

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Natália Carvalho Bagatini

**FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO DE DIFERENTES EXERCÍCIOS
DE HIDROGINÁSTICA REALIZADOS POR MULHERES JOVENS**

Trabalho de conclusão de curso

Porto Alegre, novembro de 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Natália Carvalho Bagatini

**FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO DE DIFERENTES EXERCÍCIOS
DE HIDROGINÁSTICA REALIZADOS POR MULHERES JOVENS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
banca avaliadora da Universidade Federal do
Rio Grande do Sul como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em Educação
Física

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruel

Porto Alegre, novembro de 2013

RESUMO

O presente estudo avaliou o pico da força de reação do solo vertical (FRSv) e impulso (IMP) dos exercícios de hidroginástica corrida (CO), chute (CH), deslize frontal (DF), saltito anterior (SA), corrida posterior (CP), elevação posterior (EP), elevação lateral (EL), deslize lateral (DL) e saltito lateral (SAL) realizados nas cadências de 80, 100 e 120 bpm. A amostra foi composta por 12 mulheres jovens, que participaram de três sessões de testes, com um intervalo de 48 horas entre as sessões. Cada sessão de teste era composta por três exercícios, a primeira consistiu nos exercícios de CO, CH e SA, a segunda CP, DF e EP e a terceira EL, DL e SAL. Em cada sessão, a ordem dos exercícios e das cadências era randomizada, sendo que o intervalo entre as cadências era de 5 minutos e entre os exercícios foram 15 minutos de intervalo. Os testes foram realizados em uma plataforma de força subaquática da marca AMTI e cada exercício em cada cadência era realizado durante 4 minutos, sendo que somente o último minuto era gravado. Foram utilizados os *softwares Bioanalysis* e *Sad32* para o tratamento dos dados da FRSv e IMP. Para a análise dos dados, foram determinados os valores de pico da FRSv de 10 repetições de cada exercício em cada intensidade, e após, foi realizada uma análise do IMP destas mesmas repetições. Utilizou-se ANOVA de dois fatores para medidas repetidas (exercício e cadência) com *post-hoc* de Bonferroni ($\alpha=0,05$). Como resultado foi observado que a FRSv foi significativamente menor para a cadência 80 bpm, exceto para o exercício de SAL. Além disso, não foram encontradas diferenças significativas entre as cadências 100 e 120 bpm, exceto para o EL. Já em relação aos exercícios, o SAL, SA e DL obtiveram os menores valores de FRSv e os exercícios CP, CH e EP obtiveram os maiores valores de FRSv. Em relação ao IMP, a cadência de 80 bpm obteve os maiores valores, seguida de 100 bpm e 120 bpm, e os exercícios CP, CH, EP e EL obtiveram os maiores valores e o DL e SAL os menores. Sendo assim, pode-se concluir que os diferentes exercícios e intensidades podem afetar os valores de IMP e FRSv e isto deve ser levado em consideração para uma prescrição adequada de uma aula de hidroginástica.

PALAVRAS-CHAVE: Pico da força de reação do solo vertical, impulso da força de reação do solo vertical, hidroginástica, mulheres jovens.

ABSTRACT

The present study evaluated the peak vertical ground reaction forces (GRF_{peak}) and impulse (IMP) of water aerobics exercises, stationary running (SR), front kick (FK), cross country skiing (CCS), jumping jacks (JJ), jump for adductors (JAd), posterior stationary running (PSR), hip extension (HE), frontal hop (FH) and side elevation (SE) performed at three different cadences: 80 , 100 and 120 bpm . The sample consisted of 12 young women who participated in three test sessions, with an interval of 48 hours between sessions. On the first session, the exercises SR, FK and FH were executed, on the second CCS, PSR and HE and on the third session, LS, JAd and SE were performed. The exercises were randomly executed at the three cadences, with 5 min of interval between them and 15 min between the exercises. The tests were performed on an underwater force platform (AMTI) and each exercise was executed during 4 min, with the collect of GRF at the last minute. The softwares Bioanalysis and SAD32 were used for the processing of the variables GRF_{peak} and IMP. For data analysis, we determined the peak values of 10 repetitions of each exercise at each intensity, and after that, an analysis was made of the same repetitions for the IMP. We used two-way ANOVA for repeated measures with post - hoc Bonferroni test ($\alpha = 0.05$). As a result it was observed that the GRF_{peak} was significantly lower for the 80 bpm cadence, except for JAd. In addition, there were significant differences between the cadences 100 and 120 bpm, except for the SE. In relation to the different exercises, JAd, FH and JJ had the lowest values of GRF_{peak} and the exercises PSR, FK and HE obtained the highest values. Regarding the IMP, the cadence of 80 bpm obtained the highest values, followed by 100 and 120 bpm, the exercises HE, FK, SE and PSRCP had the highest values and JJ and JAd the lowest values. Thus, we can conclude that the different exercises and intensities can affect the values of IMP and GRF_{peak} and this must be taken into account for a proper prescription of a water aerobics class.

KEY WORDS: Ground reaction forces, impulse, water aerobics, young women.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
1.1	OBJETIVOS	7
1.1.1	Objetivo geral	7
1.1.2	Objetivos específicos	7
2.	REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1	FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO DA CAMINHADA/CORRIDA EM PISCINA RASA	8
2.2	FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO NA HIDROGINÁSTICA	12
3	MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1	AMOSTRA	18
3.1.1	Cálculo do tamanho da amostra	18
3.1.2	Procedimento para a seleção da amostra	18
3.1.3	Crítérios de inclusão	18
3.2	VARIÁVEIS	19
3.2.1	Variáveis dependentes	19
3.2.2	Variáveis independentes	19
3.2.3	Variáveis de controle	19
3.3	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	19
3.3.1	Caracterização da amostra	19
3.3.2	Protocolo para a coleta de dados	20
3.4	TRATAMENTO DOS DADOS	26
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA	27
4	RESULTADOS	28
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	28
4.1	RESPOSTAS DE FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO	28
4.3	RESPOSTAS DE IMPULSO	30
5	DISCUSSÃO	33
6	CONCLUSÃO E APLICAÇÃO PRÁTICA	37
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
	ANEXOS	40
	ANEXO A	40
	ANEXO B	41

1 INTRODUÇÃO

As atividades aquáticas têm sido amplamente estudadas na atualidade, entre elas está a hidroginástica, que consiste na realização de exercícios para membros superiores e inferiores com deslocamento prioritariamente vertical, em piscina rasa. Além de serem estudados os efeitos fisiológicos dos exercícios aquáticos (Alberton et al., 2007; Alberton et al., 2011; Alberton et al., 2009; Barbosa et al., 2010; Pinto et al., 2011), as respostas biomecânicas também têm sido analisadas, com o intuito de realizar uma prescrição mais segura destes exercícios (Finatto 2011; Fontana et al., 2012; Zaffari 2012; Alberton et al., 2013).

As características biomecânicas dos exercícios que são realizados no meio aquático se diferem das do meio terrestre, isto porque quando o sujeito está em imersão dentro d'água, uma menor carga é imposta sobre as articulações dos membros inferiores. Esta menor carga mecânica ocorre devido à ação do empuxo, que atua com uma força contrária à força peso no corpo do indivíduo, reduzindo seu peso hidrostático em até 70% (Kruel 2000), reduzindo a sobrecarga articular (Harrison et al., 1992), e esta característica diferenciada do meio aquático é um dos motivos pelo qual a hidroginástica pode ser considerada uma atividade que pode ser praticada por populações especiais (atletas lesionados, idosos ou pessoas que necessitam de uma menor sobrecarga articular).

Alguns estudos encontrados na literatura analisaram a força de reação do solo vertical de exercícios aquáticos, entretanto, a maioria analisou a caminhada em piscina rasa com deslocamento horizontal (Myioishi et al., 2004; Barela et al., 2006; Duarte 2008; Haupenthal et al., 2010; Haupenthal et al., 2012) e mais recentemente, os exercícios de hidroginástica também tem sido alvo de estudos (Finatto 2011; Fontana et al., 2012; Zaffari 2012; Alberton et al., 2013).

Em relação às respostas encontradas nos estudos que analisaram estes exercícios de hidroginástica, quando estes eram executados em maiores velocidades, com transferência de peso corporal acentuada entre os pontos de apoio e com curtas fases de voo, foram encontrados maiores valores de FRSv (Finatto 2011; Fontana et al., 2012; Alberton et al., 2013; Zaffari 2013). Estes resultados demonstram que existem vários aspectos que podem interferir nas respostas biomecânicas destes exercícios, como o tipo de exercício realizado, profundidade de imersão e velocidade de execução. Entretanto, os estudos já realizados analisaram um número reduzido de exercícios de hidroginástica,

com diferentes populações e utilizando diferentes tipos de controle de intensidade. O estudo de Zaffari (2013) analisou seis exercícios de hidroginástica realizados com cadências fixas (80, 100 e 120 bpm) por mulheres pós-menopáusicas, e as respostas de FRSv podem diferir entre as diferentes populações, visto que jovens e idosas podem apresentar características físicas diferentes, interferindo nos resultados de FRSv. Já no estudo de Finatto (2011) e Alberton et al. (2013), foram analisados exercícios de hidroginástica realizados por jovens, em cadências correspondentes à intensidades fisiológicas, o que dificulta a aplicação prática destes estudos. Isto demonstra a importância da realização de um estudo com cadências fixas, que são mais utilizadas nas aulas desta modalidade, com mulheres jovens e com um maior número de exercícios analisados.

Visto que na prática da hidroginástica são utilizados diferentes exercícios em variadas intensidades, um maior estudo da magnitude das cargas que estes podem poderia auxiliar em uma melhor prescrição e também mais segura principalmente para aqueles indivíduos que necessitam de uma sobrecarga articular reduzida. Sendo assim, devido ao grande crescimento e procura destas atividades por diversas faixas etárias e também à necessidade de se ter uma maior segurança para prescrição dos exercícios, elaborou-se o seguinte problema: “Existe diferença nas respostas de força de reação do solo entre diferentes exercícios de hidroginástica realizados em diferentes intensidades por mulheres jovens?”

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

O presente estudo tem com objetivo analisar as respostas da força de reação do solo e o impulso durante a execução de diferentes exercícios de hidroginástica, em diferentes cadências, por mulheres jovens.

