

UNESP UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

PAULO JOSÉ MORAES DE PAULA SANTOS

**ANÁLISE BIOMECÂNICA DO CHUTE FRONTAL DE KARATÊ:
IMPLICAÇÕES EM LESÕES NOS MEMBROS INFERIORES**

Guaratinguetá

2015

PAULO JOSÉ MORAES DE PAULA SANTOS

ANÁLISE BIOMECÂNICA DO CHUTE FRONTAL DE KARATÊ: IMPLICAÇÕES EM
LESÕES NOS MEMBROS INFERIORES

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica área de projetos.

Orientador: Prof. Dr. Tamotsu Hirata

Co-orientador: Prof.Dr. Marcelo Sampaio
Martins.

Guaratinguetá

2015

Santos, Paulo José Moraes de Paula
S237a Análise biomecânica do chute frontal de karatê:
implicações em lesões nos membros inferiores / Paulo José M.
de P. Santos. – Guaratinguetá, 2015
75 f. : il.
Bibliografia: f. 69-72

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015
Orientador: Prof. Dr. Tamotsu Hirata
Co-orientador: Prof. Dr. Marcelo Sampaio Martins

1. Biomecânica 2. Karatê I. Título

CDU 612.766

PAULO JOSÉ MORAES DE PAULA SANTOS

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
"MESTRE EM CIÊNCIAS"

PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA
ÁREA: PROJETOS

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO


Prof. Dr. Edson Cocchieri Botelho
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. TAMOTSU HIRATA
Orientador UNESP/FEG


Prof. Dr. JOSÉ GERALDO BRANDÃO
UNESP/FEG


Prof. Dr. FABIANO POLITTI
UNINOVE

Febrero de 2015

DADOS CURRICULARES

PAULO JOSÉ MORAES DE PAULA SANTOS

NASCIMENTO 05.01.1990 – SÃO PAULO/SP

FILIAÇÃO Reinaldo José Tavares de Paula Santos
Rosângela Moraes Pinto

2009/2012 Curso de Graduação
Escola Superior de Cruzeiro (ESC)

2013/2015 Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica,
nível de Mestrado, na Faculdade de Engenharia do
Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual
Paulista.

A todos os amigos e mestres que me acompanham nesta jornada de conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais por me darem a chance de continuar meu aprendizado e por me apoiarem nesta decisão.

Ao meu orientador, *Prof. Dr. Tamotsu Hirata*, que é um homem humilde e um exemplo para aqueles que realmente desejam seguir o caminho da sabedoria, não somente acadêmica, mas também de vida.

Ao meu Co-orientador, *Prof. Dr. Marcelo Sampaio*, que sempre foi atencioso para com a pesquisa e totalmente participativo na execução do trabalho onde juntos novos aprendizados foram conquistados.

Aos professores da instituição, que passaram pela minha formação, José Elias Tomazini, Mauro Hugo, José Geraldo Trani Brandão e Guillaume Thomann, pelas contribuições, cada um à sua maneira, que culminaram em um melhor desenvolvimento da pesquisa.

A todos os funcionários da FEG/UNESP, especialmente para a secretária da Pós-graduação pela grande atenção para com os alunos.

A toda “turma” dos laboratórios de Biomecânica e Mecânica, Tupi, Miguel e João Bernini, que são grandes amigos; sem os mesmos este trabalho nunca teria acontecido.

Aos “*karate guys*” pelo elo de amizade inexorável que se formou: com certeza irá perdurar para o resto de nossas vidas.

Ao meu Mestre, *Sensei Cícero*, que me mostrou o caminho para o aprendizado do Karate em todas as suas possibilidades.

À turma de Física noturna, onde encontrei ótimos colegas, em especial, o casal mais completo da sala, Vitor e Gabriela, e os grandes amigos Guilherme, Rodrigo, Nilce, Juana e Vanessa.

E por fim agradeço a mulher que surgiu do inesperado, sendo autêntica, atrasada e meiga deixando sempre uma vontade de quero mais: “Não há nada mais importante que a mulher, o resto é bobagem.”

“Que homem é o homem que não torna o mundo um lugar melhor?

UM FERREIRO.

Este trabalho contou com apoio da:

- CAPES – através da bolsa CAPES DS pelo programa de Demanda Social.

SANTOS, P, J, M, P. **Análise Biomecânica do chute frontal de Karatê: implicação em lesões nos membros inferiores.** 2015. 75f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

RESUMO

O karatê é uma modalidade esportiva ainda em ascensão. Neste estudo, a implicação do golpe de karate foi avaliada utilizando princípios biomecânicos. Um dos intuitos é ajudar na epidemiologia das lesões nos esportes e, no karatê, o chute frontal é um dos golpes mais utilizados, sendo, ao mesmo tempo, os membros inferiores os locais mais acometidos por injúrias. O objetivo desta pesquisa foi correlacionar o pico de aceleração do movimento e suas implicações para a lesão nos membros inferiores dentro do karatê, além de verificar a atuação da musculatura do Reto Femoral durante a execução do golpe. Este trabalho estuda a técnica do chute frontal *Mae Geri*, por meio da Cinemetria, da Eletromiografia e dos dados do pico de aceleração do golpe. A coleta em laboratório foi realizada com 8 atletas, sendo 7 do sexo masculino e 1 do sexo feminino. Cada praticante realizou 10 sendo 5 em posição estática e 5 em posição dinâmica. A aceleração foi verificada por um acelerômetro acoplado a uma chapa de aço protegida, fixada em uma estrutura metálica, ajustada à altura do atleta. Os resultados obtidos foram comparados com os dados existentes na literatura sobre a relação entre o pico de aceleração e o modo pelo qual as lesões ocorrem. Assim, a presente pesquisa verificou que o chute frontal estudado desenvolve uma grande aceleração, sendo esta não obrigatoriamente ligada à massa do sujeito, podendo ser lesiva aos praticantes da modalidade, além disso, os valores de RMS obtidos através da análise eletromiografica do Reto Femoral apontam que não necessariamente o chute que mais requisita a musculatura é aquele que ira desenvolver uma maior aceleração.

PALAVRAS – CHAVE: Karatê, Biomecânica, Lesão, Aceleração, Chute Frontal.

SANTOS, P, J, M, P. **Biomechanical Analysis of the front kick Karate: implication in lower limb injuries**. 2015. 75f. Master Thesis (Master in Mechanical Engineering) - College of Guaratinguetá Campus Engineering, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

ABSTRACT

Karate is a sport still on the rise. In this study, the implication of karate blow was evaluated using biomechanical principles. One of the purposes is to help in the epidemiology of injuries in sports and in karate, the front kick is one of the most used strokes, while at the same time, the legs were the most affected sites due to injuries. The aim of this study was to correlate the peak acceleration of the movement and its implications for the injury in the lower limbs in karate and to verify the performance of the Straight femoral muscles during blow execution. This work studies the technical front kick Mae Geri, through the kinematics of Electromyography and data peak Bang acceleration. The collection was carried out in the laboratory with 8 athletes, 7 males and 1 female. Each practitioner held 10 and 5 in a static position and 5 in dynamic position. The acceleration was detected by an accelerometer coupled to a protected steel plate fixed to a metal frame adjusted to the athlete's height. The results were compared with data in the literature on the relationship between peak acceleration and the way that injuries occur. Thus, the present study found that the front kick studied develops a great acceleration, which is not necessarily linked to the weight of the subject, and may be detrimental to practitioners of the embodiment, moreover, the RMS values obtained by analysis of the electromyographic Straight femoral link not necessarily the most kick that orders the muscle is one that will develop greater acceleration.

KEYWORDS: Karate, Biomechanics, Injury, Acceleration, Front Kick.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Demonstração do chute frontal <i>Mae geri</i>	32
Figura 2 - Representação do músculo Reto Femoral.....	33
Figura 3 - Representação do músculo Gastrocnêmio Médio.....	34
Figura 4 - Condicionador utilizado para EMGS.....	41
Figura 5- Eletrodos de superfície utilizados.	41
Figura 6 - Placa de aço já revestida com EVA.	42
Figura 7- Condicionador Quantum MX410	43
Figura 8 - Câmera para captação da aproximação do chute	44
Figura 9 - Esquema representativo da aquisição de dados	44
Figura 10 - Fundo adaptado no Laboratório de Mecânica.....	45
Figura 11 - Bancada para computadores	46
Figura 12 - Atleta com eletrodos fixos no músculo reto femoral e com marcadores nas articulações	47
Figura 13 - Postura estática do chute frontal em posição de repouso.....	48
Figura 14 - Postura dinâmica do chute frontal com os membros inferiores em movimento	48
Figura 15 - Exemplo do sinal verificado..	49
Figura 16 - Sinal janelado.....	50
Figura 17 - fase inicial do chute	51
Figura 18 - Fase final do chute	51
Figura 19 - Exemplo do pico de contração muscular, chute estático.	52
Figura 20 - Exemplo do pico de contração muscular, chute dinâmico.....	52
Figura 21 - Exemplo da queda do sinal	56
Figura 22 - Boneco híbrido 3.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados de picos de aceleração e tempo de execução.	54
Tabela 2 - Resultados da eletromiografia no músculo reto femoral da perna de chute.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

B&K – *Brüel&Kjaer*

CBKT - Confederação Brasileira de Karatê

EMG – Eletromiografia

EMGS – Eletromiografia de superfície

FAPI – Faculdade de Pindamonhangaba

FPKT - Federação Paulista de Karatê Tradicional

ISEK - *International Society Electrophysiology Kinesiology*

LD – Lesão desportiva

MMII – Membros inferiores

SBB – Sociedade Brasileira de Biomecânica

SENIAM - *Surface EMG for a Non-invasive Assesment of Muscle*

SPSS - *Statistical Package for the Social Sciences*

UNESP – Universidade Estadual Paulista

WFK – Federação Mundial de Karatê

LISTA DE SÍMBOLOS

g – aceleração gravitacional (m/s²)

s – segundos

fps – *frames per second*

mV/V – milivolt por volt

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 Objetivos.....	20
2 REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 Breve histórico da Biomecânica	21
2.1.1 Algumas Aplicações para a Biomecânica	21
2.1.2 Biomecânica dos esportes.....	22
2.1.3 Biomecânica preventiva	22
2.2 Origem do Karate-dô	23
2.2.1 Karatê no Brasil como modalidade esportiva.....	25
2.3 Saúde pública e lesão músculo esquelética	25
2.4 Lesão Esportiva	26
2.4.1 Lesões no Karate-dô	29
2.5 Técnica do Chute frontal Mae geri	31
2.6 Musculatura dos Membros Inferiores.....	33
2.6.1 Reto Femoral	33
2.6.2 Gastrocnêmio Médio	34
2.7 Instrumentação da Biomecânica.....	35
2.7.1 Eletromiografia.....	35
2.7.2 Antropometria.....	36
2.7.3 Cinemetria	37
2.7.4 Dinamometria	38
3 METODOLOGIA	40
3.1 Amostra	40
3.2 Instrumentos	40
3.2.1 Eletromiógrafo.....	40
3.2.2 Acelerômetro	42
3.2.3 Câmeras digitais	43
3.3 Procedimentos	45
3.3.1 Preparação dos voluntários.....	46
3.3.2 Coleta dos dados.....	47
3.3.3 Aquisição e tratamento dos dados	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54

4.1 Apresentação dos dados	54
4.2 sobre pico de aceleração e o estudo nas artes marciais	56
4.2.1 Impacto e a lesão esportiva.....	58
4.2.2 RMS e pico de aceleração	64
4.3 Interferências do Educador físico no atual quadro de lesão no karate	65
4.4 Sugestões de continuidade.....	67
5 CONCLUSÃO.....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXO A.....	73
ANEXO B.....	74
ANEXO C.....	75

1 INTRODUÇÃO

O esporte contemporâneo, atualmente, é um dos acontecimentos mais estudados na sociedade pelos pesquisadores das mais diversas áreas como Medicina, Fisioterapia, Educação Física e Engenharia, que se unem para compreender melhor tal fenômeno que mobiliza milhões de pessoas em eventos de magnitude mundial.

Dentre as inúmeras áreas de estudo supracitada, encontra-se a Biomecânica, uma linha de pesquisa multidisciplinar que visa entender o modo pelo qual acontece o fenômeno do movimento humano, utilizando, como viés principal, as leis da física (HALL, 2003).

Além disso, a Biomecânica une também as bases biológicas, fisiológicas e anatômicas humana em conjunto com a matemática e a física, criando, assim, possibilidades maiores de compreensão no que tange o aparelho locomotor humano.

... A Biomecânica ainda utiliza-se dos conhecimentos da Anatomias da Fisiologia, disciplinas que delimitam as características estruturais e funcionais do aparelho locomotor humano. Configura-se desta forma, uma disciplina com forte característica multidisciplinar, cuja meta central é a análise dos parâmetros físicos do movimento, em função das características anatômicas e fisiológicas do corpo humano (AMADIO; SERRÃO, 2011, p. 16).

As aplicações dos estudos biomecânicos possuem os mais diversos objetivos, partindo do conhecimento geral sobre o corpo humano, passando por fins de desempenho esportivo e alcançando até mesmo resultados medicinais. Souza (2002), por exemplo, afirma que os avanços nos estudos da Biomecânica já possibilitam a criação de próteses para segmentos danificados do corpo de um indivíduo.

Outro ponto que se destaca nos estudos biomecânicos está em sua base na contribuição da prevenção de lesões que o movimento humano pode gerar. No contexto da Biomecânica, lesão é definida como o dano causado por traumatismo físico sofrido pelos tecidos do corpo (WHITING; ZERNICKE, 2001).

Na prática esportiva, o número de lesões é demasiado, tanto no campo de alto desempenho, quanto no esporte recreativo que visa a qualidade de vida, produzindo demanda de estudos que buscam compreender o motivo para tantas lesões (CAINE; MAFULLI; CAINE, 2008; RESTROM; LYNCH, 1999; SOUZA *et al.* 2006), porém, muitas vezes, as diversas pesquisas que seguem esta linha excluem, de certo modo, outras modalidades esportivas de menor foco, como, por exemplo, o Karate-dô, modalidade que ainda não está presente nos jogos olímpicos (COMITÊ OLÍMPICO BRASILEIRO, 2013), mas que apresenta problemas graves relacionados à lesão quanto qualquer outra modalidade de luta, ou

esporte, onde o contato físico é essencial para que se atinja o objetivo; nesse sentido, encontra-se a pesquisa realizada por McLathie (1976) que, em seu estudo, buscou compreender melhor que tipos de danos físicos ocorriam aos lutadores durante as competições do Karate-dô.

Com a evolução das pesquisas, mais dados foram sendo coletados e analisados, permitindo uma visão mais ampla sobre a problemática relacionado às lesões. No trabalho de Yard *et al.* (2007), foi realizado um levantamento do número de pacientes infantis e adolescentes que deram entrada em hospitais nos Estados Unidos nos anos de 1990 a 2003 devido a lesões provenientes de artes marciais. Foi constatado que o maior número de lesionados foram os praticantes da modalidade do Karate-dô, e que a região mais acometida pelas lesões foram os membros inferiores (MMII). De acordo com os autores, os locais das lesões estão, primeiramente, relacionados à área atingida pelos golpes e, segundo, pela utilização inadequada das pernas como ferramenta técnica para se golpear o adversário, produzindo um movimento deficiente e, conseqüentemente, lesivo.

Outros estudos indicam também que algumas lesões no Karate-dô são severas e deixam sequelas permanentes em locais como a cabeça, rosto e pescoço, que são pontos sensíveis ao impacto, e que podem gerar traumas graves, inclusive em atletas de alto rendimento, como concussões cerebral, contusão na face e luxação temporomandibular (OLIVEIRA; VIEIRA; VALENÇA, 2011).

Ainda, soma-se ao risco de propensão à lesão no Karatê-do a falta de regulamentação minuciosa sobre os equipamentos de proteção obrigatórios aos atletas no momento do combate. Lennard e Crabtree (2005), em sua obra discutem os métodos de prevenção de lesões durante o combate, evidenciando a necessidade de um vestuário que promova uma maior proteção ao indivíduo, como o equipamento já utilizado no Tae kwon do, devidamente padronizado e exigido nas competições de alto nível.

Entre os inúmeros motivos que influenciam no surgimento das lesões, evidencia-se o impacto que, conceitualmente, é uma simples colisão de uma massa em movimento com outra que pode ou não estar em movimento (HARRIS; CREDE, 1976). Quando aplicado a uma modalidade de luta, onde dois atletas utilizam de técnicas que buscam a contusão, fica claro que o impacto é um fator determinante para uma possível lesão durante o evento esportivo.

Em anatomia humana, sabe-se que os membros inferiores são constituídos por um agrupamento muscular capaz de gerar uma enorme potência (WHITING; ZERNICKE, 2001), fator que faz com que a força gerada por uma técnica que utilize as pernas seja muito grande, e, conseqüentemente, um pico máximo do impacto também muito grande; talvez por isso que

os atletas da modalidade utilizem tanto das técnicas de perna, principalmente do chute frontal, visando finalizar o combate de maneira rápida e eficiente.

No entanto é possível que o uso excessivo do golpe seja o responsável pelo alto número de lesões da modalidade, deixando evidente a necessidade de novas pesquisas que investiguem as causas do alto número de lesões no Karate-dô.

Assim, neste contexto, a presente pesquisa se justifica como forma de prover uma melhor compreensão do modo como os mecanismos lesivos dentro da modalidade podem ocorrer, podendo, deste modo, orientar futuros atletas à prática preventiva do Karate-dô, e, ainda, para os profissionais da área, fornecer um compilado de informações que possam auxiliar nos seus treinamentos, buscando a profilaxia e a integridade dos seus alunos.

Portanto, o presente trabalho se fundamenta sobre essa premissa e busca levantar dados que tentem responder aos questionamentos apresentados.

