

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RENAN PINTO DOS SANTOS

A ARTE SUAVE - A FÍSICA DO JIU-JITSU

A ARTE SUAVE - A FÍSICA DO JIU-JITSU

2017

CURITIBA
2017

RENAN PINTO DOS SANTOS

A ARTE SUAVE - A FÍSICA DO JIU-JITSU

Trabalho apresentado como requisito parcial à conclusão no curso de Licenciatura em Física (17A), do Departamento de Física do Setor de Ciências Exatas da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Orientador: Prof. Dr. José Varalda

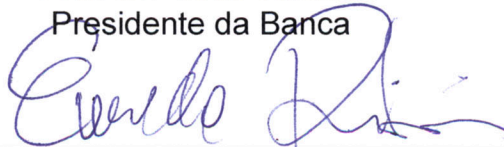
CURITIBA
2017

ATA DA APRESENTAÇÃO E ARGUIÇÃO ORAL DE
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 07 dias do mês de julho de 2017, as 19 horas, na sala PE03, Bloco II, do Centro Politécnico, na Universidade Federal do Paraná, compareceu o acadêmico **Renan Pinto dos Santos**, aluno do Curso de Licenciatura em Física do Setor de Exatas da Universidade Federal do Paraná, para fazer a apresentação e arguição oral relativa ao seu **Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)**, intitulado “**A arte suave – a física do jiu-jitsu**”, orientado pelo Professor Dr. José Varalda, perante a banca examinadora, que foi assim constituída: Prof. Dr. José Varalda, como Presidente da Banca, o Prof. Dr. Evaldo Ribeiro, como 1º Membro da Banca e o Prof. Dr. Milton Massumi Fujimoto, como 2º Membro da Banca. Após assistirem a exposição do acadêmico acima nomeado e arguirem-no sobre diferentes aspectos do TCC apresentado, os membros da banca reuniram-se para atribuição da nota final, a qual foi 9,0 (nove), de acordo com o **Relatório de Avaliação de TCC**, que acompanha esta Ata, estando o acadêmico aprovado na disciplina TCC2, com a recomendação de que todas as sugestões de correções indicadas pela Banca sejam atendidas e que a versão definitiva do TCC seja entregue conforme as regras estabelecidas pelo Colegiado de Curso e no prazo fixado. A nota final foi comunicada ao acadêmico. Nada mais havendo a ser tratado, o Presidente da Banca declarou encerrada a seção e todos os membros da Banca assinaram a presente Ata.



Prof. Dr. José Varalda
Presidente da Banca



Prof. Dr. Evaldo Ribeiro
1º Membro da Banca



Prof. Dr. Milton Massumi Fujimoto
2º Membro da Banca



Renan Pinto dos Santos
Orientando

“Dedico esse trabalho a Deus e ao Senhor Jesus Cristo.”

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde e motivação para completar mais uma etapa na minha vida. Nesses últimos quatro anos e meio não faltaram pessoas que me apoiaram de diversos modos, logo os próximos versos dedico a essas pessoas. Agradeço aos meus Pais, Ademir Miguel dos Santos e Maria de Lourdes Pinto dos Santos, pelo amor e apoio ao qual sempre me deram. Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. José Varalda, pela paciência e oportunidade para realizar este trabalho. Agradeço aos meus professores de Jiu-Jitsu, Rafael Capellini Pacheco, João Gabriel M. Moraes e Onairam dos Santos Costa, e a todos meus companheiros de treino, por terem me ensinado o pouco que sei na Arte Suave. Agradeço aos professores Rodrigo Fajardo “Pimpolho” da Gracie Barra Cabral e Joansio Lima Moraes “JC” da Arena Colombo, por sempre me receberem muito bem nos treinos de suas academias. Agradeço aos meus irmãos de farda do Segundo Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA 2), Anderson da Silva Xavier, Matheus Carrassai Pereira, Antonio Araujo de Almeida Filho, Raphael da Silva Santana e Marcelo Ansbach, por terem me ajudado a estudar nos momentos mais difíceis.