1.1.2. Objetivos específicos

- Comparar o pico da força de reação do solo vertical e o impulso entre os diferentes exercícios de hidroginástica: Chute (CH), Corrida (CO), Saltito anterior (SA), Corrida Posterior (CP), Deslize Frontal (DF), Elevação Posterior (EP), Deslize lateral (DL), Saltito lateral (SAL) e Elevação lateral (EL);
- Comparar o pico da força de reação do solo vertical e o impulso entre as diferentes cadências: 80, 100 e 120 bpm;

2 REVISÃO DE LITERATURA

É um consenso na literatura que os valores de pico da FRS são menores no ambiente aquático do que terrestre, para um mesmo exercício, e esta redução é devido às propriedades da água, pois o corpo é afetado pela flutuabilidade quando está imerso (Harrison et al., 1992). Este efeito resulta em uma redução do peso aparente de até 70% quando o sujeito está com o nível da água no processo xifoide (Kruel 2000; Harrison et al., 1992) Consequentemente, durante a realização de exercícios de hidroginástica, a aceleração que ocorre dentro d'água é modificada, resultando em menores valores do pico da FRSv e impulso durante toda a fase de apoio. A maioria dos estudos encontrados na literatura analisaram as FRSv durante a caminhada ou corrida em piscina rasa (Harrison et al., 1992; Nakazawa et al., 1994; Myioshi et al., 2004; Barela et al., 2006; Roesler et al., 2006; Hauptenthal et al., 2010; Hauptenthal et al., 2012) e poucas pesquisas foram realizadas com exercícios de hidroginástica (Finatto 2011; Fontana et al., 2012; Zaffari 2012; Alberton et al., 2013). No Quadro 1 podemos observar os estudos que analisaram a FRSv em meio aquático.

A seguir serão revisados alguns estudos que analisaram os componentes biomecânicos de FRS dentro d'água, sejam eles conduzidos com a caminhada ou corrida em piscina rasa com um objetivo mais voltado para a fisioterapia ou também os poucos que analisaram os exercícios de hidroginástica. O estudo destes exercícios é também de grande relevância devido ao fato de que a prática da hidroginástica é comumente utilizada para a reabilitação de atletas lesionados ou também quando uma menor sobrecarga mecânica é necessária, demonstrando a necessidade de um aprofundamento no estudo das cargas que são aplicadas durante a execução destes exercícios para aprimorar a prescrição desta atividade.

2.1 Força de reação do solo da caminhada/corrída em piscina rasa

A FRS durante a execução de caminhada ou corrida em piscina rasa pode ser influenciada por diversos aspectos, entre eles estão a velocidade de execução de um movimento e também a profundidade de imersão do sujeito (Nakazawa et al., 1994; Barela & Duarte 2008; Hauptenthal et al., 2010; Hauptenthal et al., 2012). Quando um exercício é realizado em maiores velocidades ele tende a obter maiores valores de FRSv e isto também ocorre quando o sujeito está imerso à uma menor profundidade.

Um dos primeiros estudos a serem realizados com a caminhada aquática foi o de Harrison et al. (1992), que teve como objetivo encontrar resultados significativos que pudessem auxiliar a hidroterapia e reabilitação aquática. Estes autores analisaram a caminhada em diferentes profundidades, à 1,1 e 1,3m de profundidade em duas velocidades: lenta e rápida. Visto que era mais conveniente apresentar os resultados referentes à marcas corporais anatômicas, os indivíduos foram divididos pelas profundidades na C7 e processo xifóide, que correspondiam à reduções de 85 e 71% do peso hidrostático, respectivamente. Apesar dos resultados simplesmente demonstrarem que há uma redução do peso aparente dos sujeitos em diferentes profundidades, este foi um estudo que precedeu diversos outros e é considerado uma pesquisa importante, pois para a reabilitação que utiliza a caminhada dentro d'água, é necessário quantificar qual é a sobrecarga e a FRS neste ambiente.

Outro estudo clássico sobre o estudo das forças de reação do solo no meio aquático é o de Nakazawa et al. (1994), que analisaram o impulso, a FRS média (FRSm), a FRSv e a fase de suporte da caminhada em velocidade confortável na terra e na água, em quatro diferentes profundidades (0,4, 0,7, 1 e 1,2m). Em relação ao tempo da fase de suporte, este aumentava gradativamente junto com o aumento do nível da água e à 1,2m de profundidade e a Força de Reação do Solo Vertical corrigida pelo peso corporal (G) diminuiu aproximadamente 50% e os valores de FRSv representaram um terço dos valores encontrados na terra. A magnitude do impulso diminuiu com o aumento da profundidade, entretanto, os valores foram maiores na água do que na terra, exceto para a profundidade de 1,2m. Isso pode ser pela dificuldade de realizar a caminhada nestas menores profundidades, tendo que realizar um impulso maior para se locomover.

Em relação a um dos aspectos que pode alterar a FRS, a velocidade, Myioshi et al. (2004), realizaram um estudo para analisar o efeito da velocidade na FRSv durante a caminhada aquática. Os participantes do estudo realizaram o exercício de caminhada na terra e dentro d'água em uma profundidade ajustada para cada sujeito para que a redução do peso aparente fosse de 80%, em três diferentes velocidades: confortável, lenta e rápida. Cada sujeito caminhava 10 vezes sobre a plataforma (em ambos ambientes) para que fossem coletados os dados de FRS. Quando o sujeito realizou a caminhada na piscina, a FRSv foi reduzida drasticamente quando comparada à situação na terra (20% em relação aos valores da terra) e quando a velocidade era aumentada, estes valores de FRSv também aumentavam (de 20 para 30% G). Os autores relatam

que essa redução da FRS é diretamente influenciada pelo efeito da flutuabilidade que ocorre quando o indivíduo está imerso, sugerindo que o exercício de caminhada aquática pode ser utilizado como um meio de reabilitação devido ao fato de que há uma redução da sobrecarga articular. Entretanto, quando um sujeito aumenta a velocidade dentro d'água, deve-se cuidar para que a sobrecarga articular imposta pelo exercício não aumente e deixe de ser um exercício seguro.

Além da análise dos efeitos de diferentes velocidades, o estudo de Roesler et al. (2006), analisou os componentes vertical e ântero-posterior da FRS durante a caminhada rápida e lenta, em três diferentes níveis de imersão (processo xifóide, ponto médio entre o processo xifóide e o esterno e esterno) com e sem os membros superiores dentro d'água. Quando a FRSv de cada grupo foi comparada individualmente em relação à velocidade (lenta e rápida), pode-se notar que a magnitude da força aumentava com o aumento da velocidade, entretanto, não houve diferenças significativas. Em relação à posição dos membros superiores, quando eles se localizavam fora d'água, os valores de FRSv eram significativamente maiores. Corroborando aos outros estudos que analisaram diferentes profundidades de imersão, os menores valores de FRSv foram encontrados quando o sujeito estava mais imerso, no esterno, e os maiores valores quando o nível da água era menor e estava no processo xifóide, chegando a aumentar em média 10% os valores na menor profundidade. Esta pesquisa também analisou o IMP da FRSv da caminhada à 1,3 m de imersão e comparou com os resultados da caminhada na terra, que foram obtidos em outro estudo do mesmo grupo de pesquisa, demonstrando que na água ocorreu um achatamento da curva, descaracterizando o padrão de curva em "M" e se assemelhando mais à um trapézio. Conclui-se com este estudo que sem alterar a profundidade de imersão pode-se alterar os componentes de FRS, pela posição dos membros superiores (aumentando a quantidade de massa corporal dentro ou fora d'água) ou pela velocidade da caminhada.

Dentro deste contexto, a FRSv e ântero-posterior foi também analisada por Hauptenthal et al. (2010), durante a corrida em velocidade auto-selecionada em piscina rasa com dois níveis de imersão (peito e quadril). Os resultados encontrados no estudo para a força vertical foram de 0,8 e 0,98 G dos sujeitos na profundidade do peito e quadril, respectivamente. Visto que os sujeitos aumentavam a velocidade quando realizavam a corrida na profundidade do quadril, não foram encontradas diferenças entre os níveis de imersão, provavelmente devido à variabilidade da velocidade, que foi auto-selecionada. Os resultados sugerem que não somente o nível de imersão, mas

também a velocidade utilizada, podem aumentar ou diminuir a magnitude das cargas aplicadas durante a corrida em piscina rasa.

Barela et al. (2006) analisaram as características biomecânicas de FRSv e IMP da caminhada na água e na terra, sendo que a velocidade de execução do movimento era a considerada confortável para realizar a caminhada (em ambos ambientes). No ambiente terrestre e aquático, os sujeitos realizaram o exercício ao longo de uma plataforma, sendo que dentro d'água a caminhada foi realizada em uma profundidade de imersão referente ao processo xifóide. Ao realizarem o teste, em ambos ambientes, os sujeitos foram pesados e quando eles estavam dentro da piscina foi encontrada uma redução de 63,2% do PC de fora d'água, demonstrando que há uma redução do peso hidrostático do sujeito quando ele está imerso em profundidade do processo xifóide. Em relação aos resultados biomecânicos, o IMP da FRSv em ambos os ambientes demonstrou um comportamento padrão, sendo que na terra ocorreram dois picos de FRS bem definidos e uma depressão, e na água esta curva foi mais achatada com quase nenhuma distinção entre os picos. Os valores encontrados para força de impacto foram maiores no ambiente terrestre (10,3 G) do que no aquático (5,41 G) e os autores relatam que essa redução pode ser principalmente atribuída à uma menor velocidade de execução neste ambiente, indicando assim, um impacto reduzido. O impulso foi maior na água (0,2 G) do que na terra (0,0 G), sendo que quando este valor é igual a zero, isto significa que não ocorreu mudança de velocidade entre o final e o início da fase de apoio do pé do sujeito. Entretanto, para a caminhada na água, até para manter uma velocidade de movimento constante é necessário gerar um impulso para vencer a força de arrasto exercida pela água no corpo em deslocamento horizontal.