1.1 OBJETIVOS

Objetivo Geral:

Analisar o movimento de Chute frontal do Karatê-dô em duas situações, estático e dinâmico, e verificar o pico de aceleração advindo da técnica, objetivando o melhor entendimento no que tange às lesões esportivas nos membros inferiores.

Objetivos Específicos:

- Realizar mensurações de grandezas dinâmicas (aceleração), da execução chute frontal;
- Verificar pico de aceleração dos golpes.
- Coletar atividade muscular no Reto femoral durante a realização do chute.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Breve histórico da Biomecânica

O constante estudo para a compreensão do movimento humano não é um fenômeno atual, e, Aristóteles, por exemplo, já se questionava sobre o funcionamento da estrutura humana apenas por reflexão. Outro pesquisador, Galeno, que é considerado o primeiro médico voltado ao esporte, realizava seu trabalho por meio da análise do movimento e acompanhamento dos gladiadores durante as peijas no período Romano (PETEEFEUSP, 2009).

Muitos outros pesquisadores foram surgindo e nomes como Leonardo da Vinci e Galileu deram sua parcela de contribuição na área do estudo humano. No entanto, segundo Souza (2002), foi somente após a segunda guerra mundial que a Biomecânica passou a ter uma atenção maior como linha de estudo, tendo ocorrido em 1967 o primeiro Seminário Internacional em Biomecânica, evento realizado em Zurique, já com o apoio da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO).

No Brasil, a consolidação do estudo do movimento humano é mais recente, onde, por meio da união com a Alemanha em 1976, os professores estrangeiros vieram lecionar nas Universidades Brasileiras de Educação Física, iniciando então as primeiras pesquisas nacionais na área (AMADIO; SERRÃO, 2011).

Com a nova gama de pesquisas sendo produzidas, foi realizado em 1989 o I Encontro Nacional de Docentes de Cinesiologia e Biomecânica e, em 1992, foi criada a Sociedade Brasileira de Biomecânica (SBB) (AMADIO; SERRÃO, 2011).

Atualmente, o estudo da motricidade humana não é exclusividade da Educação Física, tendo outros campos da Ciência demonstrado interesse nesta linha de pesquisa, fator que diversificou os objetivos de estudo, gerando, assim, uma alta produção de conhecimento no campo da Biomecânica, tornando-a, em consequência, interdisciplinar e ampliando ainda mais as suas possibilidades de aplicação.

2.1.1 Algumas Aplicações para a Biomecânica.

Existem diversas definições para a Biomecânica, porém, grande parte delas concordam ao afirmar que o seu objeto de estudo é composto por pesquisas interdisciplinares que buscam analisar, descrever, quantificar e qualificar o movimento, seja ele humano ou animal, levando-

se em consideração as propriedades biológicas, fisiológicas, anatômicas e as forças que atuam sobre um corpo, sejam elas de origem interna, ação muscular, ou externa (AMADIO *et al.* 1999; CARR, 1998; COSTA *et al.* 2012; HAMILL; KNUTZEN, 1999).

A partir deste pressuposto, a Biomecânica passou a possuir vários enfoques de estudo, criando, desta maneira, linhas de pesquisa que, segundo Santos e Guimarães (2002), se distribuem, principalmente, em Biomecânica dos esportes, a antropométrica e a Biomecânica preventiva, que trata sobre o estudo das lesões musculoesqueléticas.

2.1.2 Biomecânica dos esportes.

O Esporte é fenômeno sócio-cultural que atinge toda a população mundial devido a grandeza de eventos como as Olimpíadas, a Copa do Mundo e os Jogos Mundiais. Por meio desses eventos é possível perceber o mais alto envolvimento da Ciência com as modalidades Esportivas, uma vez que os atletas passam por uma rigorosa preparação que objetiva o melhor desempenho possível.

Uma das áreas de pesquisa que contribui com este fato é a Biomecânica esportiva, que, por meio dos conhecimentos da Mecânica, auxilia na melhoria da técnica de uma atleta.

... Todos os atletas de nível mundial, não importa o esporte, utilizam técnica superior, baseada no melhor uso dos princípios mecânicos que controlam o movimento humano. Porém, é importante lembrar que os movimentos refinados e elaborados que você vê na técnica de um atleta de elite, raramente, ocorrem por acaso. Da mesma forma, é praticamente impossível para um atleta alcançar um nível mundial sem a assistência de alguém que saiba por que é melhor desempenhar os movimentos em uma habilidade esportiva de uma forma ou de outra (CARR, 1998, p. 5).

Deste modo, fica clara a influência da Biomecânica no âmbito esportivo, onde o auxílio aos atletas de alto rendimento com a função de maximizar seus resultados é o objetivo.

2.1.3 Biomecânica preventiva.

A Biomecânica possui também função de promover a qualidade de vida com estudos que buscam compreender, por exemplo, as melhores possibilidades corporais espaciais e de deslocamento a fim de amenizar possíveis problemas advindos da sobrecarga mecânica gerada pela movimentação do corpo (AMADIO; SERRÃO, 2011).

Além disso, as lesões geradas pelo o impacto produzidos por cargas, sejam elas oriundas de atividades diárias, laborais ou esportivas, também são analisadas pelos estudiosos

da Biomecânica. Hall (2003) aponta a união da Medicina com o esporte, buscando entender melhor de que maneira as lesões esportivas ocorrem e como pode ser possível preveni-las.

Diante dessa situação, a modalidade de luta Karate-dô, pelo fato de ainda, em muitos países, inclusive no Brasil, ser um esporte amador, recebe pouca atenção e pouco são os trabalhos científicos que envolvem o tema, porém muitas são as questões levantadas ao longo da prática dessa modalidade.

2.2 Origem do Karate-dô.

O desenvolvimento das lutas surgiu da necessidade do homem de se defender. Atividades como caçar, defesa territorial, e até mesmo defesa contra animais selvagens fez com que o ser humano passasse a buscar métodos de proteção para sua sobrevivência, cada qual referente ao tipo de cultura e à população que a desenvolvia (MOREIRA, 2003).

Segundo Natali (1981), com a evolução das civilizações e início do arquivamento de dados históricos, é possível saber que o primeiro estilo de luta reconhecido e padronizado é o Vajramushti, que era ensinado somente a realeza Indiana, trabalhava o preparo físico e também atribuía valores espirituais e cognitivos durante os treinamentos.

Com o passar dos séculos, mais precisamente no ano 525 d.C., um sábio indiano conhecido como Bodhidharma (Daruma no Japão), que realizava peregrinações pelo território onde hoje é a China, se estabeleceu no templo Shaolin, onde passou a conviver com os monges (BREDA et al. 2010). Foi durante esse período de convivência que, de acordo com Lima (2000), Bodhidharma percebeu a indisponibilidade física dos monges, já que os mesmos passavam muitas horas sentados e de pernas cruzadas, realizando meditações, não utilizando de nenhuma atividade que objetivasse o desenvolvimento saudável do corpo humano. Assim, Bodhidharma que era um especialista em Vajramushti, introduziu as técnicas da luta aos monges que, após o aprendizado, passaram a organizar a sua rotina com base nos ensinamentos.

Os seguidores de Daruma, eram fisicamente despreparados para os rigores do treinamento que ele exigia: assim, depois de muitos caírem em exaustão, ele lhes ordenava que comessem já na manhã seguinte, a treinar seus corpos de modo que suas mentes e corações se dispusessem a aceitar e seguir o caminho do Buda (FUNAKOSHI, 1975, p. 49).

A partir deste ponto, a prática da luta fez parte do cotidiano dos monges, e a consequente evolução dessas técnicas deu origem ao conhecido estilo do Kung Fu, que, posteriormente, teve influência na criação do Karate-dô.

A criação do Karatê-dô se deu no final do século XIX, na ilha de Okinawa, território nipônico; como o Japão mantinha intenso comércio com a China por meio das vias marítimas, a troca de cultura ocorria naturalmente. Breda *et al.* (2010) afirma que os japoneses passaram a se interessar pela estilo de luta do Kung Fu e iniciaram seus aprendizados, porém, as técnicas eram passadas por vários grupos, o que deu origem à criação de diversos estilos da arte, entre eles o Okinawa-te (mãos de Okinawa).

Ginchin Funakoshi, ainda quando criança foi apresentado ao Okinawa-te pelo Mestre Azato, logo demonstrando grande aptidão e interesse pela arte marcial. Assim, realizou diversos estudos da técnica de combate, além de introduzir à luta o caráter Zen, que se resume à busca do equilíbrio espiritual, físico e cognitivo, permitindo que o praticante atinja um estado de paz, elevando sua qualidade de vida (FUNAKOSHI, 1975). A principal mudança ocorrida foi a criação de metodologia de treinamento que facilitou o aprendizado e transformou a prática em uma atividade mais interessante. Foram criadas então três etapas:

KIHON: são os fundamentos da técnica do karate-dô, os movimentos são treinados um de cada vez e cada atleta realiza esta atividade individualmente, existindo a variação realizando o movimento junto ao colega, servindo como alvo para o golpe (NATALI, 1981).

KATA: é uma sequência com movimentos pré-determinados com início e fim também já determinados; possuem nomes e também são realizados como forma de competição, onde o atleta que melhor executar a série vence, além de engrandecer o sujeito que o pratica.

... O kata pode trabalhar muito bem a concentração e o controle respiratório de quem o executa e enche os olhos de quem o assiste, dado a sua graça, beleza e leveza, sendo este conjunto de possibilidades o fator de este poder ser praticado por crianças, adolescentes adultos e idosos. Adicionamos a isto, a versatilidade de treiná-lo em diferentes ambientes, de forma a repente, poder melhorar as ações motoras dos alunos, com maior motivação (MOREIRA, 2003, p.15).

KUMITÊ: é o combate realizado entre dois atletas no intuito de desenvolver as habilidades de combate, além de ser a forma esportiva mais disputada pelos atletas, com competições que atingem um nível mundial.

Deste modo, com todas essas características, criou-se um estilo próprio de luta que perdura até os tempos atuais, conhecido hoje como Karate – dô Shotokan. Com a vinda deste

método de luta para o ocidente, acabou ganhando conotações esportivas e hoje é praticado no mundo todo, sendo uma modalidade ascendente com representações também aqui no Brasil.

2.2.1 Karatê no Brasil como modalidade esportiva.

Assim como o Judô, o Karatê-do foi conhecido pelos brasileiros a partir da chegada dos imigrantes Japoneses, no início do século XX, ganhando destaque nacional apenas na década de cinquenta. Desde então, o Karatê-do adquiriu destaque no Brasil, sendo hoje representado por diversas federações divididas pelos Estados brasileiros.

O Karatê-do possui diversas competições nacionais e internacionais provando ser uma modalidade reconhecida e com prática expressiva, porém ainda pouco estudada. Souza (2002) aponta que apesar do destaque que o Karatê-do recebe como esporte, o mesmo ainda não recebe a devida atenção quando relacionado às pesquisas científicas. Quando estudado, o Karatê-do produz muitos questionamentos, como, por exemplo, os relacionados ao modo como a mecânica dos golpes acontecem e a causa do surgimento das lesões, frequentes em modalidades que visam o contato físico.

2.3 Saúde pública e lesão músculo esquelética.

Existem diversos fatores que indicam a saúde como um fator contribuinte para a qualidade de vida do ser humano e, segundo Rouquayrol e Almeida filho (2003), mensurar continuamente a situação da saúde de uma população é necessário, pois, por meio do levantamento de dados, fica possível a elaboração de políticas públicas que sejam eficazes no combate de novas doenças.

Deste modo, a epidemiologia entra como fator contribuinte, sendo o eixo da saúde pública, uma vez que proporciona as ferramentas necessárias para o descobrimento da aparição de novas enfermidades, além de ter a função de estudar analiticamente os dados provenientes, por exemplo, dos casos de mortalidade em função de uma patologia ou doença, a fim de ser traçado um perfil da doença, contribuindo para o desenvolvimento das melhores opções de tratamento (ROUQUAYROL; ALMEIDA FILHO, 2003).

Assim, do mesmo modo que as doenças cardíacas e até mesmo o câncer, as lesões também são caso de saúde pública. Só nos Estados Unidos, de acordo com os pesquisadores

Whiting e Zernicke (2001), mais de 8 milhões de pessoas morrem em decorrência de lesões graves e mais de 435 bilhões de dólares são gastos, em atendimentos realizados em hospitais.

É alarmante a indicação desses números, tornando perceptível que a população, de um modo geral, sofre devido às ocorrências de lesões, sejam elas advindas de casos simples ou até mesmo de casos mais graves, onde há o óbito.

Portanto, as lesões estão presentes no cotidiano da população e pode-se ilustrar o caso indicando os números de acidentes que ocorrem durante um dia de trabalho, seja por esforço repetitivo ou por outro fato isolado. Chaffin, Andersson e Martin (1999) relatam que em 1990 haviam 1,8 milhões de trabalhadores afastados devido às lesões ocorridas durante as tarefas ocupacionais e que a maior parte dessas lesões se concentravam na região da coluna lombar, devido à dor aguda. Considera-se que esse fator lesivo não acarreta em prejuízo somente para as empresas, mas também que seja, principalmente, um desrespeito com o trabalhador que dedicou a sua força motriz ao desempenhar uma tarefa exaustiva que gerou dor e infelicidade, uma vez que, atualmente, já é possível ser encontradas medidas que busquem solucionar essa problemática.

Assim, devido às recorrentes reclamações ocupacionais, ao absenteísmo e ao afastamento dos funcionários dos seus postos de trabalho devido à lesão, surgiu a Ergonomia, uma ciência multidisciplinar na qual se estuda a interação do ser humano com o ambiente de trabalho, analisando suas tarefas ocupacionais na busca de meios profiláticos que minimizem os impactos sofridos pelo corpo devido às práticas no trabalho (TORRES, 2004).

Apesar de vários esforços para a diminuição da ocorrência de lesões ocorridas no cotidiano, muitas vezes outras práticas elevam os riscos da sua aparição, destacando-se, entre elas, as modalidades esportivas que, quando realizadas de maneira incorreta e displicente, não beneficiam a saúde do indivíduo que a pratica.

2.4 Lesão Esportiva

Nos tempos atuais é comum aos profissionais da área da saúde o reconhecimento da real necessidade da ciência em sua prática profissional; Educadores físicos e Fisioterapeutas buscam compreender melhor os movimentos humanos visando melhorar o desempenho profissional, promovendo, ao atleta ou paciente, melhoras significativas em relação aos seus objetivos. Diante do aumento desses estudos, um tópico exclusivo surgiu, o da lesão esportiva (LE), que é definida como:

Em conceito amplo, a LD pode ser definida como qualquer queixa física ocorrida durante treinamento e/ou competição, sendo necessária atenção médica e que resultam na restrição da participação do atleta por no mínimo um dia após a lesão. De maneira mais específica, LD é definida como qualquer dor ou afecção musculoesquelética resultante de treinamentos e/ou competições desportivas e que foi suficiente para causar alterações no treinamento normal, seja na forma, duração, intensidade ou frequência (VANDERLEI, 2011, p. 33).

Em ambas as definições, é perceptível que a LD exerce sobre o sujeito algum nível de desconforto, alterando a prática de algo que poderia ser saudável em uma atividade dolorosa e insatisfatória.

Diversos aspectos contribuem para o surgimento da lesão no esporte, incluindo o próprio aumento no número de novos praticantes; Vanderlei (2011) indica que entre 35 e 45 milhões de crianças e adolescentes estão treinando alguma modalidade esportiva, salientando-se que essa prática promove diversas mudanças positivas no desenvolvimento físico, percepção motora, desenvolvimento do reflexo, etc., em conjunto, no entanto, com uma maior incidência no número de lesões (TORRES, 2004).

É importante ser compreendido que a LD não é exclusiva aos atletas de alta performance, ocorrendo também em pessoas que realizam uma prática esportiva recreativa de modo inadequado e sem as devidas considerações de segurança contra as lesões. Torres (2004) afirma que a LD atinge toda a parcela da população praticante de uma modalidade esportiva, que, muitas vezes, a realiza sem orientação, resultando em um aumento da incidência de lesão desportiva, mesmo em ambientes como escola, clubes e outras localidades se pratica de forma recreativa o esporte.

Além desses fatos supracitados, é sabido que o esporte de alto nível e rendimento não possui nenhuma relação com a promoção da qualidade de vida, uma vez que a sobrecarga de treinamento aplicada ao atleta é, muitas vezes, nociva ao seu corpo, gerando desgastes articulares e musculares, além de outros fatores como stress e problemas psicológicos, o que leva os praticantes à desistência da modalidade precocemente.

Diante desses fatores, a LD é estudada nos mais diversos campos de pesquisa, inclusive nas pesquisas biomecânicas, responsável pela elucidação de alguns mecanismos causais das lesões esportivas, sabendo-se, porém, que existem limitações sobre a sua compreensão epidemiológica (AGUIAR *et al.*, 2010).

O mesmo autor indica, ainda, que exista a falta de informação sobre a especificidade da lesão e a modalidade em que ela ocorreu, dificultando o entendimento do fator epidemiológico; os dados sobre a gravidade das lesões existem e são publicados, contudo,

sem um consenso geral, o que abre a discussão sobre os métodos utilizados para a aquisição dessas informações.

Já se é compreendido que cada esporte causa um diferente tipo de lesão, de acordo com a sua característica e com o tempo de sua prática; Arena e Carazzato (2007) apresentam em seu estudo diversos dados indicando os diferentes tipos de lesões entre as modalidades esportivas, onde é mostrado, por exemplo, que o maior número de injúria no voleibol é ocasionado na articulação do joelho, enquanto que no futsal a prevalência acontece no tornozelo, fato explicado pela especificidade do movimento praticado na modalidade: “A ocorrência de lesões esportivas é decorrência de inter-relação entre o atleta e o esporte praticado” (TORRES, 2004, p. 28).