Um homem que não tem gratidão não tem caráter, logo este trabalho é de todos os senhores.

(Versos da Canção Metal Contra as Nuvens da Banda Legião Urbana)

“E nossa história não estará pelo avesso
Assim, sem final feliz
Teremos coisas bonitas pra contar

E até lá, vamos viver
Temos muito ainda por fazer
Não olhe pra trás
Apenas começamos
O mundo começa agora
Apenas começamos.”

RENATO RUSSO

RESUMO

Este trabalho se propõe a produzir um estudo sobre alguns conceitos da física no Jiu-Jitsu Brasileiro, pretendendo correlacionar as ideias correntes no Jiu-Jitsu com seus conceitos físicos inerentes. O Jiu-Jitsu, sendo uma arte genuinamente aplicada para submissão do adversário, requer uma definição básica dos conceitos da mecânica, logo essa pesquisa pode ajudar a indicar aos praticantes dessa arte marcial, qual a melhor maneira de aplicar cada técnica.

Palavras-Chave: Centro de Massa, Centro de Gravidade, Linha de Gravidade, Base de Suporte, Equilíbrio, Torque e Força.

ABSTRACT

This work intends to produce a study on some concepts of physics in Brazilian Jiu-Jitsu, aiming to correlate the ideas rooted in Jiu-Jitsu with its inherent physical concepts. Jiu-Jitsu, being an art genuinely applied for submission of the opponent, requires a basic definition of the concepts of mechanics, so this research can help indicate to practitioners of this martial art the best way to apply each technique.

Keyword: Center of Mass, Center of Gravity, Line of Gravity, Base of Support, Balance, torque and force.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| FIGURA 1 - MESTRE JIGORO KANO..... | 15 |
| FIGURA 2 - MITSUYO MAEDA..... | 16 |
| FIGURA 3 - CARLOS GRACIE | 19 |
| FIGURA 4 - HÉLIO GRACIE | 20 |
| FIGURA 5 - PARTES CONSTITUINTES DE UM KIMONO DE JIU-JITSU | 23 |
| FIGURA 6 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA DE GUARDA ABERTA. CORTESIA DA ACADEMIA DACTA BRAZILIAN JIU-JITSU TEAM. | 24 |
| FIGURA 7 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA DE GUARDA FECHADA. CORTESIA DA ACADEMIA DACTA BRAZILIAN JIU-JITSU TEAM. | 24 |
| FIGURA 8 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA DE GUARDA GANCHO. CORTESIA DA ACADEMIA DACTA BRAZILIAN JIU-JITSU TEAM. | 25 |
| FIGURA 9 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA DE GUARDA ARANHA. CORTESIA DA ACADEMIA DACTA BRAZILIAN JIU-JITSU TEAM. | 25 |
| FIGURA 10 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA DE PASSAGEM DE GUARDA. CORTESIA DA IBJJF..... | 26 |
| FIGURA 11 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA DE QUEDA. CORTESIA DA IBJJF..... | 27 |
| FIGURA 12 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA DE RASPAGEM PARTINDO DA GUARDA GANCHO. CORTESIA DA IBJJF..... | 27 |
| FIGURA 13 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA DE MONTADA. CORTESIA DA IBJJF..... | 28 |
| FIGURA 14 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA DE JOELHO NA BARRIGA. CORTESIA DA IBJJF..... | 29 |
| FIGURA 15 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA PEGADA NAS COSTAS. CORTESIA DA IBJJF. | 29 |
| FIGURA 16 - CG DO CORPO HUMANO | 32 |
| FIGURA 17 - LINHA DE GRAVIDADE (LG) DO CORPO HUMANO..... | 32 |
| FIGURA 18 - BASE DE SUPORTE (BS) DO CORPO | 33 |
| FIGURA 19 - RELAÇÃO DO EQUILÍBRIO COM O MOVIMENTO DO CG..... | 33 |