Em relação aos efeitos do nível de imersão, velocidade de corrida e gênero, Hauptenthal et al. (2012), realizaram um estudo com 20 adultos saudáveis, sendo 10 homens e 10 mulheres, que executaram a corrida na piscina em duas velocidades: rápida e lenta, e em duas profundidades de imersão: no nível do quadril e do peito. A FRSv foi coletada e os resultados demonstraram que as mulheres obtiveram maiores valores quando comparados aos homens. Na velocidade rápida as mulheres obtiveram valores de FRSv de 0,95 G (nível do peito) e 1,16 G (nível do quadril) e os homens de 0,73 G (peito) e 0,97 G (quadril), e na velocidade lenta a diferença foi semelhante, 0,87 G (nível do peito) e 0,91 G (nível do quadril) para as mulheres e para os homens de 0,69 G (peito) e 0,84 G (quadril). Além disso, quando a velocidade de execução da corrida era aumentada e o nível de imersão era menor (quadril), os resultados de FRSv também

umentavam. Os valores encontrados de FRS_v da corrida aquática na profundidade do quadril são similares aos valores da caminhada na terra e para a profundidade do peito os valores são ainda menores. Os autores desta pesquisa reforçam a ideia da utilização da corrida dentro d'água quando uma menor sobrecarga é necessária. Entretanto, os três fatores estudados (velocidade, profundidade e gênero) devem ser levados em consideração, visto que todos afetaram os resultados do estudo.

2.2 Força de reação do solo de exercícios de hidroginástica

A hidroginástica, diferente da caminhada na água, é composta por exercícios com deslocamento vertical e a FRS durante os exercícios pode ser influenciada por diversos aspectos, sendo eles a velocidade de execução (que pode ser ditada por cadências), a profundidade de imersão do sujeito na água e também o exercício que está sendo executado.

Recentemente, Finatto (2011) analisou o pico da FRS_v e o Impulso nos exercícios: Chute (CH), corrida (CO), deslize frontal (DF), deslize lateral (DL), saltito lateral (SAL) e saltito abdutor (SAb), realizados nas intensidades correspondentes ao primeiro e segundo limiar respiratório (LV1 e LV2) de cada sujeito. Para todos os exercícios estudados, foram encontrados valores significativamente menores de FRS quando os exercícios eram realizados na intensidade LV1 comparada à LV2. Quando analisados os diferentes exercícios, CH e CO apresentaram maiores valores quando comparados aos outros no LV1 ($0,92 \pm 0,2$ G $0,88 \pm 0,26$ G, respectivamente) e o exercício SAL obteve os menores valores nesta intensidade ($0,51 \pm 0,12$ G). A CO, CH e SAb apresentaram maiores valores na intensidade LV2 ($1,1 \pm 0,25$ G, $1,13 \pm 0,19$ G e $0,94 \pm 0,3$ G, respectivamente) e não diferiram entre si. Além disso, DF, DL e SAL apresentaram os valores mais baixos nesta intensidade ($0,88 \pm 0,14$ G, $0,75 \pm 0,18$ G e $0,77 \pm 0,18$ G, respectivamente). Em relação ao IMP, o exercício SAb demonstrou não haver diferença significativa entre as intensidades, enquanto os demais exercícios apresentaram uma redução significativa de LV1 para LV2. Os resultados deste estudo demonstram que a FRS_v é maior nos exercícios CH e CO para as duas intensidades e os valores na intensidade correspondente ao LV1 são menores quando comparados à intensidade LV2, sendo que com o IMP ocorreu o contrário, os maiores valores foram encontrados na intensidade corresponde à LV1.

Posteriormente, em um estudo desenvolvido por Alberton et al. (2013), foi analisada a FRS de exercícios de hidroginástica na terra e na água e os exercícios analisados foram o DF, CO e CH, nas intensidades do primeiro e segundo limiar ventilatório e no máximo esforço. Os três principais efeitos (ambiente, intensidade e exercício) foram significativos para a FRSv e obtiveram interação, demonstrando que o padrão do pico da FRSv depende da combinação destes três fatores. Todos os valores de FRSv foram significativamente maiores no ambiente terrestre, independente da intensidade, com maiores resultados para a situação do máximo esforço ($2,46 \pm 0,46$ G na CO, $2,20 \pm 0,37$ G no CH e $1,79 \pm 0,15$ G no DF). Em relação ao IMP, os dois ambientes apresentaram padrões semelhantes, com os valores diminuindo significativamente com o aumento de intensidade e com maiores valores quando o exercício era executado na terra, sendo que no primeiro limiar ventilatório, que correspondia à menor intensidade, os valores de impulso na terra foram de aproximadamente 320 N.s na CO, 350 N.s no CF e 250 N.s no DF e na água foram de 100, 100 e 50 N.s, respectivamente. Além disso, todos os valores do exercício DF foram menores.

No estudo de Zaffari (2012), foram analisadas as variáveis de FRSv e IMP dos exercícios CO, CH, DF, corrida posterior (CP), elevação posterior (EP) e saltito anterior (SA) executados por mulheres pós-menopáusicas, nas intensidades 80, 100 e 120 bpm. Foram encontradas diferenças significativas em relação às intensidades, com maiores valores para a cadência 120 bpm, seguida de 100 bpm e com menores valores para a cadência 80 bpm para todos os exercícios analisados. Os exercícios CO e CH obtiveram os maiores valores de FRSv em todas as intensidades analisadas, sendo que na intensidade de 120 bpm os valores encontrados foram de $0,76 \pm 0,07$ G e $0,8 \pm 0,19$ G, respectivamente. Os exercícios CP, EP e DF obtiveram os valores mais intermediários, mais próximos de 0,5 G na intensidade de 80 bpm e próximos de 0,7 G em 120 bpm. O exercício de SA obteve os valores mais baixos para a FRSv, sendo $0,21 \pm 0,05$ G na intensidade 80 bpm, $0,27 \pm 0,07$ G em 100 bpm e $0,38 \pm 0,13$ G em 120 bpm. Para o IMP, verificou-se que para os exercícios CO, CH, CP e EP o fator cadência apresentou influência significativa, com diferenças entre todas as cadências, com maiores valores para 80 bpm. Já para os exercícios DF e SA, não foram encontradas diferenças significativas entre os ritmos de execução dos movimentos. De uma forma geral, em todas as cadências os exercícios EP e CH obtiveram os maiores valores de IMP (80 bpm: $124,2 \pm 39,28$ N.s na EP e $133,22 \pm 30,34$ N.s no CH) e o SA obteve os

menores valores (120 bpm: $58,87 \pm 18,57$ N.s) e os demais exercícios obtiveram valores intermediários. Neste estudo também foi possível observar que com o aumento da intensidade, aumentam os valores de FRSv e diminuem os valores de IMP, semelhante ao estudo de Finatto (2011). Além disso, constatou-se que os diferentes exercícios de hidroginástica podem resultar em diferentes valores de FRSv e IMP.

Em um estudo subsequente, Fontana et al. (2012), analisaram os efeitos do gênero, cadência e imersão nas forças de reação do solo da corrida estacionária. Os indivíduos deveriam realizar o exercício na terra e também em uma piscina rasa, em cima de uma plataforma de força, e o teste era considerado válido quando somente um pé a tocasse. Foram utilizadas três diferentes velocidades da corrida estacionária: cadência de 90, 110 e 130 bpm, sendo que estas eram controladas por um metrônomo. Além disso, os homens e mulheres do estudo executaram o exercício nas profundidades de imersão do processo xifóide e crista ilíaca. O estudo não encontrou diferenças significativas nem interação entre os gêneros, sendo assim, os resultados de todos os participantes foram colocados juntos para análise e com isso, foi realizada uma análise estatística para encontrar quais eram os efeitos de nível de imersão e cadência. Quando a corrida era realizada na terra, a FRSv aumentava progressiva e significativamente quando a cadência era aumentada (de 1,8 à 2,11 G) e isto não foi observado dentro d'água, onde não foram encontradas diferenças entre as cadências 110 e 130 bpm ($1,09 \pm 0,21$ G à $1,12 \pm 0,21$ G na profundidade do processo xifóide e $1,29 \pm 0,23$ G à $1,34 \pm 0,29$ G na crista ilíaca). Além disso, um dos achados do estudo foi de que os valores de FRSv eram reduzidos da terra para a água e com o aumento da profundidade de imersão, para todas as cadências. Da terra para a água, na profundidade do processo xifóide, o pico da FRSv decaiu aproximadamente 50%, de $2,11 \pm 0,3$ G cadência 130 bpm à $0,98 \pm 0,22$ G na cadência de 90.

Contudo, pode-se concluir que a partir dos estudos encontrados na literatura atual, há uma carência de pesquisas com exercícios de hidroginástica. Mesmo assim, os resultados dos estudos analisados já demonstram que existem aspectos que podem interferir nas respostas biomecânicas dos exercícios, como a velocidade, profundidade de imersão e o tipo de exercício que é executado. Visto que na hidroginástica são utilizados diferentes exercícios, um maior estudo da magnitude das cargas de destes em diferentes velocidades poderia auxiliar em uma melhor prescrição e também mais segura para os indivíduos.

Quadro 1 – Estudos que analisaram a FRSv no meio aquático.