Outro conhecimento também já fundamentado é o sobre a classificação dos tipos de lesões que ocorrem durante a prática de uma modalidade que, segundo os autores Safran, Mckeag, e Camp (2002), são divididos em sete possibilidades:

Contato: Ocasionado principalmente devido a choques entre atletas, ou entre atletas e estruturas rígidas.

Excesso de sobrecarga: é a aplicação excessiva de sobrecarga durante o treinamento, levando o atleta a realizar, por exemplo, tensões e pressões exageradas em uma parte do tecido humano, sendo classificada como uma entre as lesões mais frequentes.

Crescimento rápido: aplicado à criança e ao adolescente em fase de crescimento, já que as mudanças corporais físicas podem, em alguns casos, ser incompatíveis com a exigência e o esforço requerido em algumas modalidades esportiva.

Sobrecarga dinâmica: a lesão é resultado de uma tensão ou estiramento abrupto, podendo gerar, por exemplo, rompimento de tendões.

Falta de flexibilidade: a falta de flexibilidade acarreta na perda de arco de movimento, o que em algumas modalidades específicas é prejudicial, podendo, além disso, limitar o completo desenvolvimento muscular.

Desequilíbrio muscular: relacionado com o recrutamento ineficiente e desordenado das fibras musculares em determinados movimentos; um condicionamento físico deficiente e o excesso de atividade muscular são também causas para a falha muscular.

Vulnerabilidade estrutural: o uso excessivo de uma estrutura corporal pode gerar a sua fadiga, predispondo à possíveis lesões.

Da classificação supracitada apresentada, é provável que os fatores lesivos mais comuns sejam os três primeiros, apontam que o excesso de sobrecarga é o primeiro fator que

potencializa uma lesão, principalmente nos momentos de treinamento do atleta (SAFRAN; MCKEAG; CAMP, 2002).

Em relação ao crescimento das crianças e dos adolescentes, é certo que a possibilidade de uma LD ocorrer aumenta durante seu pico de desenvolvimento corporal, já que neste período podem surgir fraqueza muscular, incoordenação motora e outros problemas biomecânicos (VANDERLEI, 2011).

A lesão por choques é mais frequente em esporte de contato como, por exemplo o futebol, o rúgbi e os estilos de lutas.

Como já mencionado, a epidemiologia das lesões esportivas não é totalmente compreendida, porém, quando somados a especificidade da modalidade esportiva com os aspectos que podem influenciar o aparecimento da LD, fica mais fácil compreender de que maneira a lesão pode ocorrer. Nessa condição, um esporte que pouco foi estudado é o Karate-dô, principalmente sobre as suas lesões, mecanismos lesivos e prevenção, abrindo possibilidades maiores de estudo, compreensão e esclarecimento sobre os fatores que podem levar o seu praticante ao desenvolvimento de uma LD.

2.4.1 Lesões no Karate-dô

A participação no mundo das artes marciais vem ganhando vários adeptos, trazendo pessoas que buscam nas lutas a defesa pessoal, uma forma de cuidar da saúde e, também, uma possibilidade de participação em eventos competitivos (ZETARUK *et al.*, 2005).

O Karate-dô também possui a sua parte esportiva, onde em uma competição de embate, vence o atleta que golpear o adversário primeiro com movimentos técnicos da modalidade, podendo ser socos e chutes, na tentativa de golpear o corpo do oponente e, assim, causar um impacto, garantido a pontuação.

A situação de combate no Karatê-do aumenta muito as chances de uma LD acontecer, sendo objeto de pesquisa de alguns estudos que buscam entender melhor esse fenômeno, como a pesquisa realizada por Zetaruk *et al.* (2005), que relata que já é possível detectar esta tendência à lesão, entrevistando 263 praticantes de diversos estilos de artes marciais diferentes, com a sua maioria adepta ao Karate-dô, o restante sendo dividido entre tae-kwon-do, Aikido, Kung Fu e Tai Chi, e identificando que o Karate-dô é a segunda arte marcial com mais LD, tendo a sua prevalência nos membros inferiores, sendo observado também que atletas com maior tempo de experiência sofrem ou já sofreram algum tipo de lesão.

Vários estudos realizam a comparação entre as lesões ocorridas em artes marciais diferentes, como, por exemplo, entre o Jiu-jítsu e o Karate-dô, onde os locais de LD e as intensidades com que elas ocorrem são diferentes. No Jiu-jítsu, as áreas mais acometidas pelas LD foram os joelhos, parte dorsal do tronco e a cabeça, enquanto que no Karate-dô, foram identificadas nos tornozelos, coxa e ponta dos dedos (COUTO DE SOUZA *et al.*, 2011), demonstrando, mais uma vez, que as LD aparecem com maior frequência nos membros inferiores no Karatê-do; o fato dos locais das lesões serem diferentes é atribuído à especificidade da modalidade

Em relação à experiência do atleta e ao maior risco de lesões, Moura, Silva e Alonso (2011), apresentam dados interessantes, onde dos trinta e um atletas entrevistados, três atletas (9,69%) praticavam entre um e dez anos a modalidade, treze atletas (9,69%) praticam entre onze e vinte anos a modalidade e quinze atletas (48,38%) praticavam a mais de vinte anos a modalidade, todos afirmavam já ter sofrido algum tipo de lesão durante a prática do esporte, tanto durante a competição, quanto durante os períodos de treinamento.

Os autores também verificaram os locais anatômicos mais afetados e chegaram as suas conclusões:

A prevalência de lesões em atletas experientes sobrepôs os inexperientes, com um predomínio de injúrias no momento do treino. Em relação a localização anatômica, houve uma prevalência dos membros inferiores (perna e coxa), seguidos pelo tronco (cabeça e pescoço) e por último os membros superiores (mãos e dedos) (MOURA; SILVA; ALONSO, 2011, p. 345).

Quanto maior o tempo de prática na modalidade, mais suscetível à LD o atleta estará, porém esse não parece ser o único motivo da aparição de uma injúria, alguns autores afirmam que quanto maior a experiência de um atleta na modalidade, mais confiança na realização da técnica ele irá ter, fator que demonstra aumentar as chances de uma lesão, principalmente no decorrer do combate (MOURA; SILVA; ALONSO, 2011; ZETARUK *et al.*, 2005).

Oliveira, Vieira e Valença (2011) apresentaram outros dados relevantes à questão sobre a LD, onde buscaram demonstrar a causa de outras lesões graves, utilizando, para tanto, um questionário que foi respondido pelos atletas participantes do campeonato sul americano de Karate-dô. O questionário orientava que os atletas assinalassem os locais no corpo nos quais já haviam sofrido algum tipo de lesão, e, como resposta, os pesquisadores descobriram que as LD nos membros inferiores foram as assinaladas primeiramente; em terceiro lugar, foram apontadas as lesões no segmento cefálico (cabeça e pescoço), com a concussão cerebral como a mais apontada, seguida pelas fraturas no nariz, mandíbula e dentes.

É provável que tal situação ocorra devido a exposição da cabeça e pelo fato de que algumas competições valorizam o golpe quando executado nesta região do corpo, fator situacional de grande perigo, mesmo em competição, podendo levar muitas vezes à traumas trágicos.

A fisiopatologia da concussão é bem menos entendida do que outras lesões graves na cabeça e como resultado tem recebido menos atenção do que merece. Lesões na cabeça podem provocar hematomas, contusões e edemas no cérebro. Embora sejam eventos raros, lesões graves ou fatais podem ocorrer... (OLIVEIRA; VIEIRA; VALENÇA, 2011, p. 113).

Até este ponto, com os estudos apresentados, fica evidenciado que o local mais acometido por lesões são os MMII. Porém, pouco ainda é sabido sobre os motivos que levam à LD, sendo que uma análise dos golpes que se utilizam dos membros inferiores pode ajudar a esclarecer alguns pontos importantes sobre esse tipo de lesão.

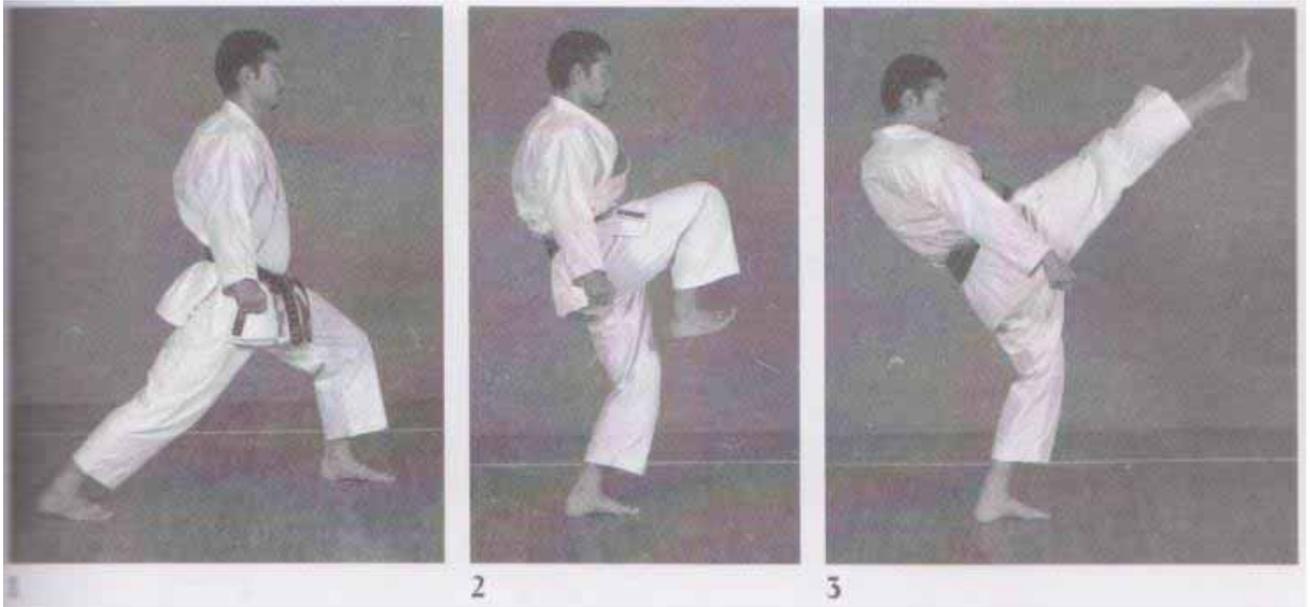
2.5 Técnica do Chute frontal Mae geri.

Dentre as várias técnicas do Karate-dô que utilizam as pernas para a realização do golpe, o *Mae-geri* (chute frontal) se destaca por ser um movimento rápido e de extrema potência, gerando uma grande força de impacto (DOKE; KUO, 2005), fator que leva a técnica a ser muito utilizada durante uma competição de embate.

A descrição da técnica do *Mae-geri* é simples (Figura 1): o atleta, em postura de combate com o pé de apoio avançado e o que irá chutar recuado (etapa 1), deve iniciar o movimento “empurrando o chão e assim levantando o joelho a altura do quadril (etapa 2); a sola do pé do chute deve estar paralela ao chão e, por fim, o praticante deve estender a perna, realizando a rotação de joelho (etapa 3), podendo desferir o golpe na região do tórax ou na região cranial (KANAZAWA, 2010).

Alguns estudos já estão tentando compreender melhor de que maneira o corpo desempenha a técnica do chute, Doke e Kuo (2005), em sua pesquisa desenvolveram um modelo matemático simples com o intuito de analisar como as articulações envolvidas no movimento desempenham seu papel na ação do chute e, como resultado, os autores observaram uma grande participação dos quadris em todas as fases de realização do golpe. Além disso, a simulação do chute confirma a hipótese de que durante a etapa de flexão do joelho, a articulação do quadril é menos ativada, se comparado com a fase de extensão de joelho, e que a maior ativação do quadril promove uma velocidade máxima do chute.

Figura 1: Demonstração do chute frontal Mae geri



Fonte: (KANAZAWA, 2010).

Um estudo realizado por Robertson *et al.* (2002), também indica uma ação prevalente da articulação do quadril e dos joelhos durante toda a execução do movimento do chute, apontando, também, a importância da articulação de tornozelo no movimento sendo, uma vez que essa articulação é a primeira a receber a carga de impacto quando os pés encontram o alvo objetivado.

É evidente que a participação dos membros inferiores é de extrema importância para uma melhor ação do golpe, contudo, alguns dados não são apresentados de forma concreta, sendo, um deles, a força de impacto gerada pelo chute no momento do contato com o alvo, que, como já mencionado anteriormente, pode acarretar em sérias lesões para o atleta que realiza o golpe e, também, para aquele que o recebe.

Os MMII são um grupamento muscular forte, oferecendo força para a sustentabilidade do tronco, membros superiores, pescoço e cabeça. Compostos por grandes músculos, quadríceps, isquiotibiais e gastrocnêmios, que, quando solicitados, geram uma enorme potência para a realização do movimento (WHITING; ZERNICKE, 2001).

Portanto, quando ação do chute é desempenhada por um atleta, todos os grupos musculares agem se contraindo, gerando movimentos articulares e promovendo uma força máxima de execução.

Com a intenção de compreender melhor o movimento realizado pelo atleta durante o *Mae geri*, faz-se necessário uma breve apresentação dos agrupamentos musculares

supracitados, de suas respectivas funções e características funcionais que possibilitam o uso de toda a estrutura da perna no movimento desejado.

2.6 Musculatura dos Membros Inferiores

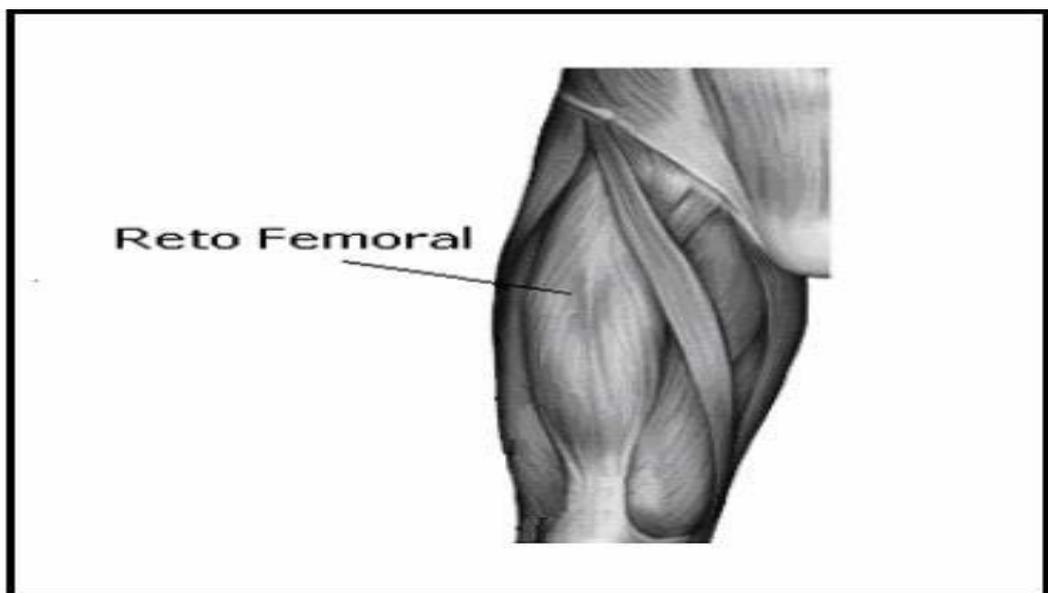
O sistema musculoesquelético apresenta uma grande diversidade em relação ao tamanho, à forma, à disposição no segmento, origem e a sua inserção, atuando por meio da contração e extensão de suas fibras, produzindo, assim, movimentação corporal (NAGATA, 2010).

Para a realização do chute, o músculo mais ativo no movimento é, provavelmente, o Reto Femoral, pertencente ao grupo do Quadríceps Femoral, devido à principal ação de extensão do joelho, e o Gastrocnêmio Médio, atuante no momento de saída do golpe.

2.6.1 Reto Femoral

A musculatura do Reto Femoral está localizada na face anterior da coxa e pertence ao grupo do Quadríceps Femoral, possuindo fibras longas que seguem uma direção retilínea, no mesmo sentido da coxa. Sua origem está situada na Espinha Ilíaca Antero-inferior, e sua inserção ocorre na base da patela pelo Ligamento Patelar, na tuberosidade da Tíbia (NORDIN; FRANKEL; HIRSCH, 2003).

Figura 2: Representação do músculo Reto Femoral



Fonte: (NAGATA, 2010).

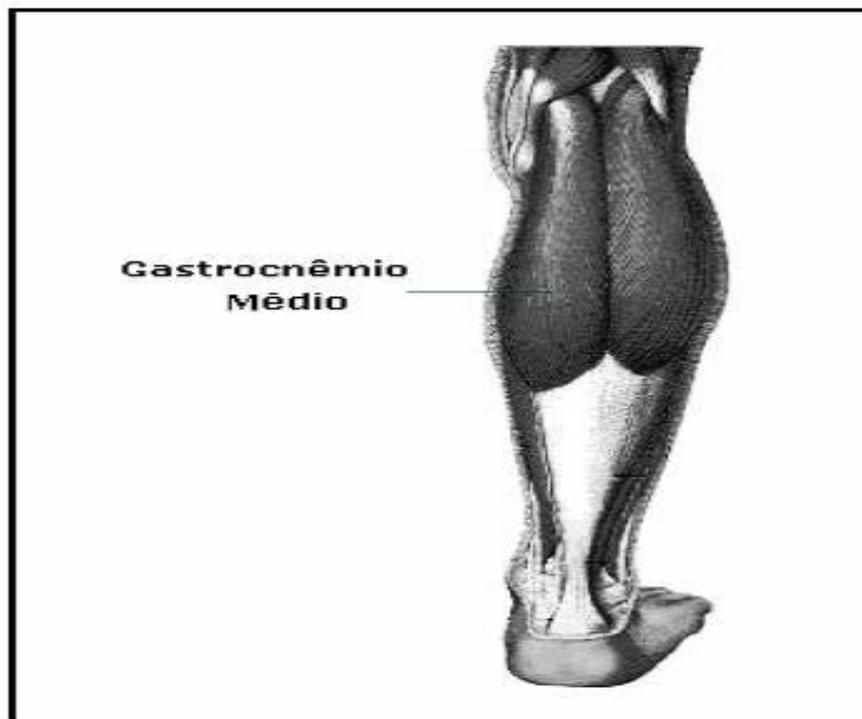
Considerado como sendo uma musculatura forte do corpo humano, o Reto Femoral é responsável pela extensão da articulação do joelho. Além disso, o Quadríceps colabora com a flexão do quadril, permitindo assim a elevação do joelho, sendo um grupo muscular imprescindível para a realização do chute *Mae Geri*, já que ele necessita de ambos os movimentos, extensão de joelho e flexão de quadril, para a sua boa execução.

