± 1.554
Ofor	72.873	± 1.948	76.767	± 4.322	74.747	± 3.821

A tabela 2.1, mostra através de um gráfico, o percentual médio de redução do peso hidrostático (% RPH) nos diferentes pontos anatômicos.

Gráfico 1 - Percentual médio de redução do peso hidrostático.



Ao observar-se a tabela 1, constata-se uma redução média em percentual do peso hidrostático que varia de $2,418 \pm 0,445\%$ na profundidade do tornozelo a $92,137 \pm 1,210\%$ na profundidade do pescoço, para o sexo feminino. Já para o sexo masculino, essa variação é de $2,436 \pm 0,379$ na profundidade do tornozelo a $90,114 \pm 1,157$ na profundidade do pescoço.

Em relação ao percentual de redução do peso hidrostático entre ambos os sexos, não se encontraram diferenças estatisticamente significativas ($p \geq 0,05$) entre os pontos anatômicos de tornozelo e joelho.

3 COEFICIENTES DAS EQUAÇÕES DE REGRESSÃO SIMPLES PARA O CÁLCULO DO PESO HIDROSTÁTICO

Confirmando os dados apresentados na tabela 2.2, a análise de regressão simples entre os percentuais de redução de peso hidrostático nos diferentes pontos anatômicos e o percentual de gordura demonstraram também não haver relações entre o percentual de gordura corporal e o percentual de redução do peso hidrostático do indivíduo nos pontos anatômicos de tornozelo e joelho.

Encontram-se, entretanto, diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$) em todos os outros pontos anatômicos. Nas mulheres, os percentuais médios de redução do peso hidrostático foram sempre superiores aos dos homens, com exceção do ponto anatômico de tornozelo, provavelmente pela diferença de tamanho dos pés entre os sexos. Os maiores percentuais médios de redução do peso hidrostático das mulheres devem-se ao maior percentual de gordura, à menor massa muscular e ao menor peso ósseo. A análise de regressão simples demonstrou existir uma relação estatisticamente significativa entre o percentual de gordura corporal e o percentual de redução do peso hidrostático nos pontos anatômicos do quadril, cicatriz umbilical, apêndice xifóide, ombros, pescoço e ombros com os braços fora d'água.

A tabela 2.2 apresenta os coeficientes obtidos, B_0 e B_1 , das equações de regressão simples, dadas por: $(Y = B_0 + B_1 \cdot X_1)$, para o cálculo do peso hidrostático do indivíduo em diferentes profundidades de água, a partir do peso corporal (X_1) do indivíduo, nos pontos anatômicos de tornozelo, joelho, quadril, cicatriz umbilical, apêndice xifóide, ombro e pescoço.

Tabela 2.2 – Coeficientes de equações de regressão simples (Kruel, 1994)

Segmentos	B_0	B_1	r	σ
Tornozelo	0.0216560	0.97538121	0,316	0,243
Joelho	-1.9392850	0.91118262	0,995	0,743
Quadris	-18.3202251	0.83611268	0,998	1,819
Umbigo	-11.2189132	0.63623014	0,957	1,361
Xifóide	-8.6796315	0.45413941	0,940	1,158
Ombros	-4.3347624	0.23042802	0,712	1,604
Pescoço	-3.2734498	0.14317034	0,770	0,869

Pode-se, através dos dados obtidos pelas equações de regressão simples (tabela 2.2), e conhecendo-se o peso corporal do indivíduo, calcular seu peso hidrostático em determinada profundidade de água.

4 PESO HIDROSTÁTICO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES

A tabela 2.3 apresenta a diminuição média do peso hidrostático dos indivíduos submetidos a diferentes profundidades de água. Na comparação de médias de peso hidrostático dos indivíduos nos diferentes pontos anatômicos utilizou-se a análise de variância, ao nível de significância de 5%. Obtiveram-se diferenças estatisticamente significativas entre as médias da variável estudada no grupo masculino e feminino. Com a intenção de verificar em quais profundidades encontram-se as diferenças entre as médias dos pesos hidrostáticos dos indivíduos, empregou-se o teste de Tukey, conforme tabela 2.3. Constata-se também uma variação média no peso dos indivíduos do sexo masculino de $66,250 \pm 4,461$ Kg (peso total fora d'água) e uma variação média no peso dos indivíduos do sexo feminino de $58,099 \pm 4,985$ Kg (peso total fora d'água) para somente $4,404 \pm 0,771$ Kg (água na altura do pescoço).

Pode-se inferir, com estes resultados, que quanto maior o nível de imersão (Figura 2.3), menor será o impacto a que uma articulação (que suporta peso) estará submetida quando realiza um determinado exercício, diminuindo assim o estresse articular. Provavelmente as mulheres, ao se exercitarem no meio aquático, estejam menos sujeitas a lesões articulares, pelo seu menor peso hidrostático em cada profundidade de ponto anatômico.