Estudo	Amostra	Profundidade de imersão	Exercício	Intensidade	Resultados
Harrison et al. (1992)	9 sujeitos de ambos os sexos	Processo xifóide	Caminhada	Velocidade auto selecionada média e a mais rápida	Velocidade média: 50% G Velocidade rápida: 75% G
Nakazawa et al. (1994)	6 sujeitos de ambos os sexos Idade: 25,5 ± 2,3 anos	Processo xifóide	Caminhada	Velocidade auto selecionada confortável	50% G
Myioshi et al. (2004)	15 homens Idade: 22,8 ± 4,5 anos	Processo xifóide	Caminhada	Velocidades auto selecionadas: lenta, confortável e rápida	De 20 a 30% G
Roesler et al. (2006)	60 sujeitos de ambos os sexos Idade: 23 ± 5 anos	Processo xifóide	Caminhada	Velocidade auto selecionada lenta (L) e a mais rápida possível (R), com (C) e sem (S) os membros superiores dentro d'água	LC: ≈ 0,25 G LS: ≈ 0,32 G RC: ≈ 0,27 G RS: ≈ 0,35 G
Barela et al. (2006)	10 sujeitos de ambos os sexos Idade: 29 ± 6 anos	Processo xifóide	Caminhada	Velocidade auto selecionada confortável	≈ 1,02 G
Hauptenthal et al. (2010)	22 sujeitos de ambos os sexos Idade: 24 ± 3 anos	Processo xifóide	Caminhada	Velocidade auto selecionada confortável	0,80 ± 0,24 G
Hauptenthal et al. (2012)	20 sujeitos de ambos os sexos Idade: 53 ± 3 anos	Processo xifóide	Caminhada	Velocidades auto selecionadas: rápida e lenta	Rápida: 0,95 ± 0,27 G Lenta: 0,87 ± 0,22 G
Finatto (2011)	12 mulheres Idade: 23,4 ± 2,7 anos	Processo xifóide	CO, CH, DF, DL, SAL e Sab	Cadências correspondentes ao 1º e 2º limiar ventilatório (LV1 e LV2)	CH LV1: 0,92 ± 0,20 G LV2: 1,13 ± 0,19 G CO LV1: 0,88 ± 0,26 G LV2: 1,10 ± 0,25 G DF LV1: 0,72 ± 0,14 G

					LV2: $0,88 \pm 0,14$ G DL LV1: $0,63 \pm 0,20$ G LV2: $0,75 \pm 0,18$ G SAL LV1: $0,51 \pm 0,12$ G LV2: $0,77 \pm 0,19$ G Sab LV1: $0,72 \pm 0,21$ G LV2: $0,94 \pm 0,30$ G
Fontana et al. (2012)	22 sujeitos de ambos os sexos Idade: 24 ± 3 anos	Processo xifoide	CO	90, 110 e 130 bpm	90 bpm: $1,02 \pm 0,21$ G 110 bpm: $1,11 \pm 0,21$ G 130 bpm: $1,10 \pm 0,24$ G
Zaffari (2012)	12 mulheres Idade: $52,7 \pm 2,57$ anos	Processo xifóide	CO, CH, DF, SA, EP e CP	80, 100 e 120 bpm	CO 80 bpm: $0,59 \pm 0,13$ G 100 bpm: $0,78 \pm 0,18$ G 120 bpm: $0,8 \pm 0,19$ G CH 80 bpm: $0,64 \pm 0,08$ G 100 bpm: $0,75 \pm 0,13$ G 120 bpm: $0,76 \pm 0,07$ G DF 80 bpm: $0,49 \pm 0,20$ G 100 bpm: $0,61 \pm 0,13$ G 120 bpm: $0,65 \pm 0,17$ G SA 80 bpm: $0,21 \pm 0,05$ G 100 bpm: $0,27 \pm 0,07$ G 120 bpm: $0,38 \pm 0,13$ G EP 80 bpm: $0,56 \pm 0,14$ G 100 bpm: $0,74 \pm 0,14$ G 120 bpm: $0,77 \pm 0,15$ G CP 80 bpm: $0,57 \pm 0,14$ G 100 bpm: $0,68 \pm 0,16$ G

					120 bpm: 0,73 ± 0,18 G
Alberston et al. (2013)	15 mulheres Idade: 23,2 ± 2 anos	Processo xifóide	CO, CH e DF	Cadências correspondentes ao 1º e 2º limiar ventilatório e máximo esforço (LV1, LV2 e MAX)	CO LV1: 0,87 ± 0,24 G LV2: 1,10 ± 0,23 G MAX: 1,18 ± 0,21 G CH LV1: 0,92 ± 0,20 G LV2: 1,13 ± 0,19 G MAX: 1,16 ± 0,21 G DF LV1: 0,71 ± 0,15 G LV2: 0,85 ± 0,16 G MAX: 0,87 ± 0,20 G

Legendas: G = Força de reação do solo vertical corrigida para o peso; bpm: batidas por minuto; LV1:Primeiro limiar ventilatório; LV2: Segundo limiar ventilatório; MAX: máximo esforço; LS: Lenta sem os membros superiores dentro d'água; LC: Lenta com os membros superiores dentro d'água; RS: Rápida sem os membros superiores dentro d'água; RC: Rápida com os membros superiores dentro d'água; CO: Corrida, CH: Chute, DF: Deslize Frontal, SA: Saltito Anterior, EP: Elevação Posterior, CP: Corrida Posterior, SAL: Saltito lateral; Sab: Saltito Abdutor.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 AMOSTRA

3.1.1 População e amostra

A população envolveu mulheres jovens, com idade entre 18 e 29 anos, saudáveis e todas já ambientadas com a prática de hidroginástica.

3.1.2 Cálculo do tamanho da amostra

O cálculo foi realizado para amostras emparelhadas através do programa GPOWER versão 3.0.10 para *Windows*, no qual foi adotado um nível de significância de 0,05, um poder de 90%, e um coeficiente de correlação de 0,9 para todas as variáveis. Com base nas variâncias de uma pesquisa prévia realizado no nosso grupo de pesquisa, os cálculos realizados demonstraram a necessidade de um “n” de no mínimo 12 indivíduos em cada grupo. Por meio desses dados, foi estabelecido um “n” amostral, para o presente estudo, de 12 indivíduos.

3.1.3 Procedimento para a seleção da amostra

A amostra foi selecionada de forma não aleatória, por voluntariedade, através de convite verbal no campus da Escola de Educação Física da UFRGS. Cada indivíduo foi informado previamente sobre os procedimentos desta pesquisa através de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), após aprovação pelo Comitê de Ética da UFRGS nº 18817.

3.1.4 Critérios de inclusão:

Mulheres jovens, aparentemente saudáveis, com idade entre 20 e 30 anos e já familiarizadas com exercícios de hidroginástica.

3.2 VARIÁVEIS

3.2.1 Variáveis dependentes

- Pico da força de reação do solo vertical (FRS_v);
- Impulso da força de reação vertical do solo (IMP).

3.2.2 Variáveis independentes

- Cadências: 80, 100 e 120 bpm;
- Exercícios: Chute (CH), Corrida (CO), Saltito anterior (SA), Corrida Posterior (CP), Deslize Frontal (DF), Elevação Posterior (EP), Deslize lateral (DL), Saltito lateral (SAL) e Elevação lateral (EL).

3.2.3 Variáveis de controle

- Temperatura da água (entre 30 e 31°C)
- Profundidade de imersão (foi mantida durante os testes entre o processo xifóide e ombros).

3.3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os procedimentos desta pesquisa aconteceram no Centro Natatório da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ESEF-UFRGS) e foram utilizados equipamentos do Laboratório de Pesquisa do Exercício da UFRGS (LAPEX – UFRGS).

Os sujeitos que participaram do estudo compareceram à piscina do Centro Natatório em três dias distintos para a realização dos testes.

3.3.1 Caracterização da amostra

Foi realizada uma sessão inicial que teve como objetivo a assinatura TCLE de cada uma das participantes, preenchimento da ficha de dados individuais, coleta dos

dados de massa corporal (balança Filizola com resolução de 100g), estatura (estadiômetro Filizola com resolução de 1 mm) e familiarização com os exercícios de hidroginástica e com as cadências que seriam realizados.

3.3.2 Protocolo para a coleta de dados

Em uma sessão foram realizados os testes nas cadências de 80, 100 e 120 bpm, que foram ditadas por um metrônomo (Modelo MA-30 da marca Korg, com amplitude de 40 a 208 bpm e com resolução de 1 bpm), e a ordem de execução das mesmas foi randomizada. Nessas sessões, os exercícios eram realizados por 4 minutos em cada uma das cadências de 80, 100 e 120 bpm, sobre uma plataforma de força subaquática (AMTI modelo OR6-WP com frequência de amostragem de 500 Hz). Os sujeitos realizavam o exercício de pés descalços e somente um pé tocava na plataforma. Após a execução do exercício, era concedido um intervalo de 5 minutos antes da realização do mesmo exercício na outra cadência e um intervalo de 15 minutos entre os tipos de exercícios.

Os nove exercícios foram divididos em três blocos com três exercícios cada, sendo que cada bloco foi executado em diferentes sessões. O primeiro bloco consistiu em CO, CH e SA, o segundo em DF, CP e EP e o terceiro bloco DL, EL e SAL. A figura 1 representa um esquema do protocolo de coleta de dados.

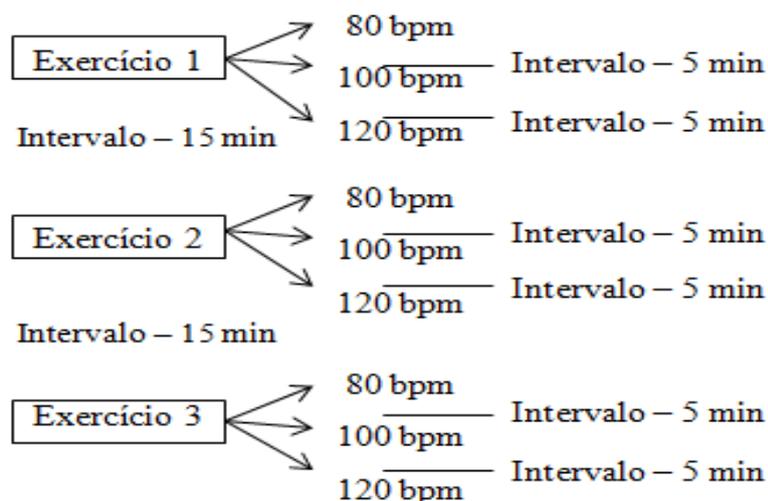


Figura 1. Representação em esquema do protocolo de coleta de dados.

Todos os exercícios foram realizados de forma estacionária, sem deslocamento horizontal, e, além disso, o movimento dos membros superiores foi realizado somente para manter o equilíbrio do corpo durante a execução do exercício. Todos os exercícios são divididos em duas fases, cada uma delas realizada em 1 batimento do metrônomo.

Os seguintes exercícios foram realizados durante o protocolo experimental:

-Chute (CH): A posição inicial é em pé, com os braços ao lado do corpo. A primeira fase do exercício consiste na flexão do quadril até 45°, flexão seguida de extensão do joelho e flexão plantar do tornozelo direito. A segunda fase do exercício consiste na extensão do quadril, flexão inicial seguida de extensão do joelho e flexão dorsal do tornozelo direito. Os membros inferiores direito e esquerdo realizam o mesmo movimento alternadamente. Logo, este exercício apresenta apoio unipodal e uma fase de voo onde ocorre troca de apoio entre os pés direito e esquerdo (Figura 2).