2.6.2 Gastrocnêmio Médio

O Gastrocnêmio é localizado na parte posterior da perna e é dividido em duas porções, uma lateral e a outra medial, atuando sobre as articulações do joelho e do tornozelo. Tem sua origem na face posterior dos côndilos femorais e a sua inserção na parte posterior do calcâneo, por meio do tendão calcâneo (NORDIN; FRANKEL; HIRSCH, 2003).

O músculo do Gastrocnêmio, em conjunto com a do Sóleo, formam o grupo muscular do Tríceps Sural (Figura 3), principal flexor plantar do tornozelo que possui a função de iniciar a força propulsora para o deslocamento do corpo, sendo esse mesmo princípio de propulsão aplicado ao golpe de chute.

Figura 3: Representação do músculo Gastrocnêmio Médio



Fonte: (NAGATA, 2010).

O Gastrocnêmio pode também estar ligado à potência do golpe, uma vez que existe uma relação entre o músculo e a articulação do joelho.

Como cruza a articulação do joelho, o Gastrocnêmio é também seu flexor. Mas, ele não consegue exercer sua força completa sobre ambas as articulações simultaneamente. Por exemplo, se o joelho for flexionado, o Gastrocnêmio não é capaz de exercer força máxima na articulação do tornozelo e vice-versa (NAGATA, 2010, p. 29).

Portanto, essa situação específica indica que dependendo da angulação de flexão do joelho, o músculo estará relaxado, apresentando uma ação mecânica diminuída.

Os pesquisadores no intuito de aprofundar suas investigações sobre a anatomia humana, fisiologia e biomecânica, desenvolveram métodos de análise que, atualmente, tem sido amplamente utilizados nas pesquisas que buscam analisar o movimento humano, com instrumentação que permite a quantificação de dados e, conseqüentemente, um viés alternativo na busca pelo esclarecimento sobre os aspectos do corpo.

2.7 Instrumentação na Biomecânica

Diversas questões da Educação Física estão diretamente ligadas às avaliações realizadas por meio da tecnologia. As análises do desempenho de um atleta, do seu condicionamento físico, da busca pelo aperfeiçoamento da técnica, e de outros fatores, têm sido possíveis devido à instrumentação criada para as análises Biomecânicas.

Entre os métodos de análise mais conhecidos, destaca-se a Eletromiografia, a Antropometria, a Cinemetria e a Dinamometria (AMADIO *et al.*, 1999).

2.7.1 Eletromiografia.

Segundo Amadio e Serrão (2011), a eletromiografia basicamente estuda a atividade muscular a partir da captação dos sinais elétricos associados à contração muscular, possuindo importante função na interpretação de parâmetros internos musculares, colaborando com a determinação de mecanismos relacionados ao sistema nervoso, além de não estar associada com os aspectos mecânicos, mas sim, com os aspectos musculares internos.

O sinal eletromiográfico é a somatória de todos os sinais obtidos em uma determinada região muscular, podendo ser influenciada por aspectos anatômicos, musculares e fisiológicos.

Pela eletromiografia é possível realizar diagnósticos de doenças musculares, estado de fadiga muscular e pico de ação muscular (AMADIO *et al.*, 1999).

A determinação do pico de ação muscular é muito aplicado em atletas de várias modalidades esportivas e, mais recentemente, também vem sendo trazido para o âmbito das lutas.

Ferreira e Brito (2010) buscaram verificar se haveria diferença no atraso eletromecânico do golpe de soco do Karatê, fazendo uma comparação em atletas e não atletas. Para isso, foram instrumentalizados diversos segmentos dos membros superiores com eletrodos a fim de determinar a ação eletromiográfica, tanto nos atletas, quanto naqueles não atletas, durante a execução do movimento. Como conclusão, os autores relatam, por exemplo, que os atletas apresentaram um menor atraso para realizar a ação de flexão de cotovelo, indicando uma melhor capacidade motora, do que os indivíduos não atletas.

Vale ressaltar que para a captação da ação muscular existem 2 tipos de eletrodos a serem utilizados, os de contato superficial, que são colado sobre a pele, ou os eletrodos de aplicação profunda, compostos por fio ou agulha, utilizados quando se busca uma interpretação da atividade muscular mais interna. Os eletrodos, de modo geral, são como uma antena que capta o sinal elétrico, enviando este sinal a um amplificador, passando, posteriormente, por um filtro para a amenização de ruídos (NAGATA, 2010).

2.7.2 Antropometria

A antropometria descreve, por meio de técnicas experimentais ou analíticas, as características físicas de todo o corpo humano, sendo possível coletar dados que irão dar suporte aos estudos, como as informações sobre a altura, a massa, o centro de gravidade, os braços de alavanca e as posições articulares, permitindo, por meio dessas mensurações, até a montagem de um modelo biomecânico (AMADIO *et al.*, 1999).

Entre as propriedades que podem ser estudadas, encontram-se: propriedade biomaterial, relacionada com a resistência do aparelho locomotor, e níveis de ruptura e lesão. Ainda, com a antropometria, pode-se estudar a cinética na verificação do momento de inércia dos segmentos corporais, centro de rotação articular e origem e inserção muscular (AMADIO *et al.*, 1999).

Atualmente, a antropometria é utilizada em quase todos os estudos que, de alguma maneira, buscam analisar a Biomecânica do ser humano, porque essas informações podem

influenciar diretamente o resultado da pesquisa, apresentando, deste modo, resultados que serão mais fidedignos e cumprirão com o papel da construção do conhecimento sobre o movimento humano.

A partir da utilização de um destes procedimentos, ou da combinação deles, estratégia essa muito frequente em função da característica complexidade do movimento humano, torna-se possível cumprir aquela que é a meta central da Biomecânica: a análise física do movimento humano (AMADIO; SERRÃO, 2011, p. 17).

2.7.3 Cinemetria

A cinemetria é um dos métodos de análise da Biomecânica mais utilizados nas pesquisas, provavelmente por ser uma metodologia simples e muito eficaz ao mesmo tempo.

Segundo Amadio e Serrão (2011), o conceito puro da cinemetria é o de determinar a posição, o deslocamento, a velocidade e a aceleração do corpo humano, sendo possível obter essas informações dos segmentos corporais e até mesmo do corpo como um todo.

Entre os equipamentos utilizados, encontram-se as câmeras de vídeo de alta velocidade, que conseguem gravar as imagens com mais detalhes, possibilitando a análise de alguns movimentos que, de modo geral, possuem grande aceleração, além dos sistemas optoeletrônicos, de acelerômetros, ou dos eletrogoniômetros.

As análises podem ser feitas de forma bidimensional, ou seja, estudando apenas um plano segmental de onde ocorre o movimento, ou de maneira tridimensional, que verifica o movimento em mais de um plano segmental, sendo importante para a fidelidade das informações obtidas que a amostra esteja corretamente instrumentada, os pontos articulares identificados por marcadores e todas as câmeras calibradas e colocadas de maneira que gravem ao mesmo tempo e acompanhem o movimento durante todo o processo (AMADIO *et al.*, 1999).

Esses recursos disponíveis pelas técnicas da cinemetria logo migraram o setor de análise do desempenho esportivo. Losset *al.* (1999) fizeram análises de várias modalidades esportivas tidas como sendo de grande dificuldade devido à alta velocidade, como, por exemplo, o Tênis de mesa, onde foram identificados os níveis de velocidade em dois movimentos característicos desse esporte, além de outros esportes coletivos como o Futsal e o Voleibol, aplicando, de diferentes formas as técnicas de filmagem.

De igual forma, as lutas também passaram a utilizar os recursos da cinemetria: Viero (2012), em sua dissertação, verificou a cinética do soco do Karatê-dô em duas situações,

apesar do foco principal da pesquisa ter sido a coleta dos dados sobre a força de impacto gerada no alvo fixo, recursos de foto foram feitos para ilustrar o movimento, evidenciando o valor da Cinemetria, uma vez que a mesma auxilia direta ou indiretamente o estudo de um determinado tipo de movimento.

Cita-se, também, que a Cinemetria possui conteúdo para estudos interdisciplinares, onde em análises onde diversas interferências ocorrem, os ruídos, a solução é a utilização de rotinas matemáticas específicas, como a Splinequímica (AMADIO *et al.*, 1999).

2.7.4 Dinamometria

A dinamometria na Biomecânica estuda a produção de força do corpo ao longo da realização de um movimento, ou para que se possa realizar o movimento. Dividindo-se em dois grupos, existem os métodos de análise das forças externas e outras para medidas das forças internas.

As análises das forças externas possuem diversos indicadores, podendo ser interpretada a partir das forças de reação do solo (FRS), por meio do uso de plataformas de força, além de poder ser verificadas pela mensuração de torques, de pressão, de força de impacto entre outros (AMADIO; SERRÃO, 2011).

A força de reação do solo é considerada uma das mais importantes informações a se obter na Dinamometria, isso porque essa força age sobre o sujeito durante o contato com solo, de acordo com uma das leis físicas proposta por Newton. Para isso, são utilizadas plataformas de força, um dos instrumentos mais efetivos para esse fim, que, basicamente, quantificam essa força de reação do solo, ou seja, analisam a força gerada pelo corpo para a realização do movimento, como, por exemplo, a quantificação das forças ao longo da marcha.

As plataformas de força medem a força de reação do solo na superfície de contato durante a fase de apoio do movimento. A força de reação do solo é representada em forma de vetor em função do tempo, considerando-se a sua ação tridimensional (componentes: vertical, antero-posterior e médio lateral). Em suma, a plataforma quantifica a variação dinâmica da força reação do solo durante a fase de contato entre corpos, fase esta onde ocorre a transferência destas forças externas para o corpo determinando alterações nas condições do movimento (VIERO, 2012, p. 28).

Os principais elementos que compõem a plataforma de força são as células de carga constituídas por extensômetros (*strain gauges*) de diversos tipos, entre eles os piezoelétricos, piezoresistivos e capacitivos. Seu funcionamento ocorre da seguinte maneira: uma placa metálica instrumentada com transdutores é disposta a reagir à sobrecarga, sofrendo

deformação, causando alteração na resistência elétrica dos sensores que, por sua vez, estão ligados à circuitos elétricos formados por ponte de Wheatstone, captando um sinal que, posteriormente, é ampliado analisado em softwares específicos (NAGATA, 2010).

As análises e mensurações das forças internas são mais difíceis de serem realizadas, talvez não por falta de método específico, mas, sim, por serem invasivas ao corpo do indivíduo analisado. Assim, sabendo-se dessa problemática, Amadio e Serrão (2011) relatam que existem estudos que buscam analisar e mensurar essas forças externas por meio indireto, isso devido à adoção de modelos físico-matemáticos aliados às análises antropométricas e cinemáticas, sendo possível, por exemplo, a utilização de técnicas de cálculo como a dinâmica inversa.

Deve-se ficar claro, no entanto, que a construção deste modelos físico-matemáticos ocorrem de maneira muito complexa, sendo limitados quanto as suas análises, não podendo se não estimar as forças que agem sobre o corpo humano.

Diversos estudos da Biomecânica utilizam a Dinamometria, seja para verificação da marcha humana, ou para analisar forças de impacto no movimento do salto, tendo as suas aplicações em diversas análises que irão depender do objetivo do estudo realizado.

3 METODOLOGIA

Este é um estudo exploratório, descritivo, quantitativo, experimental com uma amostragem sistemática.

3.1 Amostra

O número da amostra foi de oito praticantes do Karatê-do, todos com experiência mínima de quatro anos na modalidade, sendo um graduado na faixa preta, 4 graduados na faixa marrom e 3 graduado na faixa roxa. A amostra é composta por 7 indivíduos masculinos e um feminino com idade variando entre 17 e 24 anos, massa entre 42 a 104 kg e altura entre 1,60 e 1,94 m, sem nenhum histórico de lesões nos membros inferiores que pudesse influenciar os resultados.

Os praticantes com experiência foram escolhidos devido à complexidade do movimento do chute frontal, que, por sua vez, utiliza uma técnica elevada para ser realizado com precisão e força.

As coletas dos dados foram feitas em dias diferentes para cada atleta, uma vez que todos eram voluntários e tiveram que adequar a sua rotina para a vinda ao laboratório.

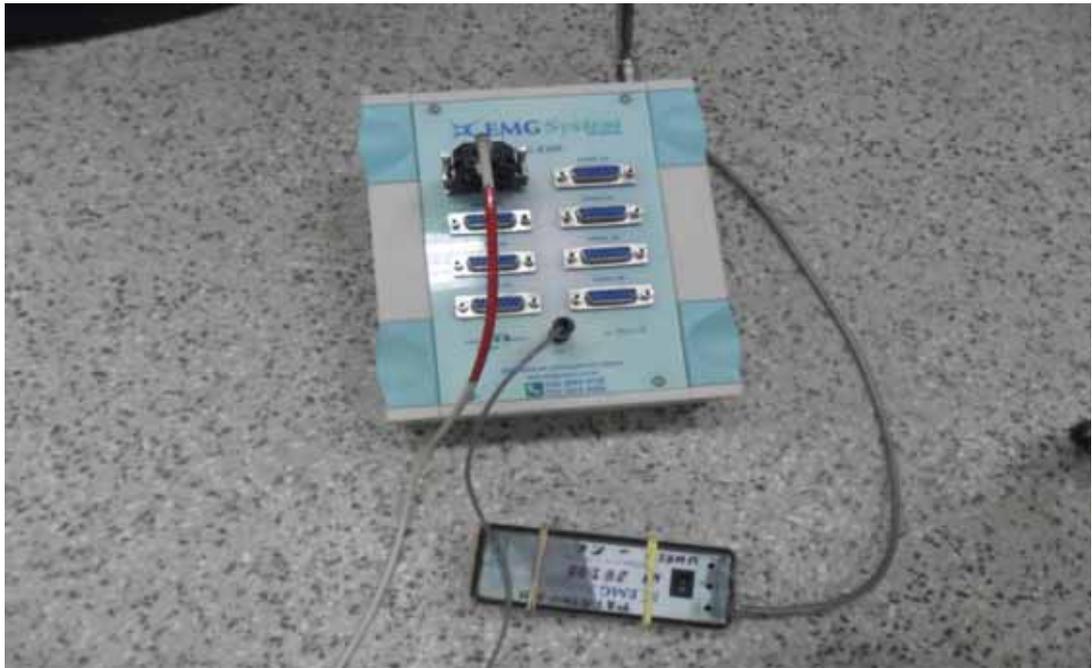
3.2 Instrumentos

Os instrumentos utilizados foram um eletromiógrafo, um acelerômetro, e duas câmeras digitais.

3.2.1 Eletromiógrafo

Utilizou-se um eletromiógrafo da marca *EMG System* do Brasil, com conversor A/ D (analógico / digital) de 16bits, faixa de entrada de -5V a +5V, frequência de amostragem de 2000 Hz, com amplificação de 2000 vezes e uma bateria LI-PO de 11,1V e 1,8A/h, modelo BTD110203/11, para que não houvesse interferência dos sinais da rede elétrica. O filtro foi ajustado na faixa de 10Hz a 500Hz, de quarta ordem, com tempo de análise de 10 segundos para a captação do sinal de Eletromiografia de superfície (EMGS) (Figura 4).

Figura 4: Condicionador utilizado para EMGS.



Fonte: (autoria própria, 2015).

Dos oito canais disponíveis, foi utilizado apenas o canal de número 1, acoplando-se o cabo transmissor aos eletrodos para analisar o músculo do reto femoral, sendo também usado um eletrodo terra, colocando-o sobre o maléolo lateral. Os eletrodos têm 10 mm de diâmetro e foram cobertos com gel condutor para uma melhor condutividade elétrica (figura 5).

Figura 5: Eletrodos de superfície utilizados.