Observa-se na profundidade de água no ombro que existe uma diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) entre as médias de peso hidrostático com os braços dentro d'água (na mesma profundidade de água), devido à diferença de volumes corporais imersos no meio líquido, e, por conseqüência, modificação na força de empuxo a que o corpo está submetido.

Tabela 2.3 - Peso hidrostático em diferentes profundidades de água (Kruel, 1994)

Ponto Anatômico	Masculino (n=28)		Feminino (n=26)		Ambos (n=54)	
	X(kg)	S	X(kg)	S	X(kg)	S
PTOT	66.250	± 4.601	56.099	± 4.985	61.357	± 6.984
TORN	64.636	± 4.490	54.735	± 4.884	59.869	± 6.816
JOEL	58.421	± 4.303	49.173	± 4.568	53.969	± 6.406
QUAD	38.125	± 3.334	27.442	± 3.058	32.982	± 6.253
UMBI	31.500	± 2.637	23.854	± 2.580	27.819	± 4.643
XIFO	21.800	± 2.019	16.369	± 1.951	19.185	± 3.373
OMBR	11.593	± 1.336	7.877	± 1.212	9.804	± 2.262
PESC	6.539	± 0.822	4.404	± 0.771	5.511	± 1.336
OFOR	17.968	± 1.736	12.981	± 2.388	15.567	± 3.248

GLOSSÁRIO

- Aeróbio** - significa literalmente com oxigênio, ou na presença de oxigênio.
- Antropometria** - estudo das medidas do corpo humano, através da determinação das dimensões do corpo, como por exemplo, circunferências, diâmetros, perímetros, etc.
- Aptidão cardiovascular** - nível de aptidão aeróbica conseguida pelo envolvimento em exercícios rítmicos de duração e intensidade suficientes para taxar o sistema cardiovascular cronicamente e levá-lo a adaptações fisiológicas.
- Articulação** - junção de dois ossos contíguos no corpo humano, formando relacionamento funcional. Também chamado junta.
- Atividade Física** - num sentido mais restrito é todo movimento corporal, produzido por músculos esqueléticos, que provoca um gasto de energia.
- Agente Terapêutico** - intervenções usadas no tratamento ou reabilitação de uma doença ou lesão.
- Aptidão Física** - capacidade de rendimento físico ou da performance humana
- Capacidade Aeróbica** - capacidade do coração, pulmões e sistema vascular de entregar oxigênio para os músculos em trabalho.
- Condicionamento Físico** - ato ou efeito de condicionar o corpo, tornando-o apto para a realização de tarefas motoras específicas. É dirigido para o desenvolvimento equilibrado de todas as capacidades relacionadas à condição física.

- Cineantropometria - área de estudo que trata das medidas físicas do corpo e como elas se relacionam com o movimento.
- Cross-training - programas de exercícios que incorpora atividades físicas variáveis para desenvolver a aptidão física geral.
- Condicionamento Físico Total - estado que denota o grau de desenvolvimento das características motoras como a resistência, força, velocidade e flexibilidade.
- Desempenho - na Educação Física diz-se também performance. É a realização de uma tarefa, ou o resultado obtido.
- Doença - desordem, perturbação ou mal funcionamento de uma parte ou de todo o corpo.
- Estresse - qualquer situação pela qual o equilíbrio homeostático do corpo é perturbado.
- Exercícios Calistênicos - seqüência planejada de movimentos repetidos sistematicamente com o objetivo de elevar o rendimento.
- Equilíbrio Homeostático - equilíbrio do ambiente interno do corpo, que é mantida apesar das mudanças no ambiente externo.
- Eficiência - relacionada ao movimento humano, e a proporção de trabalho realizado pelo gasto energético. Em geral, durante o exercício a eficiência do corpo humano é aproximadamente 20 a 30%.
- Exercícios calistênicos - seqüência planejada de movimentos repetidos sistematicamente com objetivo de levar o rendimento.
- Fadiga - é a redução reversível na capacidade funcional do organismo devido ao estresse físico e psicológico.

Fadiga Muscular	- diminuição da capacidade funcional de um músculo ou de um grupo de músculos.
Fitness	- termo bem amplo que denota um estado dinâmico, que permite a pessoa satisfazer suas próprias necessidades tais como, a estabilidade mental, emocional e saúde orgânica.
Lesão	- qualquer descontinuidade traumática ou patológica do tecido, ou perda de função de uma parte.
Perspectiva Ontogênica	- desenvolvimento individual, comportamento e experiência do começo ao fim da vida.
Performance	- resultados de ações, conquistas e finalizações.
Quadríceps	- grupo muscular localizado na parte anterior da coxa composto por quatro músculos: vasto medial, vasto lateral, intermédio, reto femoral; responsável pela extensão da perna.
Reabilitação funcional	- restauração de um estado físico, mental ou social, após uma lesão física ou mental impeditiva de atividades normais.
Sistema osteomioarticular	- sistema que engloba os ossos, músculos e articulações.