| | |
|---|----|
| FIGURA 20 - BASE DO CAVALEIRO | 35 |
| FIGURA 21 - BASE DO ARQUEIRO..... | 36 |
| FIGURA 22 - DEFINIÇÃO VETORIAL DO CENTRO DE MASSA (CM)..... | 38 |
| FIGURA 23 - O TORQUE DE UMA FORÇA | 40 |
| FIGURA 24 - MOMENTO DE INÉRCIA | 41 |
| FIGURA 25 - MOMENTOS DE INÉRCIA DE FIGURAS GEOMÉTRICAS ESPACIAIS | 41 |
| FIGURA 26 - FORÇA PERPENDICULAR À BS..... | 42 |
| FIGURA 27 - ATLETA DEMONSTRANDO A TÉCNICA DE USHIRO-UKEMI. CORTESIA DO CANAL PROJETO JUDÔ | 44 |
| FIGURA 28 - ATLETA DEMONSTRANDO E EXPLICITANDO A ABERTURA DOS BRAÇOS DA POSIÇÃO USHIRO-UKEMI. CORTESIA DO CANAL PROJETO JUDÔ..... | 45 |
| FIGURA 29 - MOVIMENTO DE UMA RODA CAINDO DE UMA ALTURA H... 46 | 46 |
| FIGURA 30 - VARIAÇÃO DA ENERGIA POTENCIAL NA TÉCNICA USHIRO- UKEMI. CORTESIA DO CANAL PROJETO JUDÔ..... | 47 |
| FIGURA 31 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA DE O-SOTO-GARI. 52 | 52 |
| FIGURA 32 - BALANÇA EM EQUILÍBRIO | 53 |
| FIGURA 33 - LG FORA DA BS (DESEQUILÍBRIO)..... | 54 |
| FIGURA 34 - ANÁLISE DE GRANDEZAS VETORIAIS DO O-SOTO-GARI | 55 |
| FIGURA 35 - RELAÇÃO DA BS E TAMANHO DOS PÉS..... | 58 |
| FIGURA 36 – RELAÇÃO TRIGONOMÉTRICA ENTRE O θ_c , h e $dpé$ | 58 |
| FIGURA 37 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA ARM LOCK DA GUARDA FECHADA..... | 62 |
| FIGURA 38 - PONTOS PARA QUEBRAR UM CABO DE VASSOURA..... | 63 |
| FIGURA 39 - ANATOMIA BÁSICA DO BRAÇO E ANTEBRAÇO DO CORPO HUMANO | 64 |
| FIGURA 40 - ANÁLISE DE GRANDEZAS VETORIAIS DO ARM LOCK DA GUARDA FECHADA..... | 65 |
| FIGURA 41 - VISÃO AJUSTADA PARA ANÁLISE DE GRANDEZAS VETORIAIS DO ARM LOCK DA GUARDA FECHADA..... | 66 |

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

BS – Base de Suporte

CG - Centro de Gravidade

CM - Centro de Massa

IBJJF - International Brazilian Jiu-Jitsu Federation

LG - Linha de Gravidade

MMA - Artes Marciais Mistas (mixed martial arts)