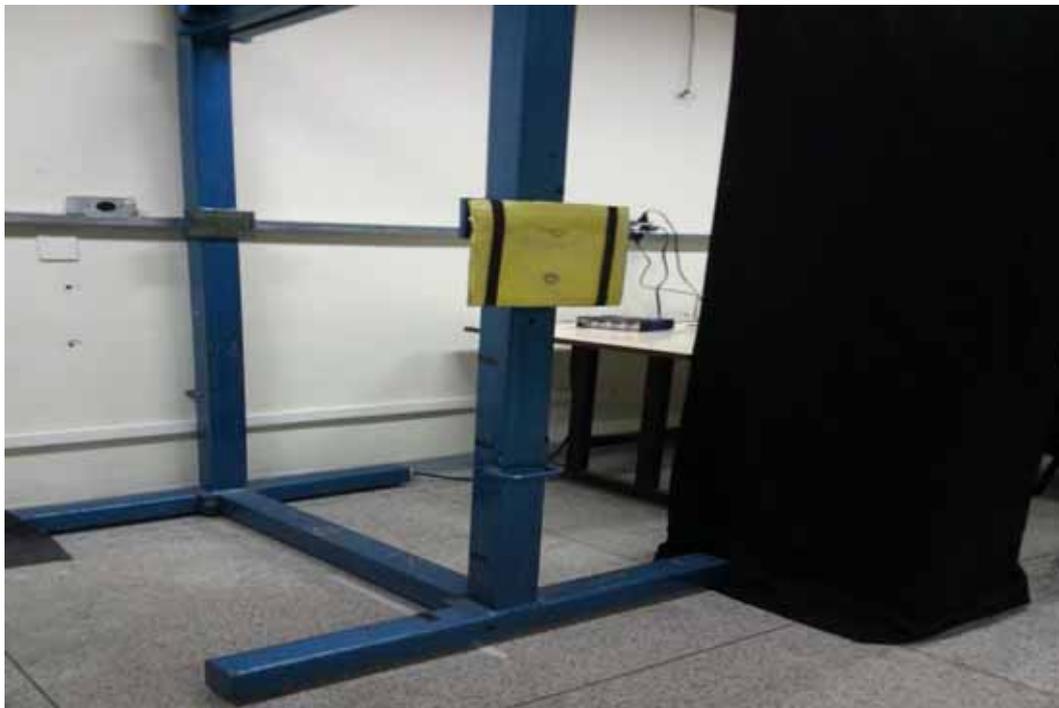
Fonte: (autoria própria, 2015).

Toda a aquisição de análise dos dados eletromiográficos foi embasada nas recomendações da *International Society Electrophysiology Kinesiology* (ISEK,1999).

3.2.2 Acelerômetro

Para verificar as forças e as acelerações dos chutes, uma placa de aço com dimensões de 6 x 215 x 220 mm (espessura, largura e comprimento), revestida por material EVA de 5mm, foi fixada em uma estrutura rígida junto à parede do laboratório do Departamento de Mecânica da faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (Figura 6).

Figura 6: Placa de aço já revestida com EVA.



Fonte: (autoria própria, 2015)

Na parte posterior dessa placa, foi acoplado um acelerômetro utilizado para a coleta do pico de aceleração do chute, posicionado no centro da placa, ponto no qual foi pedido para os atletas chutarem.

O acelerômetro utilizado foi o Brüel&Kjaer (B&K), modelo 4533-B, sensibilidade 1,06 mV/ms⁻² (10,06 mV/g), faixa de frequência de 0,2 Hz - 12,8 kHz. Os sinais do acelerômetro foram enviados para o condicionador de sinais, HBM, modelo Quantum MX410 de 4 canais IEPE e frequência de aquisição de 2.400Hz, utilizando-se, ainda, um filtro com passa baixa de

50 Hz (Figura 7). Para a coleta e análise dos sinais de aceleração, foi utilizado o software Catman-Easy da marca HBM.

Figura 7: Condicionador Quantum MX410



Fonte: (autoria própria, 2015)

3.2.3 Câmeras digitais

Para o registro da execução do chute, foram utilizadas duas câmeras digitais de alta velocidade da marca Cassio com, 30 fps (frames por segundo ou “quadros por segundo”), adaptadas na frequência de 240Hz.

A primeira câmera foi fixada sobre um tripé localizado perpendicularmente ao plano sagital do voluntário (lado esquerdo), à distância de 0,5m e altura de 1m, teve como função registrar a aproximação do pé do atleta até o alvo (Figura 8). Já a segunda câmera foi posicionada à distância de 1,5m ao plano sagital (lado direito do voluntário), para a captação da movimentação do seu corpo e da perna do chute.

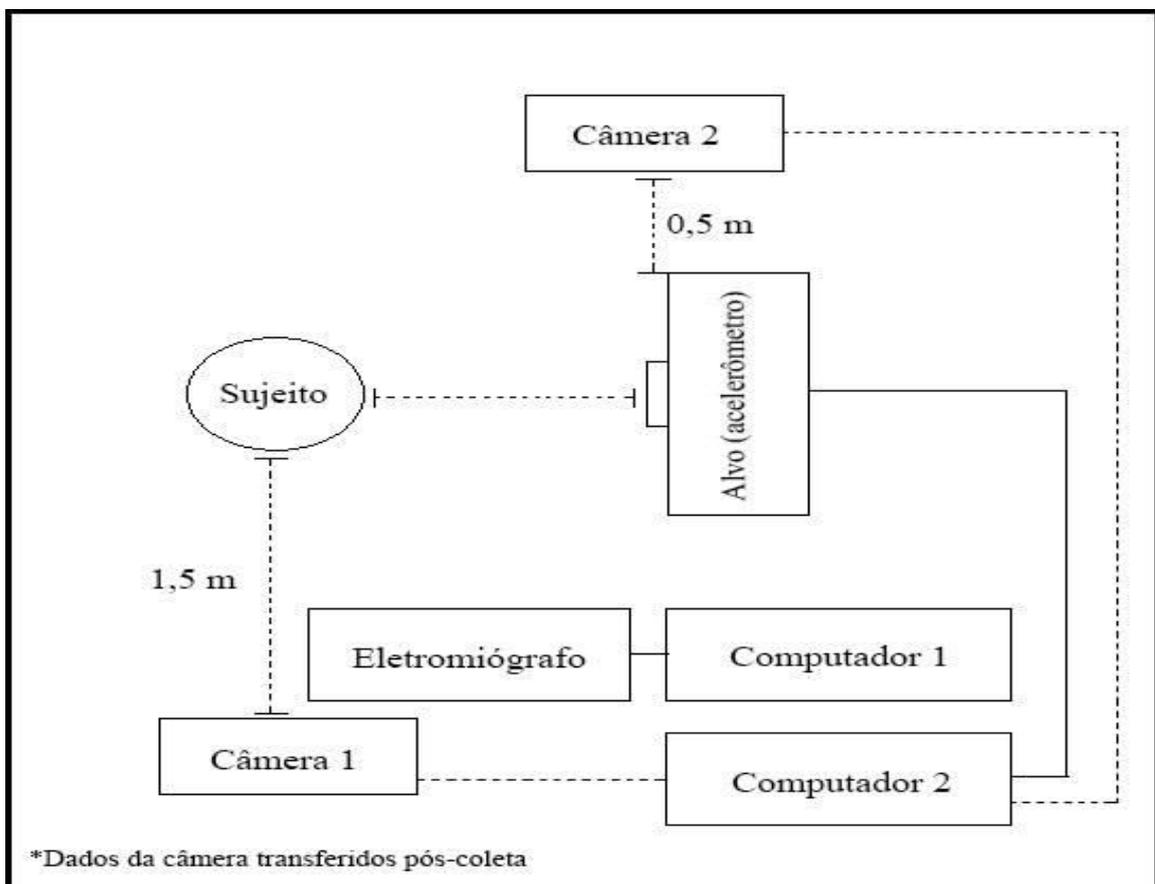
Neste estudo, a cinemetria foi utilizada, principalmente para a sincronização de dados de acelerômetro e da atividade muscular, uma vez que os dois tipos de sinais foram coletados com diferentes condicionadores.

Figura 8: Câmera para captação da aproximação do chute



Fonte: (autoria própria, 2015)

Figura 9: Esquema representativo da aquisição de dados



Fonte: (autoria própria, 2015)

A figura 9 apresenta um esquema do sistema utilizado para aquisições dos dados do eletromiógrafo, da cinemetria e da aceleração do chute. O computador é conectado ao EMG que, por sua vez, está ligada ao sujeito que irá executar o chute.

3.3 Procedimentos

Todas as coletas foram realizadas no Laboratório de Mecânica do departamento de Engenharia Mecânica da UNESP, Campus de Guaratinguetá. A parede foi parcialmente coberta por um pano escuro (Figura 10), e para isolar o pé do atleta do fundo da filmagem, foi montado um suporte, também recoberto com pano escuro, possível de ser visto na Figura 6 ou 8.

Figura 10: Fundo adaptado no Laboratório de Mecânica



Fonte: (autoria própria, 2015)

Uma bancada para o apoio dos aparelhos e computadores foi utilizada durante a coleta (Figura 11).

Figura 11: Bancada para computadores



Fonte: (autoria própria, 2015)

3.3.1 Preparação dos voluntários

Todos os praticantes concordaram em colaborar com a pesquisa de maneira totalmente voluntária, assinando um termo de consentimento livre e esclarecido aprovado pelo Comitê de ética em Pesquisa da Faculdade de Pindamonhangaba (FAPI) - o termo de consentimento quanto a carta de aprovação do Comitê de Ética se encontram, respectivamente, nos anexos A e B.

Antes da realização do experimento, os atletas responderam algumas questões numa ficha de avaliação física simples, onde foi perguntado os dados antropométricos, massa e altura, além do tempo de prática na modalidade, graduação atual e se o sujeito sofreu alguma lesão nos membros inferiores. Esta ficha encontra-se no anexo C.

Iniciando o experimento, o voluntário foi instruído a familiarizar se com o alvo, objetivando a melhor ação do chute. Após esta etapa de reconhecimento, para a fixação dos eletrodos na perna direita sobre a musculatura do Reto Femoral, foi feita a tricotomia da pele, para evitar possíveis ruídos no sinal eletromiográfico, seguindo os procedimentos descritos no protocolo SENIAM (2014).

Apenas o chute do membro dominante foi analisado, e somente se verificou a ativação do reto femoral para ser evitada a utilização de mais canais, pois poderia prejudicar o gesto motor do atleta, já que muitos fios poderiam atrapalhar na execução do golpe e gerar ruídos na

coleta de um modo geral; fita adesiva foi passada sobre o eletrodo melhorando sua fixação e evitando que os fios ficassem espalhados.

O fio terra foi posicionado no maléolo lateral, e para identificação dos pontos articulares do atleta em filmagem foi utilizado marcadores de isopor, demarcando tais áreas (Figura 12).

Também foi pedido que o praticante utilizasse uma vestimenta leve (bermuda) e, se possível, que ficasse sem camiseta durante todo o experimento.

Figura 12: Atleta com eletrodos fixos no músculo reto femoral e com marcadores nas articulações



Fonte: (autoria própria, 2015)

3.3.2 Coleta dos dados

A etapa experimental foi dividida em 2 partes. Na primeira, foram executados 5 chutes na postura estática, com o atleta parado na posição de combate usual da modalidade (Figura 13) e, a cada golpe realizado, 1 minuto de descanso foi dado ao voluntário, fornecendo também tempo o suficiente para que os avaliadores pudessem armazenar os dados coletados.

A segunda parte foi realizada da mesma maneira, porém, nesta fase os chutes executados seriam na postura dinâmica: nessa postura, o atleta se movimenta até momentos antes da execução da técnica (Figura 14).

Figura 13: Postura estática do chute frontal em posição de repouso



Fonte: (autoria própria, 2015)

Figura 14: Postura dinâmica do chute frontal com os membros inferiores em movimento



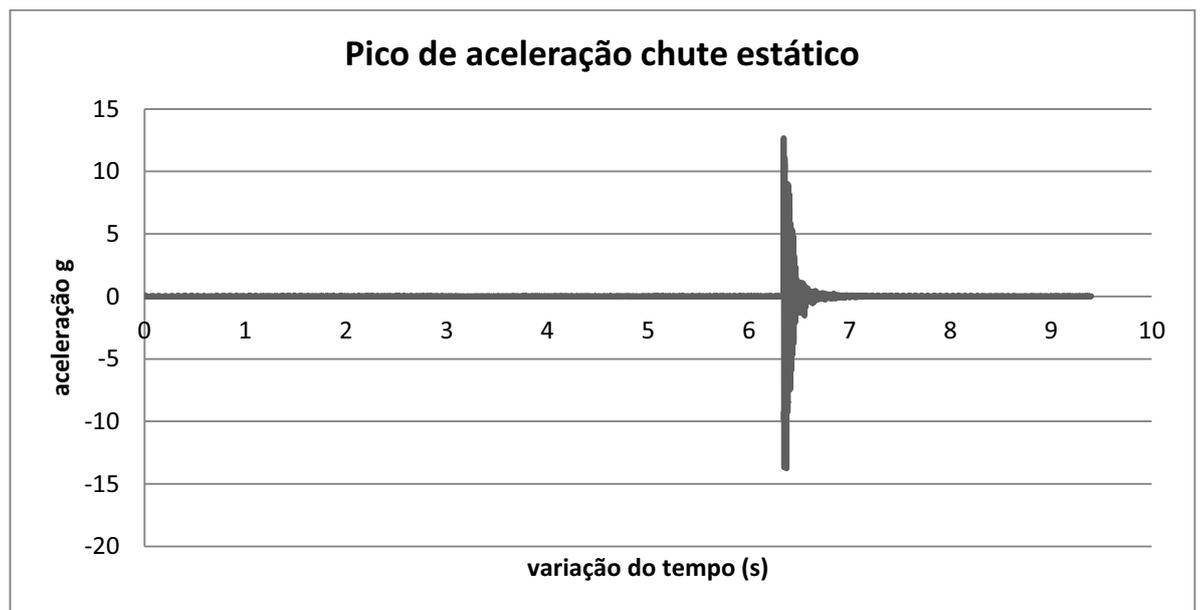
Fonte: (autoria própria, 2015)

O procedimento para o chute do voluntário ocorreu da seguinte forma: ao dizer que estava preparado, 2 colaboradores acionavam as câmeras ao mesmo tempo, dando início à gravação. Após esse procedimento, o terceiro colaborador acionava simultaneamente os softwares do EMG e do Catman-Easy, dando um sinal para que o praticante pudesse iniciar o golpe, sendo estipulado, com o voluntário, uma janela de tempo de 10 segundos para a realização do golpe.

3.3.3 Aquisição e tratamento dos dados

A planilha do software Microsoft Excel foi utilizada para obter os gráficos dos chutes estáticos e dinâmicos para todos os sujeitos e, abaixo, segue um exemplo do sinal de aceleração (Figura 15).

Figura 15: Exemplo do sinal verificado.

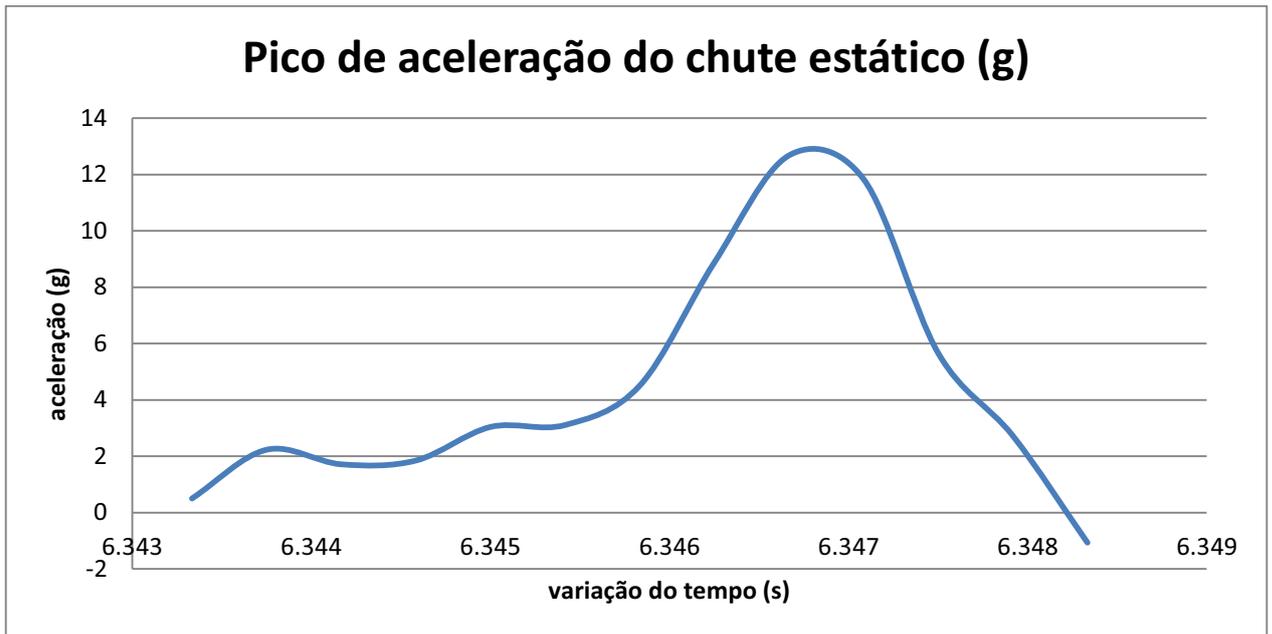


Fonte: (autoria própria, 2015)

Como visto na figura 15 no eixo das abscissas, tem-se a variação do tempo a partir do momento que o pesquisador aciona o software Catman-Easy e, no eixo das ordenadas, encontra-se a variação do valor em (g) do pico de aceleração; o atleta então executa o chute e os dados registrados são salvos em arquivo com extensão XLS do Excel.

Para uma melhor visualização de como se comportou o sinal coletado, fez-se um janelamento buscando deixar mais claras as informações (Figura 16).

Figura 16: Sinal janelado



Fonte: (autoria própria, 2015)

Novamente, em ambos os eixos, tem-se as mesmas informações da figura 15, agora, com o intervalo de tempo curto (5milissegundos).

Além deste processo, foram identificados também no Excel, todos os valores aceleração, tanto dos chutes estáticos como dos dinâmicos, e, após isso, verificado as suas médias aritméticas e desvio padrão.

Para a coleta do tempo de execução do chute foi utilizada uma ferramenta de fragmentação de vídeo do software Kinovea, desde o início da movimentação do pé até, ao final, quando o mesmo entra em contato com o alvo. As imagens foram exportadas com frequência de um quadro a cada 10 centésimos de segundos.

Para determinar o início do movimento do chute, foi considerado o tempo a partir do momento em que o atleta retira o pé do chão (Figura 17) e, para determinar o seu término, foi utilizado o momento em que o mesmo atinge o alvo (Figura 18).