Figura 2: Exercício de Chute (CH)

-Corrida (CO): A posição inicial é em pé, com os braços ao lado do corpo. A primeira fase do exercício consiste na flexão do quadril e do joelho direitos até 90° e a segunda fase do exercício consiste na extensão do quadril e do joelho direitos. Os membros inferiores direito e esquerdo realizam o mesmo movimento alternadamente. Logo, este exercício apresenta apoio unipodal e uma fase de voo onde ocorre troca de apoio entre os pés direito e esquerdo (Figura 3).



Figura 3: Exercício de Corrida (CO)

-Saltito anterior (SA): A posição inicial é em pé, com os braços a frente do corpo. A primeira fase consiste em uma flexão do quadril e de joelhos até 90°, retirando os pés simultaneamente do solo e realizando concomitante bascula posterior. A segunda fase consiste em extensão de quadril e joelhos, retornando os pés ao solo. Logo, esse exercício apresenta apoio bipodal e uma fase de voo (figura 4).



Figura 4: Exercício de Saltito Anterior (SA)

-Corrida posterior (CP): A posição inicial é em pé, com os braços ao lado do corpo. A primeira fase do exercício consiste na flexão do joelho direito até 90° e a segunda fase do exercício consiste na extensão do joelho. Os membros inferiores direito e esquerdo realizam o mesmo movimento alternadamente. Logo, este exercício apresenta apoio unipodal e uma fase de voo onde ocorre troca de apoio entre os pés direito e esquerdo (Figura 5).



Figura 5: Exercício de Corrida Posterior (CP)

-Elevação posterior (EP): A posição inicial é em pé, com o corpo inclinado para frente e com os braços ao lado do corpo. A primeira fase do exercício consiste na extensão do quadril direito até 60° com uma semi-flexão do joelho, a fim de manter o apoio total do pé no solo, enquanto o quadril esquerdo realiza uma hiperextensão até 45° com o joelho estendido e tornozelo em flexão dorsal. A segunda fase do exercício consiste na flexão do quadril e do joelho, flexão dorsal do tornozelo esquerdo, até que o pé retorne ao solo. Os membros inferiores direito e esquerdo realizam o mesmo movimento alternadamente, mantendo um alinhamento corporal do membro inferior que está estendido com a coluna vertebral. Logo, este exercício apresenta apoio unipodal e uma fase de voo onde ocorre troca de apoio entre os pés direito e esquerdo (Figura 6).



Figura 6: Exercício de Elevação Posterior (EP)

-Deslize frontal (DF): A posição inicial é em pé, com o corpo inclinado para frente e com os braços ao lado do corpo. A primeira fase do exercício consiste na flexão do quadril direito até 60° com uma semi-flexão do joelho, a fim de manter o apoio total do pé no solo. A segunda fase do exercício consiste na extensão do quadril e do joelho e flexão dorsal do tornozelo direito, mantendo o apoio total do pé no solo. Os membros inferiores direito e esquerdo realizam o mesmo movimento alternadamente, mantendo um alinhamento corporal do membro inferior que está estendido com a coluna vertebral. Este exercício apresenta apoio bipodal, não existindo fase de voo (Figura 7).



Figura 7: Exercício de Deslize Frontal (DF)

-Elevação lateral (EL): A posição inicial é em pé e com os braços a frente do corpo. A primeira fase do exercício consiste na abdução do quadril direito até 45° com a elevação do pé direito do solo seguido de uma adução do quadril direito até voltar à posição inicial e o pé tocar o solo. A segunda fase do exercício consiste na abdução do quadril esquerdo até 45° com elevação do pé esquerdo do solo seguido de uma adução deste quadril até a posição inicial com o contato deste pé ao solo. Os membros inferiores direito e esquerdo realizam o mesmo movimento alternadamente. Logo, este exercício apresenta apoio unipodal e uma fase de voo onde ocorre troca de apoio entre os pés direito e esquerdo (Figura 8).



Figura 1: Exercício de Elevação Lateral (EL)

-Deslize lateral (DL): A posição inicial é em pé e com os braços a frente do corpo. A primeira fase do exercício consiste na abdução do quadril até 45° com semi-flexão dos joelhos. A segunda fase do exercício consiste na abdução do quadril e extensão dos joelhos. Os membros inferiores direito e esquerdo realizam o mesmo movimento simultaneamente. Logo, este exercício apresenta apoio bipodal sem fase de (Figura 9).



Figura 9: Exercício de Deslize Lateral (DL)

-Saltito lateral (SAL): A posição inicial é em pé e com os braços junto ao corpo e pernas afastadas (quadril abduzido). A primeira fase do exercício consiste na adução total do quadril com a retirada simultânea dos pés do solo. A segunda fase do exercício consiste na abdução do quadril até 45° finalizando com o contato dos pés no solo. Os

membros inferiores direito e esquerdo realizam o mesmo movimento simultaneamente. Logo, este exercício apresenta apoio bipodal e uma fase de voo (Figura 10).



Figura 10: Exercício de Saltito Lateral (SAL)

3.4 Tratamento dos dados de força de reação do solo

O sinal da FRS captado pela plataforma de força foi gravado em um computador no *software* de aquisição de dados BioAnalysis. Esse sinal foi exportado para análise no *software* SAD32. O sinal da FRS captado pela plataforma de força foi tratado inicialmente com a separação dos canais, para análise do componente FRS. A seguir, foi realizada uma filtragem digital do sinal, utilizando o filtro passa-baixa Butterworth, com frequência de corte de 30 Hz. A partir do minuto captado pela plataforma, foram excluídas as 10 primeiras curvas de FRSv e então foram determinados os picos de força de reação do solo vertical das 10 repetições seguintes de cada exercício em cada intensidade. Estes valores da FRSv foram normalizados pelo peso corporal dos indivíduos fora d'água. Após este procedimento, foi realizada uma análise do impulso a partir da integral, que representa a área sob a curva, entre força e tempo de apoio das mesmas repetições. Com os valores obtidos, foi feita uma média das cinco repetições centrais para posterior análise estatística.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados da análise estatística serão apresentados por média \pm desvio padrão. Foram utilizados os testes de normalidade de Shapiro-Wilk, teste de Homogeneidade de Levene, Anova two-way para medidas repetidas para comparação entre as cadências e entre os exercícios. Visto que foram encontradas interações entre as cadências e os exercícios, foi realizado um desdobramento com Testes F. O teste de Bonferroni foi utilizado para localizar as diferenças. O software SPSS V17.0 foi utilizado para análise dos dados e o índice de significância adotado foi de $\alpha = 0,05$.

4 RESULTADOS

4.1 A caracterização da amostra pode ser observada na Tabela 1 apresentada através de média e desvio padrão.

Tabela 1: Caracterização da amostra através dos valores de Idade (anos), Estatura (cm), Massa Corporal (kg), Peso Corporal (N), Peso Hidrostático (N) e Redução do Peso Hidrostático (%).

Variáveis	Média	DP
Idade (anos)	23,7	± 3,6
Estatura (cm)	164,1	± 7,1
Massa Corporal (Kg)	58,3	± 4,6
Peso corporal (N)	571,1	± 39,4
Peso hidrostático (N)	176,7	± 41,6
Redução do Peso Hidrostático (%)	69,4	± 6,4

4.2 Respostas de força de reação do solo

De acordo com a ANOVA de dois fatores para medidas repetidas, os efeitos principais exercício ($p < 0,001$) e intensidade ($p < 0,001$) foram significativos para a variável FRSv. Além disso, foi encontrada uma interação exercício*intensidade ($p < 0,001$), demonstrando que a FRSv é dependente destes dois fatores. Os valores descritos do comportamento da FRSv são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Análise descritiva (média ± desvio padrão) do comportamento do pico da força de reação do solo nas diferentes cadências de 80, 100 e 120 bpm para cada exercício: Chute (CH), Corrida (CO), Saltito anterior (SA), Corrida Posterior (CP), Deslize Frontal (DF), Elevação Posterior (EP), Deslize lateral (DL), Saltito lateral (SAL) e Elevação lateral (EL).

Exercícios	80 bpm		100 bpm		120 bpm		Exercício	Intensidade	Exercício*Intensidade	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP				
CP	0,75	±0,13	0,99	±0,19	1,05	±0,2				
CH	0,77	±0,19	0,95	±0,25	1	±0,21				
EP	0,74	±0,09	0,92	±0,15	0,99	±0,19				
EL	0,62	±0,16	0,8	±0,2	0,9	±0,23				
FRSv	DF	0,62	±0,11	0,79	±0,18	0,84	±0,15	<0,001	<0,001	<0,001
(G)	CO	0,55	±0,13	0,79	±0,19	0,93	±0,33			
	SAL	0,48	±0,11	0,51	±0,13	0,5	±0,08			
	DL	0,36	±0,07	0,48	±0,13	0,51	±0,11			
	SA	0,23	±0,05	0,33	±0,11	0,45	±0,14			

Na Figura 11, podemos analisar o efeito do exercício em cada cadência (80, 100 e 120 bpm) na FRSv. Pode-se observar que os exercícios DL e SA obtiveram os menores valores de FRSv para as três cadências analisadas. Os exercícios SAL, CO, DF e EL obtiveram os valores intermediários e CP, CH e EP obtiveram os maiores valores de FRSv.