PC – Plano das Costas

UFC - Ultimate Fighting Championship

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| AGRADECIMENTOS | 5 |
| RESUMO..... | 7 |
| LISTA DE ILUSTRAÇÕES | 9 |
| LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS | 11 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 2. A HISTÓRIA DO JIU-JITSU..... | 15 |
| 2.1. O JIU-JITSU BRASILEIRO | 18 |
| 3. LINGUAGEM TÉCNICA BÁSICA | 22 |
| 3.1. KIMONO, KEIKOGI e DOGI..... | 22 |
| 3.2. GUARDA..... | 23 |
| 3.3. PASSAGEM DE GUARDA..... | 26 |
| 3.4. QUEDA | 26 |
| 3.5. RASPAGEM..... | 27 |
| 3.6. MONTADA | 28 |
| 3.7. JOELHO NA BARRIGA..... | 28 |
| 3.8. PEGADA PELAS COSTAS | 29 |
| 4. EQUILÍBRIO | 31 |
| 4.1. ANÁLISE PRÁTICA DO EQUILÍBRIO..... | 31 |
| 4.2. ANÁLISE FÍSICA DO EQUILÍBRIO..... | 37 |
| 5. USHIRO-UKEMI | 44 |
| 5.1. TÉCNICA ILUSTRADA DO USHIRO-UKEMI..... | 44 |
| 5.2. ANÁLISE PRÁTICA DO USHIRO-UKEMI..... | 45 |
| 5.3. ANÁLISE FÍSICA DO USHIRO-UKEMI..... | 46 |
| 6. O-SOTO-GARI..... | 52 |
| 6.1. TÉCNICA ILUSTRADA DO O-SOTO-GARI | 52 |
| 6.2. ANÁLISE PRÁTICA DO O-SOTO-GARI | 53 |
| 6.3. ANÁLISE FÍSICA DO O-SOTO-GARI | 54 |
| 7. ARM LOCK DA GUARDA FECHADA..... | 62 |
| 7.1. TÉCNICA ILUSTRADA DO ARM LOCK DA GUARDA FECHADA..... | 62 |
| 7.2. ANÁLISE PRÁTICA DO ARM LOCK DA GUARDA FECHADA | 63 |

| | |
|---|----|
| 7.3. ANÁLISE FÍSICA DO ARM LOCK DA GUARDA FECHADA | 65 |
| 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 69 |
| 9. REFERÊNCIAS | 70 |

1. INTRODUÇÃO

Todo praticante de Jiu-Jitsu que aplica um golpe usa a física. Na verdade, para analisar qualquer tipo de movimento complicado é preciso recorrer a explicações que são possíveis apenas com um entendimento da mecânica. Neste projeto analisarei de que forma os movimentos básicos desta arte marcial, tais como quedas, fuga de quadril, ponte, arm lock e triângulo, podem ser explicados através dos conceitos da física.

Basicamente usa-se a força (própria e, quando possível, do próprio adversário) em alavancas, o que possibilita que um lutador, mesmo sendo menor que o oponente, consiga vencer. No chão, com as técnicas de estrangulamento e pressão sobre articulações, é possível submeter o adversário fazendo-o desistir da luta (competitivamente), ou (em luta real) fazendo-o desmaiar ou quebrando-lhe uma articulação. O Jiu-Jitsu, sendo uma arte genuinamente aplicada no solo para submissão do adversário, requer uma definição básica dos conceitos para aplicação das técnicas, que são: queda, imobilização e finalização. Toda luta começa em pé, e a tendência para um praticante do Jiu-Jitsu é conseguir projetar seu oponente ao solo, imobilizá-lo e facilitando a finalização.

Para um bom observador a física está em tudo, e essa pesquisa pode ajudar a indicar aos praticantes dessa arte marcial, qual a melhor maneira de aplicar cada técnica. Pretendo correlacionar as ideias arraigadas no Jiu-Jitsu com seus conceitos físicos inerentes. Esta correlação é sem dúvida uma maneira de um praticante instruído se sobressair contra seu adversário.

Ressalto que todas as definições propostas nesse trabalho são de minha autoria.

2. A HISTÓRIA DO JIU-JITSU

Baseado na autobiografia do Grande Mestre Helio Gracie^[1], o Jiu-Jitsu ou jiu-jítsu, também conhecido como jujutsu ou ju-jitsu (jū, "suavidade", "brandura", e jutsu, "arte", "técnica" Jiu jitsu é a denominação da arte e jiu "jutsu") é a denominação da arte de guerra. É uma arte marcial originada no Japão que utiliza alavancas e pressões para derrubar, dominar e submeter o oponente, tradicionalmente sem usar golpes traumáticos, que não eram muito eficazes no contexto em que a luta foi desenvolvida, porque os guerreiros (bushi) usavam armaduras.



FIGURA 1 - MESTRE JIGORO KANO

Segundo alguns historiadores o Jiu-Jitsu ou "arte suave", nasceu na Índia e era praticado por monges budistas. Preocupados com a autodefesa, os monges desenvolveram uma técnica baseada nos princípios do equilíbrio, do sistema de articulação do corpo e das alavancas, evitando o uso da força e de armas. Com a expansão do budismo o Jiu-Jitsu percorreu o sudeste asiático, a China e, finalmente, chegou ao Japão, onde desenvolveu-se e popularizou-se.