Os dados do pico de aceleração passaram por análise estatística, onde se buscou verificar diferença significativa entre as médias do pico dos chutes estáticos e dinâmicos.

Para testar a normalidade dos dados, utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk e para verificar se houve diferença entre as médias o teste T de Student para amostras independentes.

Figura 17: fase inicial do chute



Fonte: (autoria própria, 2015)

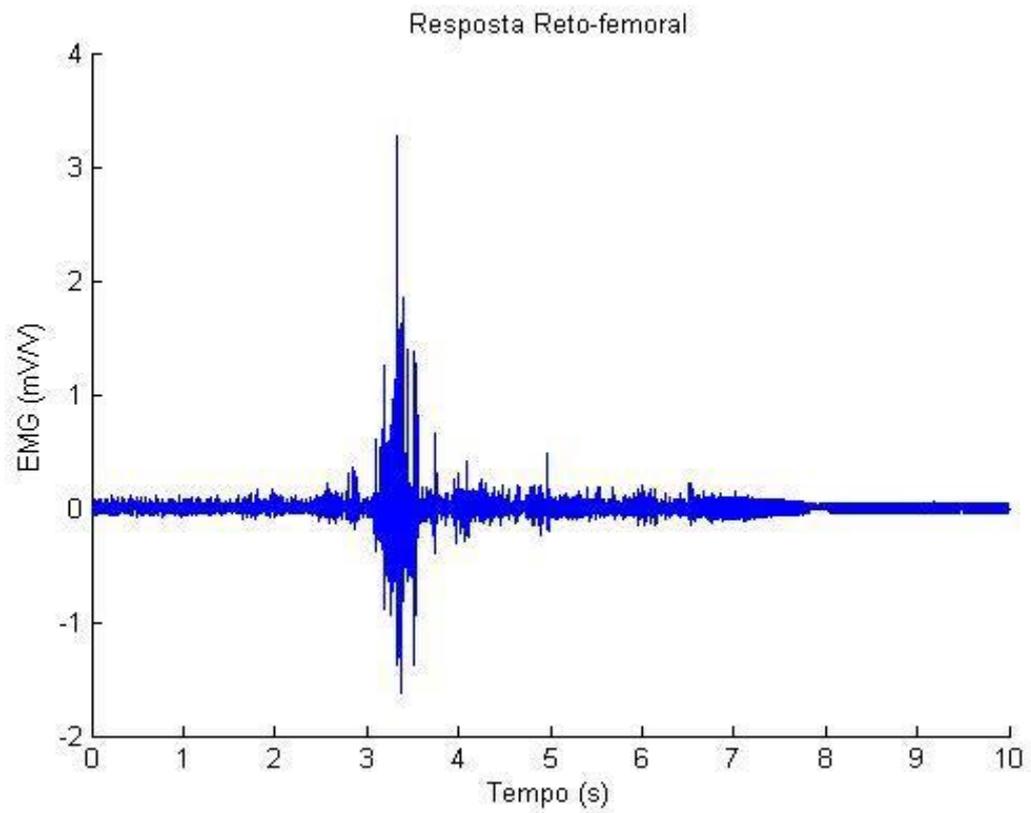
Figura 18: Fase final do chute



Fonte: (autoria própria, 2015)

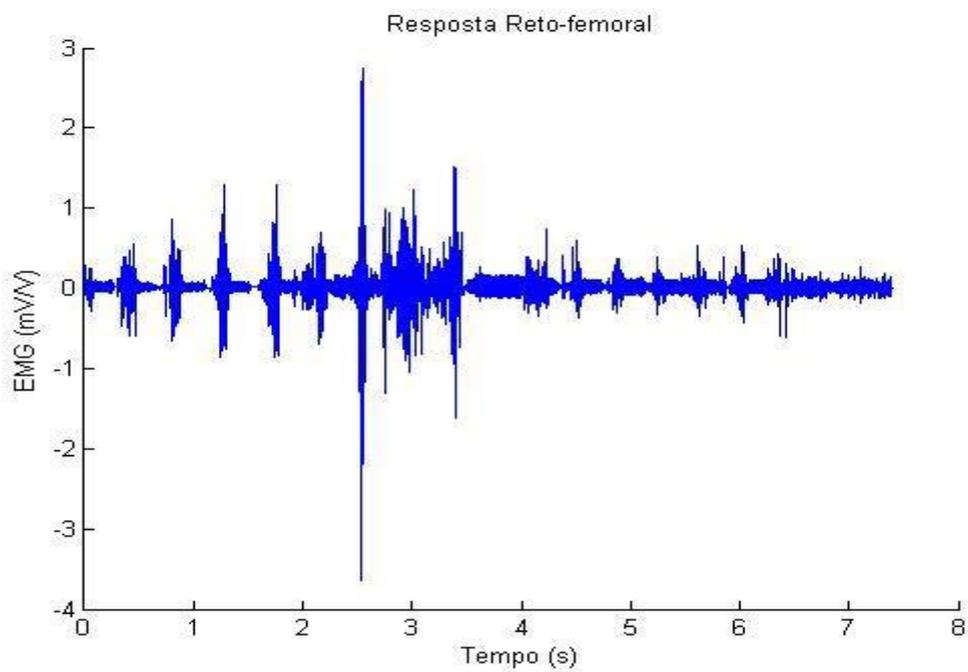
Os dados de contração muscular do Reto femoral foram analisados pelo software MATLAB, onde se obteve os gráficos da atividade muscular para os chutes estáticos e dinâmicos.

Figura 19: Exemplo do pico de contração muscular, chute estático.



Fonte: (autoria própria, 2015)

Figura 20: Exemplo do pico de contração muscular, chute dinâmico.



Fonte: (autoria própria, 2015)

No gráfico da atividade do Reto femoral no chute dinâmico, percebe-se várias “pequenas” atividades musculares antes do pico, isso devido ao fato da movimentação, o que faz com que a musculatura já atue anteriormente ao chute.

Utilizando o Microsoft Excel, foi obtido o pico de ação muscular em um intervalo de 10 milésimos de segundos, e, assim, calculado o RMS (*root mean square*) para todos os chutes neste espaço de tempo, sendo também calculada a média para cada sujeito de ambos os chutes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Apresentação dos dados

A tabela 1 apresenta a média de 5 execuções realizadas para picos de acelerações (estático e dinâmico) e os tempos de execução (estático e dinâmico)

Tabela 1: dados de picos de aceleração e tempo de execução.

Amostras	Média pico de aceleração estático (g)	Média pico de aceleração dinâmico(g)	Média Tempo de execução estático (s)	Média Tempo de execução dinâmico(s)	Massa (kg)	Altura (m)
Sujeito 1	9,83	9,07	1, 28	1,2	104	1,94
Sujeito 2	6,58	6,47	2, 62	2, 54	69	1,71
Sujeito 3	20,44	29,61	2, 38	2, 32	67,5	1,69
Sujeito 4	4,44	6,16	3, 08	2, 94	42	1,60
Sujeito 5	5,91	10,84	2,48	2,30	80	1,77
Sujeito 6	14,69	15,09	3,2	2,72	69	1,81
Sujeito 7	4,72	6,66	1,28	1,32	79	1,68
Sujeito 8	24,88	18,13	3,12	2,86	100	1,83

Foi realizada, inicialmente, uma análise estatística para verificação da diferença entre as médias dos chutes dinâmicos e estáticos dos atletas. Toda a análise foi realizada com o software IBM SPSS statistics versão 20.

Primeiramente, buscou-se identificar a normalidade dos valores das médias do chutes, o teste Shapiro – Wilk foi o utilizado, por ter mais aplicações comuns em trabalhos científicos.

Uma vez identificada a normalidade dos valores, foi escolhido qual teste seria aplicado posteriormente para a análise dos resultado. De acordo com Scudino (2008), os testes paramétricos devem ser utilizados para amostrar com valores normais, e, assim, escolheu-se o teste T para amostras independentes, uma vez que o mesmo busca fazer o comparativo entre as médias de duas amostras diferentes, verificando se existe diferença significativa entre as médias das duas condições (SCUDINO, 2008), sendo este o caso da coleta desta pesquisa.

A hipótese nula é de que as médias não possuem uma diferença significativa, utilizando como valor de significância $\leq 0,05$, e a hipótese alternativa é de que existe uma diferença entre as médias.

Para ser decidido quais destes resultados vão ser utilizados, foi utilizado o teste de Levene, que testa a hipótese de igualdade das variâncias. Se a significância do teste for $P \leq 0.05$, rejeita-se a igualdade das variâncias; se a significância do teste for $P > 0.05$, as variâncias são iguais

Na presente pesquisa, o valor de significância do teste de Levene foi de 0,895 e, assim, usou-se o teste t para variâncias iguais (*Equal variances assumed*). Neste caso, o valor do teste a ser interpretado será $t=1,31608$. Como a significância é maior que 0,05, não rejeitamos a hipótese nula, ou seja, não há uma diferença estaticamente significativa entre as médias, a um nível de 95% de confiança.

Assim, não existindo diferença estatística entre a aplicação dos chutes dinâmicos em relação aos estáticos, pode-se permitir que o atleta utilize a postura de chute que preferir, aquele no qual o seu perfil de luta se encaixa melhor.

A tabela 2 apresenta os resultados de atividades do reto femoral da perna de chute (estático e dinâmico).

Tabela 2: Resultados da eletromiografia no músculo reto femoral da perna de chute.

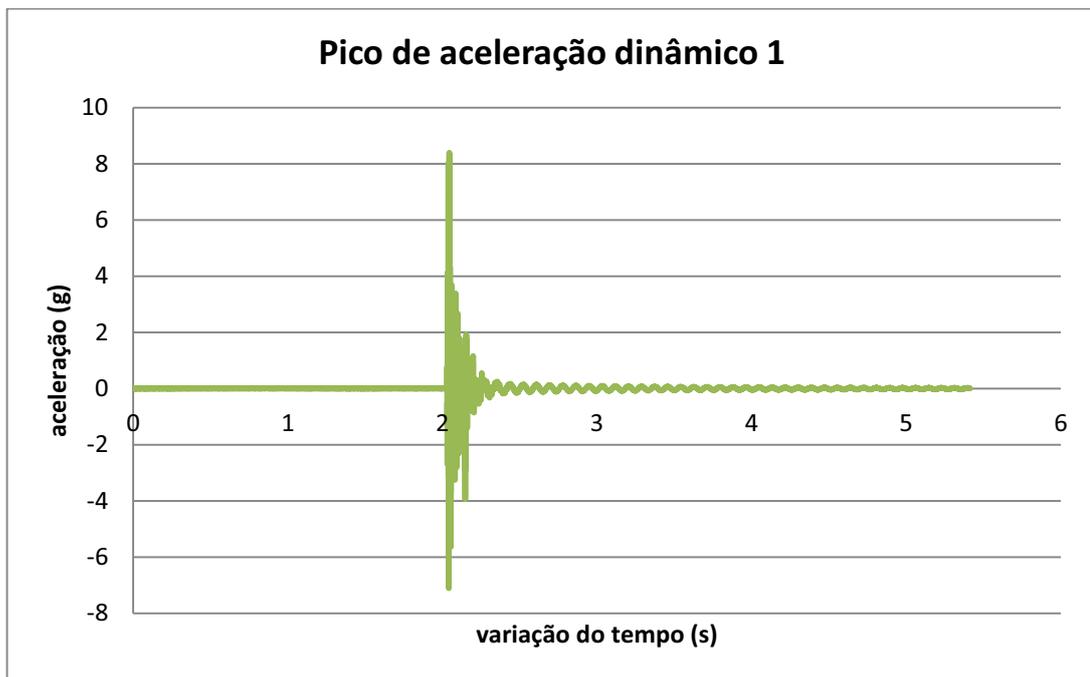
Amostras	Média RMS estático (mV/V)	Média RMS dinâmico (mV/V)	Desvio padrão RMS estático	Desvio padrão RMS dinâmico
Sujeito 1	0,78	0,65	0,212172	0,191201
Sujeito 2	2,08	2,97	0,74789	1,635505
Sujeito 3	1,40	1,72	0,394658	0,273982
Sujeito 4	0,85	1,17	0,220103	0,205614
Sujeito 5	1,56	4,34	0,60108	2,699913
Sujeito 7	1,56	1,37	0,32139	0,375396
Sujeito 8	1,54	1,44	0,672663	0,733367

Uma observação a ser feita é que para a coleta do sujeito 6, da Tabela 1, não foi possível a coletada atividade muscular do Reto femoral, assim o mesmo não aparece como informação na tabela 2.

4.2 O pico de aceleração e o estudo nas artes marciais

Entre as informações coletadas neste estudo, a de maior relevância é o valor do pico de aceleração do chute *Mae geri*, seja ele estático ou dinâmico. Após o impacto segue um curto período de vibração de amortecimento do sistema atleta-alvo, como se é notado no sinal apresentado no gráfico, mostrando uma queda gradativa no valor de aceleração.

Figura 21: Exemplo da queda do sinal



Fonte: (autoria própria, 2015)

O sinal que decresce é o amortecimento do alvo pelo impacto, após o choque ocorre uma resposta do sistema e se obtém valores secundários devido ao movimento oscilatório da estrutura, mesmo que pouco percebido através da inspeção visual. O alvo se deforma elasticamente no sentido da força, assim como o membro recebe a força em sentido contrário, também se deforma elasticamente.

Souza (2002), em sua pesquisa similar, verificou o soco do karatê-do do membro dominante em um alvo também instrumentado com um acelerômetro. Um dos pontos que foi identificado é o de que existe uma tendência de absorção maior de energia vibratória por parte dos sujeitos com uma maior massa corporal, ou seja, a energia resultante do impacto pode estar relacionada diretamente e proporcional à massa do indivíduo que aplica o golpe.

O autor acredita que o tempo de treinamento esteja diretamente ligado com o valor final do pico de aceleração, isso devido, provavelmente, a uma maior consciência corporal que o atleta adquire com os anos de prática na modalidade.

Ainda, analisando os dados que tangem ao desempenho, outro estudo, que verifica as técnicas do karatê-do, realizado por Pozo, Bastien e Dierick (2011), comparou o chute *Mae geri* do membro dominante entre atletas de nível internacional e nacional na Bélgica, sendo todos faixas pretas e com experiência de pelo menos 7 anos, analisando os aspectos de tempo de execução do chute e força de impacto do golpe.

Como resultado, os atletas de performance internacional executam o chute num tempo de médio de 991 milissegundos, enquanto os nacionais realizaram em 1139, um pouco mais lento, porém, um movimento ainda muito rápido. Esses valores, quando comparados às médias dos tempos da Tabela 1, mostram uma diferença maior, onde no chute estático, a média foi de 2432 milésimos de segundos e de 2276 milésimos de segundos no dinâmico.

O caso pode ser explicado pelo fato das amostras terem um tempo de experiência bem menor na modalidade, além disso, na pesquisa dos autores supracitados, os praticantes são atletas de nível nacional e internacional, indicando um padrão de alta qualidade no movimento executado.

Sobre o impacto, o estudo não apontou diferença significativa entre os lutadores nacionais e internacionais, explicando que este fato pode ser decorrente da capacidade dos praticantes em controlar essa força momentos antes do impacto acontecer, isso talvez devido ao fato do bíceps femoral demonstrar alta contração excêntrica durante a extensão de joelho durante o *Mae geri* (SBRICCOLI *et al.*, 2010). Essa explicação motora muscular pode ser também utilizada no caso dos atletas nacionais e internacionais, quando a média da força dos chutes dos atletas não mostrou uma diferença significativa em ambos os tipos de chutes.

Outras modalidades de luta também investigam a força de seus golpes, Coral *et al.* (2011) estudaram a força do chute circular e tempo de execução segundo a categoria de peso de atletas de Tae Kwon do. O estudo selecionou sete atletas da categoria pluma, que seria a mais leve, sete da categoria super leve, de peso médio, e por último, sete pesados, todos com pelo menos 4 anos de experiência na modalidade. Cada voluntário executou o chute circular com o membro dominante em um alvo pré montado.

Apesar do fato de que a massa está diretamente ligada à geração de força, os sujeitos da categoria pesado foram os que apresentaram os menores resultados, 2016,13 N, enquanto que para a categoria super leve foi coletado 2040,93 N de força e para os pluma 2032,64N.

Segundo os pesquisadores, isso pode ter acontecido pelo fato das categorias mais leves desenvolverem uma aceleração do segmento maior que os da categoria pesado, o que vai de encontro com alguns casos das amostras deste estudo, onde é possível se verificar que o atleta que desenvolveu a maior aceleração foi o sujeito 3, atingindo 20,44g no chute estático e 29,61g no dinâmico, tendo ele umas das menores massa corporal; os sujeitos 6 e 5 também mostraram uma maior aceleração e possuem menos massa se comparados aos demais da pesquisa.

Com relação ao tempo de execução, foi verificado que também as categorias menores chutaram mais rápido, porém os autores advertem que isso pode ser devido ao fato de que os seus membros inferiores possuem um comprimento menor e, assim, precisam de uma menor trajetória para completar o chute.

Um ponto em comum nos trabalhos é que a técnica verificada foi feita com os membros dominantes dos indivíduos, isso possui uma grande influência no resultado final da força de impacto. Os pesquisadores Pinto Neto *et al.* (2012) tentaram mostrar essa relação entre a força de impacto e a dominância, comparando o soco do membro dominante com o não dominante de 7 atletas de Kung fu com experiênciamédia de 5 a 10 anos.

A diferença neste estudo foi grande, os membros dominantes tiveram os valores mais altos com média de 1593,76 N, contra apenas 1042,28 N da mão não dominante, isto provavelmente pela melhor coordenação inter articular que o membro dominante possui, além de uma maior massa que influencia no resultado final (PINTO NETO *et al.*, 2012).