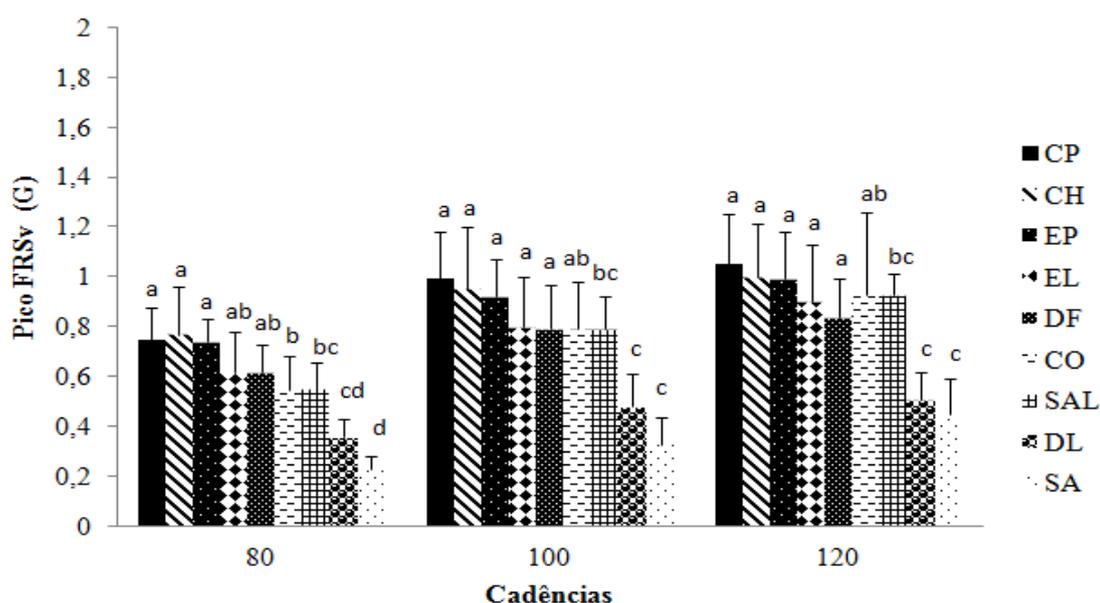


Figura 11 – Comportamento do pico da força de reação do solo nas diferentes cadências de 80, 100 e 120 bpm para cada exercício: Chute (CH), Corrida (CO), Saltito anterior (SA), Corrida Posterior (CP), Deslize Frontal (DF), Elevação Posterior (EP), Deslize lateral (DL), Saltito lateral (SAL) e Elevação lateral (EL). Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre os exercícios para cada cadência ($p < 0,05$).

Já quando analisamos o efeito da cadência na FRSv através da Figura 12, podemos observar que os menores valores de FRSv são encontrados na cadência 80 bpm, e os maiores valores são encontrados nas cadências 100 e 120 bpm, sem diferenças significativas entre estas duas cadências, exceto para o exercício EL que obteve diferenças significativa entre todas as cadências. Já para o exercício SAL, não foram encontradas diferenças significativas entre as três cadências.

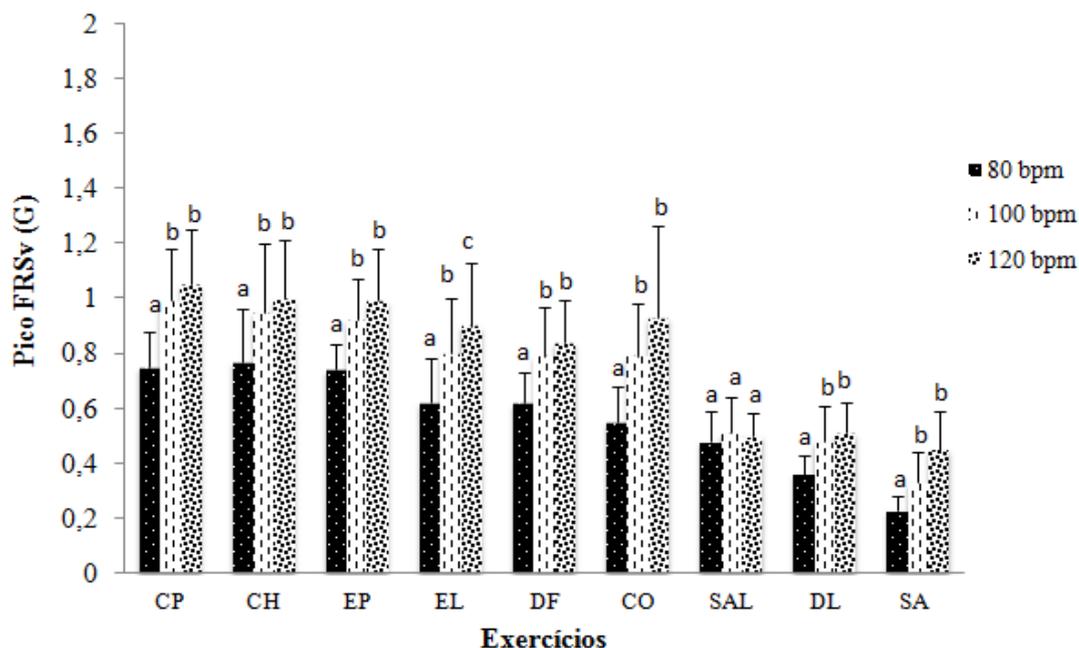


Figura 12 – Comportamento do pico da força de reação do solo dos diferentes exercícios realizados do pico da força de reação do solo nas diferentes cadências de 80, 100 e 120 bpm para cada exercício: Chute (CH), Corrida (CO), Saltito anterior (SA), Corrida Posterior (CP), Deslize Frontal (DF), Elevação Posterior (EP), Deslize lateral (DL), Saltito lateral (SAL) e Elevação lateral (EL) em cada cadência de 80, 100 e 120 bpm. Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre as cadências para cada exercício ($p < 0,05$).

4.3 Respostas de impulso

De acordo com a ANOVA de dois fatores para medidas repetidas, os efeitos principais exercício ($p < 0,001$) e intensidade ($p < 0,001$) foram significativos para a variável IMP. Além disso, foi encontrada uma interação exercício*intensidade ($p < 0,001$), demonstrando que o IMP é dependente destes dois fatores. Os valores descritos do comportamento do IMP são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Análise descritiva (média ± desvio padrão) do comportamento do impulso nas diferentes cadências de 80, 100 e 120 bpm para cada exercício: Chute (CH), Corrida (CO), Saltito anterior (SA), Corrida Posterior (CP), Deslize Frontal (DF), Elevação Posterior (EP), Deslize lateral (DL), Saltito lateral (SAL) e Elevação lateral (EL).

Exercícios	80 bpm		100 bpm		120 bpm		Exercício	Intensidade	Exercício*Intensidade	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP				
CP	132,72	±31,89	113,86	±28,72	98,9	±25,86				
CH	141,72	±37,54	116,82	±30,52	99,66	±23,24				
EP	130,98	±31,65	107,66	±27,43	92,79	±24,72				
EL	127,02	±26,66	111,91	±28,07	95,79	±23,49				
IMP	DF	124,03	±35,47	113,62	±30,32	103,3	±26,1	<0,001	<0,001	<0,001
(N.s)	CO	115,78	±32,38	98,82	±28,41	84,33	±27,06			
	SAL	100,76	±39,65	84,38	±31,46	68,69	±21,38			
	DL	66,93	±23,3	60,13	±20,27	56,72	±17,84			
	SA	44,14	±7,57	42,18	±8,87	42,65	±11,15			

Em relação aos resultados do IMP, podemos observar na figura 13 que os exercícios que obtiveram os maiores valores foram CP, EL, EP, CH e SAL. Os exercícios CO e DF obtiveram os valores mais intermediários e DL e SA obtiveram os menores valores de impulso.

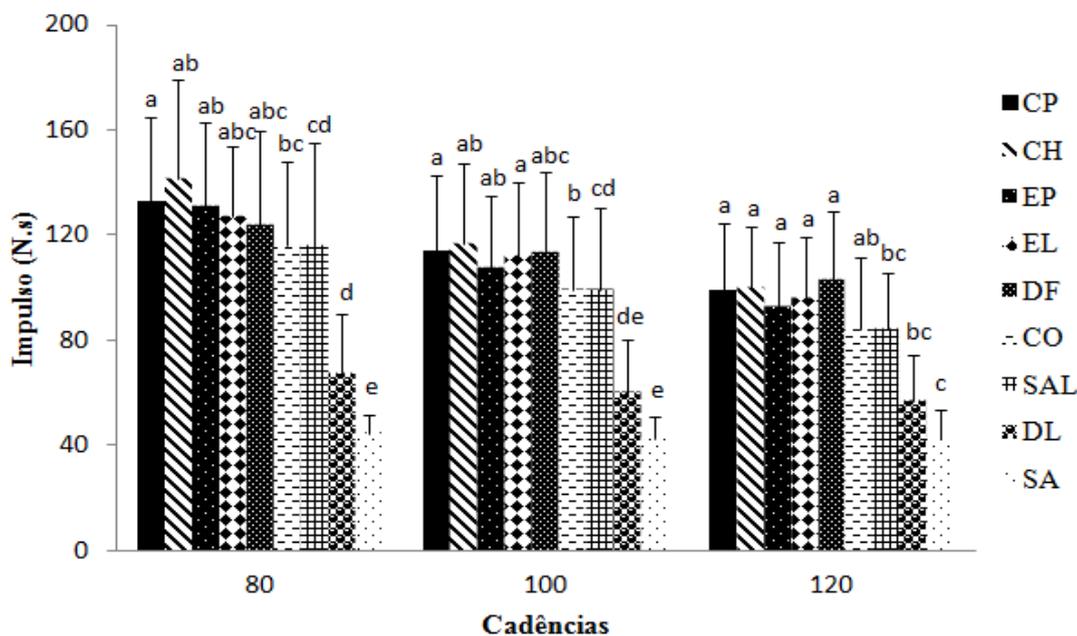


Figura 13 – Comportamento do impulso nas diferentes cadências de 80, 100 e 120 bpm para cada exercício: do pico da força de reação do solo nas diferentes cadências de 80, 100 e 120 bpm para cada exercício: Chute (CH), Corrida (CO), Saltito anterior (SA), Corrida Posterior (CP), Deslize Frontal (DF), Elevação Posterior (EP), Deslize lateral (DL), Saltito lateral (SAL) e Elevação lateral (EL). Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre os exercícios para cada cadência ($p < 0,05$).

Já em relação às diferentes cadências, que podemos observar na figura 14, o IMP foi maior significativamente em 80 bpm quando comparado às outras cadências, exceto para o DL e SA, seguido da cadência 100 e depois 120 bpm. O exercício SA não obteve diferenças significativas entre as três cadências analisadas.