Interessante ver como diversos estudos buscam compreender de que maneira se dá a liberação da energia cinética do movimento e qual a magnitude dessa força liberada, porém é importante se atentar aos fatores negativos que podem surgir, principalmente no que tange à lesão esportiva.

4.2.1 Impacto e a lesão esportiva

Muitos são os estudos que buscam identificar as várias causas de lesão esportiva, entre elas o impacto que os atletas de diversas modalidades sofrem; nos Estados Unidos, por exemplo, diversos pesquisadores verificam os riscos do futebol americano, uma vez que este exige que os praticantes entre em contato direto por meio de corrida e empurrões (CRAIG *et al.*, 2008).

Nas lutas os estudos do impacto e suas consequências vêm aumentando, McLatchie (1976) investigou, em um campeonato de karatê-do, a incidência de lesão dos competidores

após o torneio. Dos 295 atletas que participaram da pesquisa, mais de 25% sofreram algum tipo de lesão durante os combates por contato direto com o oponente.

McPherson e Pickett (2010) realizaram um levantamento estatístico sobre os tipos de lesões tratadas nos hospitais do Canadá entre os anos de 1993 a 2006. Foram encontrados 920 casos gerais, dos quais 299 eram da modalidade do karatê-do, caracterizando a modalidade com o maior índice de lesão. Quando analisada a etiologia dessas lesões, verifica-se que o contato por chute é o segundo maior motivo de lesão, perdendo somente para as quedas e saltos, sendo, ainda, que o local mais afetado pelos traumas foram os membros inferiores, em lesões de fratura, estiramento e ferimento de corte.

Quando analisados os dados de força de impacto apresentados tanto nesta pesquisa, fica claro que o chute é um grande gerador de força e pode facilmente acarretar as lesões descritas acima, o sujeito 8, por exemplo, alcançou 24,88 de aceleração em pico.

Atletas olímpicos de boxe profissional alcançam valores maiores, Walilko, Viana e Bir (2005) acharam uma média de 3427 N de força, e pico de aceleração translacional de 58.

Para a obtenção destes dados, os pesquisadores utilizaram um boneco especial (Figura 22) para as pesquisas por impacto, que imita as condições humanas do corpo.

Figura 22: Boneco híbrido 3



Fonte: (WALILKO; VIANA; BIR, 2005).

Sete boxeadores participaram do estudo e cada um executou 3 golpes diretos na cabeça do boneco: para os autores, os dados podem vir a contribuir para uma melhor análise das lesões por impacto na cabeça; por exemplo, a aceleração translacional pode ser o principal

causador de um alto impacto na cabeça (WALILKO; VIANA; BIR, 2005). Os valores obtidos pelos boxeadores são maiores do que os chutes desta pesquisa, mas isso pode ser pelo fato de serem atletas de nível olímpico.

Muito importante é saber a magnitude dos picos de impacto, porém mais importante é saber quais locais são mais acometidos pelas lesões e quais são essas. Destombet *al.*(2006) estudaram 186 praticantes de Karatê-do na cidade de Brest na França, mandando cópias de um questionário com perguntas básicas como gênero, idade, tempo de prática, dados antropométricos e se os mesmos tiveram algum tipo de lesão, maneira como ocorreu e se o fato aconteceu em treinamento ou campeonato.

Dos 186 karatecas, 48 sofreram 83 tipos de lesões, sendo que 57 das injúrias foram de nível baixo, 17 severas, 7 moderadas e 2 muito severas; o tipo de lesões mais citadas foram os hematomas, seguidos pelas entorses e pelos estiramentos musculares. Os locais mais atingidos pelas lesões foram os membros inferiores com 35% dos casos, seguido por 28,9% dos relatos nos membros superiores, 26,5% na cabeça e 9,6% no torso, sendo o principal fator para essas lesões os impactos sofridos durante as lutas, tanto em treinamento quanto em competição. No entanto, a maior parte aconteceu fora dos torneios: dos hematomas, 69,7% ocorreram ao receber um golpe, 87,5% das entorses foram por ter recebido também um golpe e, por último, as injúrias musculares que foram causadas especificamente pela execução dos chutes.

Ao serem comparados dos dados da magnitude dos golpes das diversas pesquisas aos dados obtidos neste estudo, é possível demonstrar que a prática do treinamento da luta potencializa a chances do surgimento de uma lesão, sendo que é verificado um alto valor de impacto como consequência da execução da técnica no adversário. A lesão muscular pode vir a ocorrer, pois o reto femoral é altamente requisitado para a realização do chute, sendo este talvez o motivo que interligue o fato das LD aparecerem pela execução do *Mae geri*.

Outro aspecto identificado é que a maior parte das lesões ocorreram nos atletas de maior tempo e experiência na modalidade, além do fato de estarem a mais tempo praticando e de estarem, assim, mais suscetíveis à injúria, existe também o fato dos mesmos desenvolverem uma maior confiança em suas habilidades e acabarem extrapolando na ação do golpe (DESTOMB *et al.*, 2006).

Uma pesquisa realizada no Brasil, pelos estudiosos Moura. Silva e Alonso (2011) vai de encontro com muitos dados citados anteriormente, onde se aplicou um questionário com 31 participantes do campeonato Brasileiro de Karatê-do ano de 2010, com perguntas como idade, tempo de prática e dados antropométricos, questionando-se, também, sobre a ocorrência de LD em suas carreiras e o local onde mais ela tenha vindo a ocorrer.

Assim como na pesquisa de Destombet *al.* (2006), também foi relatado que os atletas mais experientes vieram a sofrer mais lesões e que essas ocorrem principalmente no treinamento.

Sobre os locais mais acometidos, novamente, temos os membros inferiores em primeiro lugar, com o foco principal nas coxas, em segundo a região do tronco e, em terceiro, os membros superiores, tendo o diagnóstico clínico mostrado que de um total de 38 lesões, 13(34,21%) eram por fratura/luxação, seguidas das lesões musculares 11(28,9%), asentorses 6(15,8%), tendinite/fascite 5(13,1%) e por, último, as lombalgia/dorsalgia com 03(7,91%).

Este caso difere um pouco da pesquisa realizada por Destombet *al.* (2006), pois surgiram problemas relacionados à região lombar e tendinites, casos que não haviam sido citados anteriormente.

O fato de os MMII serem a região que mais sofre é explicado devido a grande utilização dos chutes permitidos na modalidade, pois os técnicos incentivam a execução do golpe, já que o mesmo facilita a obtenção da vitória. Além disso, fatores como treinamento incorreto e excesso de repetição do movimento pode levar à exaustão da musculatura (MOURA; SILVA; ALONSO, 2011; ZETARUK, *et al.*, 2005).

Com isso, é possível dizer que o impacto do chute também está envolvido com as lesões, uma vez que nesta pesquisa as amostras geraram acelerações de alto valor em seus alvos, podendo, assim, pré-dispor às lesões citadas acima, não somente para quem recebe o golpe, mas como também para quem o executa, já que dependendo da região de contato que o pé toca, uma resistência é oferecida.

O impacto ocasionado pela técnica pode ser fatal, segundo Oliveira, Vieira e Valença (2011) existem casos que o choque pode vir a causar óbito, exemplo disso foi o que ocorreu a um atleta de 20 anos que, após ter recebido um chute na cabeça, morreu no hospital devido a um hematoma extradural.

O papel deste trabalho também foi de identificar de que maneira o impacto atua no corpo humano, e, inicialmente, é possível dizer que os choques podem causar danos físicos, ocorrendo por meio de receptores biológicos e mecanismos de transferência que produzem mudanças no organismo (SOUZA, 2002).

Foram citadas aqui diversas patologias que podem surgir devido ao impacto do chute, e, segundo Souza (2002), a causa mais comuns desse tipo de lesão se dá pelos fortes indícios de que as forças transientes, geradas durante o impacto, são danosas aos tecidos ósseos, sendo, depois de acidentes automobilísticos, a prática de modalidades de contato a maior causadora

da aparição desse tipo de força, onde as sobrecargas sofridas podem ultrapassar o limite dos tecidos (ossos, musculatura, cartilagens e tendões) gerando macro e micro traumatismos.

Assim como Souza (2002) faz uma análise dos possíveis danos causados aos membros superiores, é possível fazer uma relação semelhante para os membros inferiores, por exemplo: é sugerido, pelo autor, que uma hiperextensão de cotovelo pode vir a ser danosa durante a execução do soco, pois a região distal da ulna pode chocar-se com o olecrano, podendo ser danoso ao ligamento colateral ulnar; assim, fazendo-se uma alusão aos membros inferiores, uma vez que o atleta faça uma hiperextensão de joelho, pode ser que ocorra um toque entre os epicôndilos do fêmur com os côndilos da tibia, fazendo com a patela se sobreponha e ocorra um dano no ligamento cruzado posterior.

Assim como a mão é o primeiro segmento do corpo que recebe a transmissão da vibração da execução do soco, os pés também passam pelo mesmo processo, sendo os que mais sofrem com a fadiga mecânica. Um estudo demonstrou alguns valores para que se ocorra a lesão na porção distal do rádio e, como resultado, 3,39 kN foi a força necessário para que isso viesse a acontecer. Sabendo-se que os socos dos atletas atingem um valor bem maior, fica claro o quanto as extremidades dos segmentos estão expostas ao risco de injúria.

Apesar de não ter um valor específico para a região distal da tíbia, é provável que a mesma possa vir a sofrer com os altos valores de chutes apontados nesta pesquisa.

Este tipo de fratura aparece devido ao stress que as forças transientes transmitem pelo esqueleto no momento do impacto (WHITLLE, 1999). A fadiga mecânica é um fenômeno de perda progressiva do material, e o tecido ósseo não deixa de ser um, que pode sofrer repetitivos ciclos de tensão, ocorrendo um acúmulo de micro fraturas que, por sua vez, aumenta a chance do aparecimento de problemas na estrutura (SOUZA, 2002).

Com a execução exagerada de chutes que geram altos valores de força, é muito provável que o praticante possa vir a desenvolver algum tipo de lesão com o passar dos anos de treinamento e com o advento do envelhecimento, uma vez que as pessoas com idade avançada possuem densidade óssea menor, fator que sujeita, com maior intensidade, à lesão por stress.

Os resultados obtidos nesta pesquisa possuem indícios interessantes, os efeitos da aceleração no corpo humano vêm sendo estudado a um tempo, iniciou-se com os pilotos de aeronaves onde valores de 7g foram os admitidos para a segurança (GILLIGHAM, 1986).

Os sujeitos nesta pesquisa atingiram valores de aceleração altos, variando de 4,44 a 24,88g para os chutes estáticos, e 6,16 a 29,61g para os chutes dinâmicos, sendo possível comparar estes dados com o estudo realizados por Hino, Ohdo e Takahashi (2014), que verificaram o impacto da queda de trabalhadores em locais de construção, usando diferentes

cintos de segurança: no estudo, os valores de aceleração encontrados estão na média de 30g, o que é considerado muito acima do recomendado. Quando são analisados os valores da aceleração encontrados na presente pesquisa, os valores dos chutes, e comparados com os achados pelos pesquisadores supracitados, pode-se dizer que geram uma aceleração muito grande, podendo ser altamente prejudicial aos praticantes

Outro aspecto importante da consequência do choque do golpe é a absorção da energia vibratória, que, por sua vez, é dissipada por todo o segmento do membro inferior, sendo o quadril a articulação que, provavelmente, sofre menos e o pé é o que recebe a maior carga, já que é o primeiro a tocar o alvo (PIUCCO, 2010).

Na cinemetria realizada nesta pesquisa, é perceptível uma quase extensão total do joelho dos atletas no momento em que tocam o alvo, esse gesto faz com que ocorra uma transferência da quantidade de movimento do pé, através da perna e coxa, para as demais partes do corpo. Segundo Nigg, Cole e Bruggemann (1995), no momento do impacto, o segmento atua sob uma condição de desequilíbrio e a onda de tensão se propaga pelo membro, se os mesmos fossem rígidos, após o choque eles se moveriam com velocidade igual aos seus centros de massas e se moveriam de maneira uniforme no sentido contrário da direção de impacto, porém, como o corpo humano é composto por materiais visco esqueléticos, a amplitude das ondas de impacto são amenizadas, talvez, por isso, diferentes magnitudes de choques são encontradas nas regiões do corpo (PIUCCO, 2010).

No momento do impacto, ocorre ainda uma movimentação das articulações envolvidas na direção do choque, transformando parte da energia cinética do sistema em movimento angular, e diminuindo as forças aplicadas desde o local do impacto até as demais regiões corporais. Este movimento voluntário de rotação das articulações é dependente do grau de rigidez de cada articulação, regulado pela ativação muscular (NIGG; COLE; BRUGGEMANN, 1995).

Apesar disso, a repetitividade dos movimentos acaba gerando tensão no organismo, Piucco (2010) realizou um estudo com judocas para avaliar o dano que as articulações sofriam durante o treinamento de técnicas de queda no tatame, e, como conclusões, as vibrações geradas no organismo dos judocas durante a queda causaram sintomas momentâneos e lesões crônicas degenerativas; em judocas que realizam treinos frequentes com grande exigência de amortecimento de quedas, uma ativação muscular a fim de atenuar as ondas vibratórias sofridas no corpo durante a queda é requerida.

No karatê-do não é diferente, o excesso da atividade pode também gerar lesões, como visto neste estudo, as magnitudes das acelerações dos chutes alcançam valores altos e para

cada golpe executado, há uma dispersão dessa força no próprio segmento, podendo ser ela danosa para o organismo.

Apesar de tudo, faltam ainda informações a respeito de como as vibrações transitórias no organismo, causadas pelo impacto, podem, de fato, ocasionar algum tipo de seqüela no segmento atingido, requerendo que estudos se aprofundem mais neste tópico.

4.2.2 EMG e pico de aceleração

Ao se comparar as Tabelas 1 e 2, é possível identificar algumas informações: na tabela do RMS, os sujeitos 2, 3, 4 e 5 tiveram uma maior ativação do músculo Reto Femoral durante o chute dinâmico, enquanto os voluntários 1, 7 e 8 tiveram uma maior ação durante o chute estático.

Quando se observa a Tabela 1, verifica-se que os praticantes 3, 4, e 5 tiveram um maior pico de aceleração durante o chute dinâmico, indo de encontro com uma maior ativação da musculatura, enquanto que o sujeito 2, mesmo exigindo mais do Reto Femoral no chute dinâmico, obteve uma aceleração um pouco maior nos estáticos.

Para os atletas 1 e 8, a aceleração foi maior no movimento estático, porém, também o atleta 7 obteve uma maior aceleração na técnica dinâmica, mesmo tendo requisitado mais a musculatura durante o estático.

Como mencionado durante a discussão, um dos fatores que podem pré-dispor à lesão vem ser a experiência de quem executa o golpe, uma vez que, confiante da técnica, o atleta a faz com extrema potência, exigindo uma contração muito rápida durante o curto espaço de tempo em que acontece a ação; ao avaliar o sujeito 5 que possui 14 anos de prática, é percebido que ele possui a maior atividade do Reto Femoral durante o golpe dinâmico, implicando, talvez, em uma hiperextensão de joelho; caso a repetitividade do golpe seja grande, é possível que o atleta venha a sofrer alguma tipo de injúria durante o treinamento ou competição.

Ao se comparar as acelerações obtidas pelos sujeitos, os maiores valores encontrados foram para os golpes dinâmicos (atletas 3, 4, 5, 6, 7), isso talvez porque os golpes em postura dinâmica são mais próximos à realidade do combate e, assim, tendo uma prática mais comum entre os atletas. Vale ressaltar que os picos encontrados podem ser prejudiciais à saúde, uma vez que alcançam valores acima dos considerados seguros para os limites humanos.

Os praticantes 1, 2 e 8 obtiveram valores de aceleração maiores para o chute estático, onde tais dados também mostram um resultado alto indicando risco lesivo na execução.

Vale ainda fazer outra observação: os resultados encontrados não indicam uma certeza no acontecimento da lesão, mas, sim, uma implicação de que ela possa vir a ocorrer. De fato, uma relação direta entre os dados apresentados e as lesões é de difícil obtenção, sendo que se pode apenas ser sugerido e ser comparado com os estudos já realizados. Ainda faltam pesquisas que focadas neste ponto específico em modalidades menos expressivas, principalmente nos estudos nacionais. São necessários que estudos tentem identificar como o corpo pode reagir às condições impostas de combate, podendo assim haver uma maior contribuição para a Biomecânica e a prática segura de uma modalidade.

4.3 Interferências do Educador Físico no atual quadro de lesão no karate

Infelizmente, ainda existe uma grande parcela de instrutores que trabalham com artes marciais, mesmo não possuindo uma formação acadêmica, tendo somente como base de conhecimento o empirismo.

Este fato ainda é muito persistente no meio Profissional no que tange à Educação Física e, segundo Betti e Betti (1996), no Brasil ainda não existem garantias desta prática segura, uma vez que não se pode afirmar que os professores de Educação Física utilizam seus conhecimentos fisiológicos, biomecânicos e didáticos corretamente durante a prática de uma modalidade.

Pensando na esfera das artes marciais, é evidente que essa situação possa vir a contribuir para o acontecimento de uma lesão esportiva, e como tais profissionais atendem todas as pessoas independente de idade ou gênero, crianças e adolescentes podem estar expostos ao surgimento de lesões, como aponta Caine, Maluffi e Caine (2008): o treinamento mal direcionado pode ser catastrófico; por exemplo, foi identificado que metade das lesões em vôlei feminino no colegial eram oriundas do treinador mal preparado. Outro ponto é que muitas vezes os treinadores tentam ensinar movimento de difícil execução que, em muitos casos, nem os próprios professores são capazes de executar.

No karatê-do, a perspectiva não é diferente. Zetaruket *al* (2000) fez um levantamento das lesões ocorridas em uma escola de Karate em Boston, aplicando-se um questionário onde se perguntou sobre as injúrias ocorridas no último ano de treino; 68 estudantes responderam o questionário e, como resultado, uma maior incidência de lesão nos membros inferiores encontrada, seguido pelos membros superiores, tronco e cabeça.

Assim como os adultos, crianças e adolescentes mais experientes sofreram a maior parte das lesões, levando os pesquisadores a apontarem 2 fatores para o ocorrido: primeiro, o fator

biológico, já que o período de crescimento dos sujeitos pode acarretar um rápido crescimento dos ossos causando tensões no tendão da musculatura, e, segundo fator, o tipo de treinamento que o instrutor adota, onde um bom controle das atividades e bom pré-aquecimento são essenciais para se evitar lesões musculares.

Outro fator relevante são os campeonatos organizados pelas federações, sejam elas mundiais ou nacionais. Antes do ano 2000, o nível de lesões na modalidade karatê-do era alto, fazendo com que a Federação Mundial de Karate (WKF) promovesse mudanças nas regras, objetivando exclusivamente a diminuição dos índices de LD (BADAN; VrBANAC; RÓMIC, 2006).

Entre as mudanças estavam a penalidade por golpes muito fortes que visassem a cabeça ou pescoço, e o surgimento do aparato como luvas, sendo as mesma padronizadas.

Badan, VrBanac e Rómico (2006) realizaram um levantamento de todas as lesões em competições de karatê-do que ocorreram na Croácia, iniciando-se no ano de 1997 e terminando em 2002. Os resultados mostram uma queda significativa nas lesões, tanto para o sexo feminino quanto para o masculino, no ano de 1997, onde 47 mulheres sofreram algum tipo de dano. Já em 2002, este número caiu para 35 mulheres que sofreram algum tipo de lesão e, para os homens, observou-se um decréscimo de 118 para 53 lesionados, mostrando uma melhora no quadro após a aplicação das novas regras e na utilização dos equipamentos de proteção (BADAN; VrBANAC; RÓMIC, 2006).

No Brasil, a aplicação destas regras e equipamentos precisa ainda ser melhor estruturada. A Confederação Brasileira de Karate (CBKT), para cada ano de campeonato, escreve uma regulamentação que especifica os equipamentos de proteção obrigatórios para as lutas em competição, porém, as outras instituições não apontam tais fatores, como é o caso da Federação Paulista de Karate Tradicional que, em seu website, não cita o uso dos equipamentos de proteção e, em seu código regulamentador, não mostra punições ou advertências por uso excessivo de força em locais perigosos, deixando tudo à subjetividade da decisão dos árbitros presentes nas competições, o que, atualmente, contribui para que a modalidade do Karatê-do seja equiparada ao esporte amador e não à competição esportiva profissional.

Portanto, é necessário que exista uma maior repercussão dos perigos que o despreparo do profissional, a falta de conhecimento acadêmico e a má organização podem surtir no que tange a lesão de praticantes de karatê-do.

4.4 Sugestões de continuidade.

Por este ser um trabalho na área da Biomecânica, existe a necessidade que dados mais específicos sejam levantados por outras pesquisas como, por exemplo, uma coleção maior de dados antropométricos para homens e mulheres considerando suas diferenças na análise do golpe, além disso, informações sobre resistência dos segmentos corporais, e um maior levantamento nas patologias também contribuiriam para um melhor entendimento, e até mesmo uma possibilidade de se criar um modelo matemático.

5 CONCLUSÃO

O estudo por métodos Biomecânicos relacionou o pico de aceleração do chute frontal do karatê-do com as possibilidades de lesão. Nesta perspectiva, relata-se que as pesquisas mostram que o impacto pode gerar riscos para a saúde dos atletas, tanto para o que recebe o golpe, como para quem o executa. Também foi verificado que o tempo de execução das amostras se mostrou um pouco maior do que o dos praticantes profissionais, fator relacionado com a necessidade gerada pela alta performance.

Mostrado também que os níveis de aceleração atingidos foram altos, e não necessariamente vinculados à massa do sujeito, as lesões, luxações e estiramentos musculares estavam presentes, podendo ser originados tanto no impacto quanto no excesso da execução, estando este último ligado a maior parte das lesões musculoesqueléticas.

Pelo valor do RMS, foi visto que não necessariamente o chute que mais requisita a musculatura é o mais potente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, P. R. C. et al. Lesões Desportivas na Natação. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. São Paulo, v. 16, n. 4, p. 273 – 277, jul/ago. 2010.
- AMADIO, A. B.; SERRÃO, J. C. A Biomecânica em Educação Física e Esporte. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 25, p. 15-24, dez. 2011.
- AMADIO, A. C; COSTA, P.H.L; SACCO, I.C.N; SERRÃO, J.C. Introdução à análise do movimento humano: descrição e aplicação dos métodos biomecânicos de medição. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Paulo, v. 3, p. 41-54, 1999.
- ARENA, S. S; CARAZZATO, J. G. A relação entre o acompanhamento médico e a incidência de lesões esportivas em atletas jovens de São Paulo. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. São Paulo, v. 13, n. 4, p. 217 – 221, jul/ago. 2007.
- BETTI, I.R.; BETTI, M. Novas perspectivas na formação profissional em educação física. **Motriz**. Rio Claro. v.2, n.1, p.10-5, 1996.
- BREDA, M. et al. **Pedagogia do esporte aplicada às lutas**. São Paulo: Phorte, 2010. 159p.
- CAINE, D; MAFULLI, N; CAINE, C. Epidemiology of injury in child and adolescent sports: injury rates, risk factors and prevention. **Clinics in sports medicine**, v. 7, n. 27, p. 19 – 50, 2008.
- CARR, G. **Biomecânica dos esportes – um guia pratico**. Sao Paulo: Manole, 1998. 214p.
- CHAFFIN, D. B; ANDERSON, G. B. J; MARTIN, B. J. **Occupational Biomechanics**. 3º ed. New York: John Wiley, 1999. 578p.
- CORAL et al. Capacidad de generación de fuerzas de golpeo y tiempo de ejecución según La categoría de peso entaekwon do. **Revista de ciências Del deporte**. Merida, v. 7. p. 23 – 29. 2011.
- COSTA, P.H.L. et al. A Biomecânica e a produção do conhecimento em Fisioterapia: levantamento baseado em anais do congresso brasileiro de Biomecânica. **Fisioterapia e pesquisa**. São Carlos, v. 19, n. 4, p. 381-387, 2012.
- COUTO DE SOUZA, J. M. et al. Lesions in Shotokan Karate and Jiu-Jitsu – Direct Trauma Versus Indirect. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. São Paulo, v. 17, n. 2, p. 107 – 110, mar/abr. 2011.
- CRAIG et al. Biomechanical response of the human mandible to impacts of the chin. **Journal of Biomechanics**. Detroit, v. 41, n. 14, p. 2972 – 2980. 2008.
- DESTOMB et al. Incidence and nature of karate injuries. **Joint bone spine**. Brest, v. 73, p. 182 – 188. 2006.

FERREIRA, M. A. R; BRITO, A. V. Electromechanical delay in ballistic movement of superior limb: comparison between karate athletes and nonathletes. **Perceptual e motor skills**. Missoula, v. 111, n. 2, p. 722 – 734, dec. 2010.

FUNAKOSHI, G. **Karatê- Do: o meu modo de vida**. São Paulo: Cultrix, 1975. 132p.

GILLINGHAM, K.K.G-tolerance standards for aircrew and selection. **Aviat Space Environ Medicine**. Brooke, v. 58, p. 1024 – 1026, jul. 1986.

HALL, S. J. **Basic Biomechanics**. 4th ed. New York: McGraw Hill, 2003. 539p.

HAMILL, J; KNUTZEN, K.M. **Bases biomecânicas do movimento humano**. Sao Paulo: Manole, 1999. 532p.

HARRIS, C. M.; CREDE, C. E. (Orgs.). **Shock & Vibration Handbook**. 2. ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1976. 1168p.

HINO, Y; OHDO, K; TAKAHASHI, H. Fall protection characteristics of safety belts and human impact tolerance. **National Institute of Occupational Safety and Health**. v. 52 p. 424 – 431, aug. 2014.

KANAZAWA, H. **Guia prático do karatê**. São Paulo: Escala, 2010. 232p.

LENNARD, T. A; CRABTREE, H. M. **Spine in Sports**. Philadelphia: ElsevierMosby, 2005. 226p.

LIMA, L. M. S. **O Tao da educação: a filosofia oriental na escola ocidental**. São Paulo: Àgora, 2000. 220p.

LOSS et al. Medidas de velocidades em diferentes modalidades esportivas utilizando cinemetria. VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica, 8, 1999, Florianópolis, **Anais... UFSC**. 1999. p. 77 – 82.

MACAN, J; BUNDALO-VRBANAC D; ROMIĆ G. Effectsofthe new karaterulesonthe incidence and distribution of injuries. **British Journal of Sports Medicine**. V, 40. p. 326-330, jan. 2006.

MCLACTHIE, G. R. Analysis of karate injuries sustained in 295 contests. **British journal of accident surgery**. London, v. 8, n. 2, p. 132 – 134, Nov. 1976.

MCPHERSON, M; PICKETT, W. Characteristics of martial art injuries in a definedCanadian population: a descriptiveepidemiological study. **BMC Public Health**. v. 10, p. 1 -7. 2010.

MOREIRA, S. M. **Pedagogia do esporte e o Karate-dô:considerações acerca da iniciação e da especialização esportiva precoce**. 2003. 212 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

MOURA, A. L; SILVA, A. S; ALONSO, A. C. Lesões musculoesqueléticas em atletas de elite do karatê: modalidade katá e kumitê. **Fisioterapia Brasil**. São Paulo, v. 12, n. 5, p. 342 – 346, set/out. 2011.

NAGATA, E. Y. **Análise Biomecânica Instrumental da Técnica de Judô MoroteSeoiNage, Através de uma Metodologia de Treinamento.** 2010. 81f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) -Faculdade de Engenharia do Campus deGuaratinguetá, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Guaratinguetá, 2010.

NATALI, M. **Dicionário ilustrado de Budô: artes marciais do oriente.** Rio de Janeiro: Ediouro-Tecnoprint, 1981. 169p.

NIGG, B. M.; COLE, G. K.; BRUGGEMANN, G. P. Impact forces during heel-toe running. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 11, p. 407–432, 1995.

NORDIN, M; FRANKEL, V. H; HIRSCH, V. **Biomecânica básica do sistema músculo esquelético.** 3º ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 401p.

OLIVEIRA, D. A; VIEIRA, A. C. C; VALENÇA, M. M. Trauma crânio – encefálico e outras lesões em atletas do karatê de alto nível. **RevistaNeurobiologia.** Pernambuco, v. 74, n. 1, p. 107 – 114, jan/mar. 2011.

PINTO NETO et al. The effect of hand dominance on martial arts strikes. **Hum mov sci.** Florida, v. 31, n. 4, p. 824-833. Aug. 2012.

PIUCCO, T. **Análise das vibrações mecânicas no corpo dos judocas durante os amortecimentos de quedas.** 2010. 125f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

POZO, J; BASTIEN, G; DIERICK, F. Execution time, kinetics, and kinematics of the mae-geri kick: Comparison of national and international standard karate athletes. **Journal of Sports Sciences.** London, v.29, n. 14, p. 1553 – 1561, nov. 2011.

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO TUTORIAL ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Fundamentos de Biomecânica.** São Paulo: USP, 2009. 73p. Disponível em: <<http://www.petefeusp.com.br/downloads.php>>. Acesso em: 09 de Out, 2013.

RESTROM, A. F. H; LYNCH, S. A. Lesões ligamentares do tornozelo. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte.** São paulo, v. 5, n. 1, p. 13 – 23, jan/fev. 1999.

ROUQUAYROL, M. Z; ALMEIDA FILHO, N. **Epidemiologia e saúde.** 6º ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 708p.

SAFRAN, M. R., MCKEAG, D. B.; CAMP, S. P. Van. **Manual de medicina esportiva.** Barueri: Manole, 2002. 909p.

SANTOS, S.S; GUIMARÃES, F.J.S.P. Avaliação Biomecânica de atletas paraolímpicos brasileiros. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte.** São Paulo, v. 8, n. 3, p. 92-98, jun. 2002.

SBRICCOLI et al. Neuromuscular control adaptations in elite athletes: The case of top level karateka. **European Journal of Applied Physiology.** London, v. 108, p. 1269–1280. 2010.

SCUDINO, P. A. **A utilização de alguns testes estatísticos para análise da variabilidade do preço do mel nos municípios de Angra dos Reis e Mangaratiba Estado do Rio de Janeiro.** 2008. 51f. Trabalho de graduação (Graduação em Matemática Licenciatura e Bacharel) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

SOUZA, M; MONTEIRO, H; DEL VECCHIO, F; GONÇALVES, A. Referring to judo's sports injuries in São Paulo State Championship. **Science & sports.** Amsterdam, v. 21, n. 5, p. 280 – 284, october. 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0765159706000670>> Acesso em: 10/09/2013.

SOUZA, V. A. **Análise de impacto e risco de lesões no segmento superior associadas a execução da técnica de gyakutsuki sobre makiwara por praticantes de karate do estilo shotokan.** 2002. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

TORRES, S. F. **Perfil epidemiológico de lesões no esporte.** 2004. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

VANDERLEI, F. M. **Lesões em crianças e adolescentes praticantes de diferentes modalidades esportivas.** 2011. 134f. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, 2011.

VIERO, F. T. **Análise cinética do soco do karatê em postura natural e avançada.** 2012. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências do movimento humano) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

WALILKO, T, J; VIANO, D, C; BIR, A, C. Biomechanics of the head for Olympic boxer punches to the face. **British Journal of Sports Medicine.** London, v. 39, p. 710 – 719. 2005.

WHITTLE, M, W. Generation and attenuation of transient impulsive forces beneath the foot: a review. **GaitandPosture.** v. 10, p. 264 – 275. 1999.

WHITING, W. C; ZERNICKE, R. F. **Biomecânica da lesão musculoesquelética.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 2001. 251p.

YARD, E. E; KNOX, C. L; SMITH, G. A; COMSTOCK, R. D. Pediatric Martial arts injuries presenting to emergency departments, United States 1990 – 2003. **Journal of science and medicine in sport.** Ohio, v. 10, n. 4, p. 219 – 226, jun. 2007.

ZETARUK, et al. Injuries in martial arts: a comparison of five styles. **British Journal of Sports Medicine.** London, v. 39, n. 2, p. 29 – 33, 2005.

ZETARUK et al. Karate injuries in children and adolescents. **Accident Analysis Prevention.** Boston v. 32, n. 3, p. 421-425. 2000.

ANEXO A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado Participante

Contamos com a sua participação voluntária nessa pesquisa, que tem como objetivo Analisar o movimento de Chute frontal do Karate-dô, e correlacionar os valores de impacto com possíveis lesões em membros inferiores advindas da técnica.

Essa coleta de dados envolve a realização de um ensaio voltado à pesquisa, que tem como objetivos:

Objetivo Geral: Analisar o movimento de Chute frontal da arte Marcial Karate Shotokan em dois momentos (prática errada e prática correta), e correlacionar os valores de impacto com possíveis lesões em membros inferiores advindas da técnica.

Objetivos Específicos:

- Realizar mensurações de grandezas dinâmicas (aceleração), da execução do movimento Mae Geri.
- Verificar força máxima e pico de impacto também máximo.
- Verificar atividade muscular nos membros inferiores durante a execução da Técnica.

Tal participação não oferece risco à integridade física ou moral do participante, bem como não oferecerá despesa ou benefício direto ao mesmo.

Vale relembrar que sua cooperação é voluntária e sigilosa, os dados serão utilizados exclusivamente para fins de pesquisa e será permitida a retirada do consentimento a qualquer momento da pesquisa sem prejuízo ao participante.

Agradecemos sua colaboração.

Paulo José Moraes de Paula Santos (acadêmico)

Prof. Dr. Tamotsu Hirata (Orientador)

Prof. Dr. Marcelo Sampaio Martins (Co-orientador).

Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho (UNESP)

Consentimento de participação da pessoa como sujeito

Conhecendo os objetivos e condições da pesquisa, concordo em participar do estudo, ciente que a pesquisa não oferece nenhum risco à integridade física e moral dos participantes, como também, que é permitido retirar meu consentimento em qualquer momento, excluindo as informações do conjunto de dados.

Nome: _____

RG: _____ - Cargo: _____

Instituição: _____

Data: ____/____/____

Assinatura: _____

ANEXO B



Faculdade de Pindamonhangaba



Recredenciada pela Portaria Ministerial n.º 516, de 12/06/2013 publicada no D.O.U. de 13/06/2013

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA FAPI

CERTIFICADO



Certifico que o protocolo n.º. 279/2013, intitulado "*Análise do impacto de chute frontal do Karate Shotokan*", sob a responsabilidade do Prof. Tamotsu Hirata está de acordo com a Resolução 466/2013 do Ministério da Saúde e suas complementações, a qual versa sobre os princípios éticos em pesquisa envolvendo seres humanos. Sendo assim, o referido protocolo está **Aprovado** por esta Comissão de Ética em Pesquisa.

Pindamonhangaba, 19 de Setembro de 2014.

PROF. DR. MATHEUS DINIZ GONÇALVES COELHO
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa
da FAPI/FUNVIC

ANEXO C**FICHA DE AVALIAÇÃO FÍSICA**

Nome: _____

Idade: _____

1. Tempo de prática na modalidade, e atual graduação.

R: _____

2. Possui algum antecedente de lesão?

R: _____

3. Se você responde sim na pergunta "2", qual o tipo de lesão que veio a sofrer?

R: _____

4. Indique:

Sua Massa corporal: _____

Sua Altura: _____