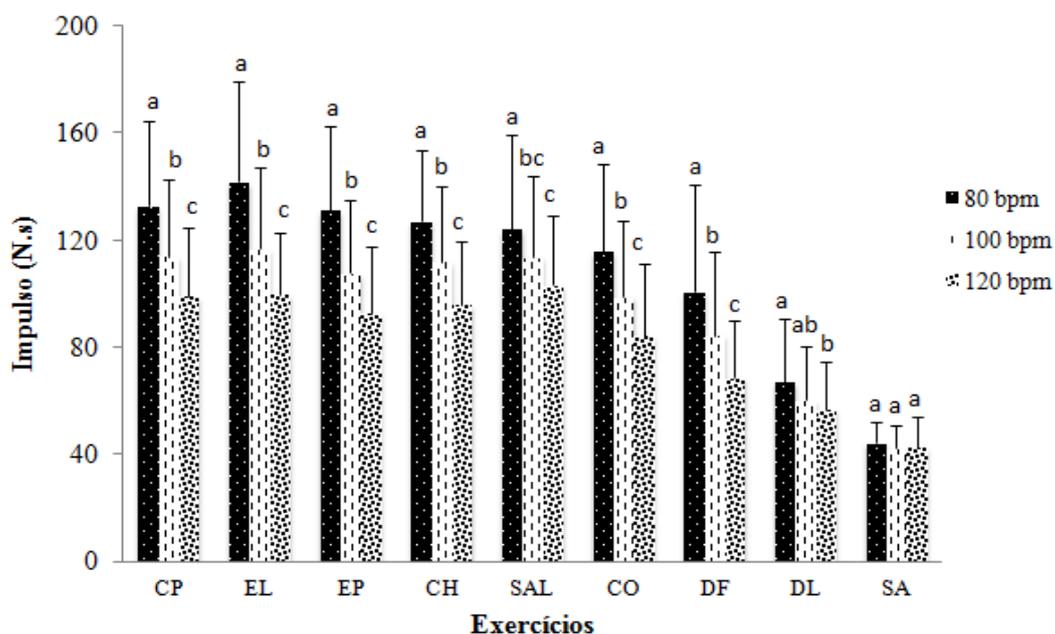


Figura 14 – Comportamento do impulso dos diferentes exercícios realizados do pico da força de reação do solo nas diferentes cadências de 80, 100 e 120 bpm para cada exercício: Chute (CH), Corrida (CO), Saltito anterior (SA), Corrida Posterior (CP), Deslize Frontal (DF), Elevação Posterior (EP), Deslize lateral (DL), Saltito lateral (SAL) e Elevação lateral (EL) em cada cadência de 80, 100 e 120 bpm. Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre as cadências para cada cadência ($p < 0,05$).

5 DISCUSSÃO

Como resultado, no presente estudo foi observado que não houve diferenças para a FRSv entre as cadências 100 e 120 bpm, exceto para o exercício EL. Outro achado do estudo foi de que os menores valores de FRSv ocorreram quando o exercício era realizado na cadência de 80 bpm e em relação aos exercícios, o DL, SA e obtiveram os menos valores de FRSv, e os exercícios CP, CH e obtiveram os maiores valores.

Os resultados do presente estudo corroboram ao de Fontana et al. (2012), que analisaram a FRSv do exercício CO nas diferentes cadências: 90, 110 e 130 bpm. Não foram encontradas diferenças significativas entre as cadências 110 e 130 bpm (110 bpm: $1,09 \pm 0,21$ G e 120 bpm: $1,12 \pm 0,21$ G), o que foi semelhante ao presente estudo, visto que não foram encontradas diferenças entre as cadências mais rápidas (100 bpm: $0,81 \pm 0,19$ G e 120 bpm: $0,93 \pm 0,32$ G).

Em contrapartida, no estudo de Alberton et al., 2013, verificou-se a FRSv dos exercícios CO, DF e CH, nas intensidades correspondentes ao primeiro e segundo limiar ventilatório e máximo esforço (LV1, LV2 e MAX, respectivamente) e foram encontrados valores significativamente menores para a cadência mais lenta (LV1). As cadências médias que correspondiam ao LV1 dos indivíduos testados no estudo de Alberton et al., (2013), foram aproximadamente 100 bpm, e os resultados encontrados para os três exercícios estudados (CO: $0,87 \pm 0,24$ G, DF: $0,71 \pm 0,15$ G e CH: $0,92 \pm 0,2$ G) foram muito semelhantes aos resultados na cadência 100 bpm do presente estudo (CO: $0,79 \pm 0,19$ G, DF: $0,79 \pm 0,18$ G e CH: $0,95 \pm 0,25$ G). Outro estudo que analisou a FRSv em diferentes intensidades foi o de Finatto (2011), que estudou o comportamento da FRSv de seis exercícios de hidroginástica nas cadências correspondentes ao LV1 (aproximadamente 100 bpm) e LV2 (aproximadamente 120 bpm) e foram encontradas diferenças, sendo que os maiores valores foram para LV2. O estudo de Zaffari (2013), apresentou resultados semelhantes, analisando a FRSv de seis exercícios de hidroginástica nas cadências 80, 100 e 120 bpm. Diferente do presente estudo, foram encontradas diferenças significativas entre todas as cadências para todos os exercícios, sendo a de 120 bpm maior que 100 bpm e ambas maiores que a cadência de 80 bpm. Estas três pesquisas diferem do presente estudo, pois encontraram diferenças entre as cadências e no presente estudo não foram encontradas diferenças entre as cadências 100 e 120 bpm, mas a cadência 120 bpm obteve maiores valores de FRSv, entretanto estes valores não obtiveram significância.

Outro estudo que analisou a FRSv em diferentes intensidades foi o de Finatto (2011), que estudou o comportamento da FRSv de seis exercícios de hidroginástica nas cadências correspondentes ao LV1 (aproximadamente 100 bpm) e LV2 (aproximadamente 120 bpm) e foram encontradas diferenças, sendo que os maiores valores foram para LV2.

Estas três pesquisas diferem do presente estudo, pois encontraram diferenças entre as cadências e no presente estudo não foram encontradas diferenças entre as cadências 100 e 120 bpm, e no presente estudo, a cadência 120 bpm obteve maiores valores de FRSv, entretanto estes valores não obtiveram significância. Entretanto, todas as pesquisas obtiveram maiores valores de FRSv do que a cadência de 80 bpm.

As diferenças entre os resultados encontrados (aumento da FRSv com aumento da cadência) para as diferentes cadências podem ser explicados devido ao fato de que uma maior força propulsiva é necessária em ritmos mais acelerados para que ocorra o deslocamento vertical. Sendo assim, aumentando o ritmo de execução do movimento, aumenta-se a intensidade do exercício e acarreta em maiores valores de FRSv nas maiores velocidades (Haupenthal et al., 2012). Além disso, um dos motivos que pode ter acarretado as diferenças do presente estudo com o de Zaffari (2013), pode ser o fato da amostra ser diferente, visto que este estudo utilizou mulheres pós-menopáusicas, e o presente estudo, jovens. Já para as diferenças entre o presente estudo e os de Finatto (2011) e Alberton et al. (2013), podem ser devido ao fato de que estas duas pesquisas utilizaram cadências relacionadas às intensidades fisiológicas e o presente estudo utilizou cadências fixas. Entretanto, o padrão dos resultados dos estudos citados que analisaram FRSv de exercícios de hidroginástica em diferentes cadências e padrão do presente estudo é o mesmo, visto que as cadências mais aceleradas obtiveram valores maiores, porém a diferença é de que no presente estudo, este aumento da FRSv da cadência 100 para 120 bpm não foi significativo.

Analisando os resultados referentes aos diferentes exercícios de hidroginástica analisados, o estudo de Finatto (2012), analisou a FRSv de exercícios semelhantes ao do presente estudo, a CO, CH, DF, DL, SAL e também o exercício Saltito Abdutor (SAb). Neste estudo foram encontrados os maiores valores de FRSv para a CO e CH (1,10 PC e 1,13 PC, respectivamente, na intensidade LV2) e o SAL e DL obtiveram os menores valores (0,51 PC e 0,63 PC, respectivamente, na intensidade LV1). Estes resultados são muito semelhantes ao presente estudo, visto que também foram encontrados maiores

valores de FRSv para o CH e menores valores para o SAL e DL. Outro estudo que analisou a FRSv de exercícios de hidroginástica foi o de Alberton et al. (2013), que estudou o DF, CH e CO. Dentre estes três exercícios, os menores valores, em todas as intensidades analisadas, foram encontrados quando o exercício DF era executado. E para a cadência correspondente ao LV1, o CH e a CO obtiveram valores semelhantes e maiores do que o DF, e no LV2, a CO foi maior que o CH e ambos maiores que o DF. Os resultados deste estudo na cadência correspondente ao LV2 (que corresponde em média à 120 bpm) para os exercícios CO e CH assemelham-se muito aos resultados do presente estudo na cadência 120, sendo que todos são próximos à 1 PC. Em outro estudo semelhante, de Zaffari (2013), o padrão dos resultados de FRSv encontrados para os exercícios CO, CH, DF, DL, CP e EP, semelhantes ao do presente estudo, foram o mesmo do que o padrão dos resultados dos exercícios analisados no presente estudo, sendo que o SA também obteve os menores resultados (0,21 PC no estudo de Zaffari e 0,23 no presente estudo na cadência de 80 bpm) . Entretanto, todos os valores encontrados no estudo de Zaffari (2013) foram ligeiramente inferiores aos da presente pesquisa, e isto pode ser resultante das diferentes amostras, visto que Zaffari (2013), analisou mulheres pós-menopáusicas e o presente estudo mulheres jovens.

As possíveis diferenças entre os nove exercícios analisados pode ser devido às características dos mesmos, visto que foram encontrados maiores valores para os exercícios unipodais e menores para bipodais. Os exercícios com apoio dos dois membros inferiores no solo (bipodais) podem ter acarretado menores valores de FRSv, pois estes apresentam uma grande fase de apoio e fase de apoio com maior duração, favorecendo a execução da fase de voo e o amortecimento na aterrissagem. Além disso, durante a execução dos exercícios bipodais, o peso corporal é distribuído em ambas as pernas, enquanto nos unipodais, todo o peso corporal e a FRSv se concentram em somente um membro inferior, podendo explicar as diferenças encontradas entre os exercícios.

Em relação aos resultados de IMP, os maiores valores foram encontrados para os exercícios CP, CH, EP e EL, os valores intermediários ficaram para CO e SAL e os menores valores foram do DF, DL e SA. Ao analisarmos a influência da cadência no IMP, foram encontrados os maiores valores para a cadência 80 bpm, seguida de 100 e com menores valores para 120, exceto para o exercício SA, visto que não foram encontradas diferenças significativas entre as três cadências para este exercício.

Além disso, pode-se observar que o IMP tende a reduzir com o aumento da velocidade de execução do exercício, visto que os maiores valores foram encontrados cadência 80 bpm, seguida de 100 e 120 bpm. Alberton et al. (2013), Finatto (2011) e Zaffari (2013), também encontraram resultados semelhantes em relação à esta variável, e os autores atribuem este padrão devido ao fato de que quando a velocidade aumenta, o tempo de apoio do pé no solo diminui para aumentar o ritmo, reduzindo os valores de IMP dos sujeitos, visto que para análise do IMP é realizada uma integral dos valores de força e tempo, ou seja, aumentando o tempo de apoio ou a força, aumenta-se o IMP e vice-versa. Quando analisamos o IMP dos diferentes exercícios analisados, encontramos menores valores para o SA, DL e DF, e os maiores valores para CP, EP e EL. Estes resultados corroboram ao estudo de Zaffari (2012), visto que neste estudo também foram encontrados menores valores para os exercícios DF e SA e maiores valores de IMP para EP e CP. Outro estudo que obteve resultados semelhantes foi o de Finatto (2011), que encontrou os menores valores de IMP para o exercício DF e DL, semelhante à presente pesquisa.

Podemos observar que os diferentes exercícios acarretaram diferentes respostas de FRSv e IMP, e o que pode explicar isto são as possíveis diferenças devido às características dos exercícios, visto que os unipodais obtiveram maiores valores de FRSv e IMP do que os bipodais. Isto pode ser explicado devido ao fato de que os exercícios bipodais, como o SAL, SA e DL, apresentam uma maior fase de apoio e fase de voo com maior duração, que pode favorecer a execução da fase de voo e o amortecimento na aterrissagem, diferente dos exercícios unipodais, onde ocorre troca de membros inferiores direito e esquerdo, apoiando um pé de cada vez no chão.

6 CONCLUSÃO E APLICAÇÃO PRÁTICA

A partir dos resultados encontrados no presente estudo, conclui-se que diferentes exercícios de hidroginástica podem acarretar em diferentes respostas da FRSv, assim como a intensidade de execução (cadências) destes exercícios também pode alterar estes valores.

Quando estudamos o impulso, podemos concluir que os maiores valores são encontrados na cadência de 80 bpm, portanto, devemos levar em consideração que esta velocidade mais baixa acarretará em maiores valores de impulso, portanto o profissional deverá prestar atenção quando for realizar uma prescrição dos exercícios de hidroginástica, visto que a duração do estímulo também deve ser analisada.

Caso um profissional tenha como objetivo da aula minimizar a sobrecarga articular do indivíduo, sugere-se que sejam utilizados exercícios em cadências mais lentas, como a de 80 bpm, e de apoio bipodal, como os exercícios SA, SAL e DL. Deve-se evitar a utilização de exercícios que acarretam maiores valores de FRS, como por exemplo, o CH, CP e EP, que podem chegar em até 1,05 G do sujeito na intensidade de 120 bpm.

Uma possível progressão dos exercícios seria iniciando um treinamento com os que obtiveram menores resultados de FRSv (SAL,SA e DL), aumentando a intensidade para as cadências 100 ou 120 bpm, visto que não foram encontradas diferenças entre as duas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTON, C. L.; CADORE, E. L.; PINTO, S. S.; TARTARUGA, M. P. SILVA, E. M.; KRUEL, L. F. M. Cardiorespiratory, neuromuscular and kinematic responses to stationary running performed in water and on dry land. **Eur. J. Appl. Physiol.** 111(6): 1157-1166, 2011.

ALBERTON, C. L.; TARTARUGA M. P.; PINTO, S. S; CADORE, E.L; HABERLAND, A. A.; FINATTO, P; KRUEL, L. F. M. Vertical ground reaction force during water exercises performed at different intensities. **Int. J. Sports Med.** Oct;34(10):881-7. doi: 10.1055/s-0032-1331757, 2013.

BARELA A. M. F., DUARTE M. Biomechanical characteristics of elderly individuals walking on land and in water **J. Electromyogr. Kinesiol.**, 2006.

BRITO-FONTANA H, HAUPENTHAL A, RUSCHEL C, HUBERT M, RIDEHALGH C, ROESLER H. Effect of gender, cadence, and water immersion on ground reaction forces during stationary running. **J Orthop Sports Phys Ther**; 42:437-443, 2012.

CARNEIRO LC, MICHAELSEN SM, ROESLER H, HAUPENTHAL A, HUBERT M, MALLMANN E. Vertical reaction forces and kinematics of backward walking underwater. **Gait & Posture.** 35: 225–230, 2012.

FINATTO, P. Vertical ground reaction force responses to different water aerobic exercises performed in water and on dry land. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

FONTANA, H. B.; HAUPENTHAL A.; RUSCHEL, C.; HUBERT, M.; RIDEHALGH, C.; ROESLER, H. Effect of gender, cadence, and water immersion on ground reaction forces during stationary running. **J. Orthop. Sports. Phys. Ther.** 42(5): 445, 2012.

HARRISON R. A, HILLMAN M, BUSTRODE S. Loading of the lower limb when walking partially immersed: implications for clinical practice. **Physiotherapy.** 78:164–6, 1992.

HAUPENTHAL, A.; RUSCHEL, C.; HUBERT, M.; de BRITO-FONTANA, H.; ROESLER, H. Loading forces in shallow water running in two levels of immersion. **J. Rehabil. Med.** 42(7):664-669, 2010.

HAUPENTHAL A, FONTANA HB, RUSCHEL C, SANTOS DP, ROESLER H. Ground reaction forces in shallow water running are affected by immersion level, running speed and gender. *J Sci Med Sport.*; doi: 10.1016/j.jsams.2012.08.006, 2012.

KRUEL, L. F. M. Alterações Fisiológicas e biomecânicas em indivíduos praticando exercícios de hidroginástica dentro e fora da água. Educação Física. Santa Maria, Universidade de Santa Maria. **Doutorado em Ciências do Movimento:** 111f, 2000.

MIYOSHI T., SHIROTA T., YAMAMOTO S., NAKAZAWA K., AKAI M. Effect of the walking speed to the lower limb joint angular displacements, joint moments and ground reaction forces during walking in water. **Disabil Rehabil.** 26:724–32, 2004.

NAKAZAWA K., YANO H., MIYASHITA M. Ground reaction forces during walking in water. **Med Sport Sci.** 39:28–34, 1994.

PINTO, S. S.; CADORE E. L.; ALBERTON, C. L.; SILVA, E. M.; KANITZ, A. C.; TARTARUGA, M. P.; KRUEL, L. F. M. Cardiorespiratory and neuromuscular responses during water aerobics exercise performed with and without equipment. **Int. J. Sports Med.** 32(12): 916-923, 2011.

ZAFFARI, P. Respostas cardiorrespiratórias e de força de reação do solo de diferentes exercícios de hidroginástica realizados por mulheres pós-menopáusicas. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

ANEXOS

ANEXO A

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

FICHA DE COLETA DE DADOS DE FRSv

Nome: _____ **Sessão:** _____

Data: _____ **Idade:** _____ **Peso corporal:** _____ **Estatura:** _____

Peso hidrostático: _____

Ordem dos exercícios:

1º _____

2º _____

3º _____

Ordem das cadências:

1ª _____

2ª _____

3ª _____

Observações:

ANEXO B

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, portador do documento de identidade número _____, concordo voluntariamente em participar do estudo “RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS E DE FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO DE DIFERENTES EXERCÍCIOS DE HIDROGINÁSTICA REALIZADOS POR MULHERES JOVENS E PÓS-MENOPÁUSICAS”.

Declaro estar ciente de que o estudo será desenvolvido pelo Professor Doutor Luiz Fernando Martins Krueel da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com o objetivo de analisar as respostas de força de impacto de diferentes exercícios de hidroginástica, executados por mulheres jovens. Estou ciente de que as informações obtidas no decorrer deste trabalho serão utilizadas para a elaboração da pesquisa dos referidos autores, e que todas informações utilizadas deverão manter sigilo dos indivíduos avaliados.

Eu, por meio deste, autorizo Luiz Fernando Martins Krueel e bolsistas de iniciação científica a realizar os seguintes procedimentos:

1. Fazer-me medidas corporais;
2. Aplicar-me três sessões de testes no meio aquático, com a execução de nove exercícios de hidroginástica em diferentes cadências, sobre uma plataforma de força para a mensuração das forças de impacto e respostas cardiorrespiratórias.

Eu entendo que, durante a investigação:

- a. Os procedimentos expostos acima serão explicados para mim por Luiz Fernando Martins Krueel e/ou seus bolsistas de iniciação científica;
- b. Eu entendo que Luiz Fernando Martins Krueel e/ou seus bolsistas de iniciação científica irão responder qualquer dúvida que eu tenha em qualquer momento relativo a esses procedimentos;
- c. Estão envolvidos riscos de desconfortos, tais como dor e cansaço muscular temporários;

- d. Todos os dados relativos a minha pessoa serão confidenciais e disponíveis apenas sob minha solicitação restrita. Além disso, eu entendo que no momento da publicação, não será feita associação entre os dados publicados e a minha pessoa;
- e. Não há compensação financeira pela minha participação neste estudo;
- f. Posso fazer contato com o orientador do estudo Professor Luiz Fernando Martins Krueel e seus bolsistas de iniciação científica, para quaisquer problemas referentes a minha participação no estudo ou se eu sentir que há uma violação dos meus direitos através do telefone (051) 3308-5820 e do email krueel@esef.ufrgs.br . Além disso, posso entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo telefone (051) 3308-3629;
- g. Em qualquer instante durante os testes, eu tenho o direito de me recusar a prosseguir com os mesmos;
- h. Todos os procedimentos a que serei submetido serão conduzidos por profissionais, professores ou bolsista com experiência prévia em todos os procedimentos;
- i. Caso ocorra alguma lesão ou emergência em decorrência dos testes, eu serei assistida pelos pesquisadores Luiz Fernando Martins Krueel, e/ou seus bolsistas de iniciação científica, que tem uma linha telefônica e um carro disponíveis para qualquer eventualidade e todo o atendimento necessário será providenciado.

Porto Alegre ____ de _____ de 20__.

Nome em letra de forma: _____.

Assinatura: _____.