A história mais divulgada de praticamente todas as artes marciais orientais se insere na mesma tradição lendária da origem do Zen, ao qual se pretende que estas artes marciais estejam ligadas em sua origem. O Zen teve origem na Índia, através da difusão feita por missionários budistas saídos desta região e, nesta linha, se chega à figura lendária de Bodhidharma, indiano que teria sido o 28º patriarca do Zen, fundador do Mosteiro Shaolin, na China, de onde se teriam originado os estilos do kung fu (Wu Shu). Essa arte foi exportada para o resto do Oriente com a tentativa de ligar todas as artes marciais orientais a esta lendária origem comum com a origem do Zen.

Mas se mesmo esta origem do Zen, na literatura especializada no assunto, é vista pelos estudiosos sérios, como Allan Watts, como tentativa piedosa de traçar uma ligação contínua da tradição com a origem remota na

¹ Livro GRACIE JIU-JITSU, Grande Mestre Helio Gracie. Editora Saraiva 1ª Edição, ano 2010.

figura do Buda, com muito mais razão o estudioso sério de artes marciais deve ser alertado para o perigo de aceitar a Índia ou mesmo a China como "origem" de todos os estilos de luta oriental.

Segundo um especialista do quilate de Donn Draeger, PhD em Haplologia e especialista em Artes Marciais orientais, o Jiu-Jitsu é produto japonês. Para ele, atribuir ao Jiu-Jitsu origem mesmo chinesa (sobre a "origem indiana" ele nem cogita) é o mesmo que atribuir ao inventor da roda o desenvolvimento dos carros modernos^[2]. Mesmo numa obra escrita por autores da família Gracie, como o livro de Jiu-Jitsu do Royce e do Renzo Gracie, vemos uma discussão mais realista sobre esta questão das origens do Jiu-Jitsu.

No Japão, para diferenciar do antigo Jiu-Jitsu foi usado o termo Judô, quando Jigoro Kano (FIGURA 1 - MESTRE JIGORO KANO)^[3] desenvolveu um método esportivo reunindo as técnicas menos perigosas do Jiu-Jitsu. Os ideogramas Kanji japoneses de Jiu-Jitsu, podem receber diferentes pronúncias. No caso de "jiu" pode se pronunciar "ju" e no caso do "jitsu" pode se pronunciar "do", ou seja, jujitsu, jiujitsu e judo são traduções possíveis para os mesmos ideogramas japoneses. Portanto, Jigoro Kano apenas usou uma pronúncia diferente para a velha palavra Jiu-Jitsu, na intenção de denominar sua "invenção".



FIGURA 2 - MITSUYO MAEDA

A partir do final do século XIX, alguns mestres de Jiu-Jitsu migraram do Japão para outros Continentes, vivendo do ensino da arte marcial e das lutas que realizavam. Mitsuyo Maeda (FIGURA 2)^[3], conhecido como Conde Koma, foi praticante e estudioso do antigo Jiu-Jitsu e ao visitar a escola Kodokan finalizou por um golpe chamado ippon 8 faixas preta em sequência, tornando-se faixa preta (3 dan) no estilo Kodokan, que conhecemos hoje como judô.

^[2] Citação de Donn F. Draeger no livro Classical Budo (1973), página 113.

^[3] Imagens integrantes do Livro GRACIE JIU-JITSU, Grande Mestre Helio Gracie. Editora Saraiva 1ª Edição 2010.

Mitsuyo Maeda, depois de viajar com sua trupe lutando em vários países da Europa e das Américas, chegou ao Brasil em 1915 e se fixou em Belém do Pará, no ano seguinte, onde conheceu Gastão Gracie. Pai de oito filhos, cinco homens e três mulheres, Gastão tornou-se um entusiasta do Jiu-Jitsu e levou o mais velho, Carlos, para aprender a luta com o japonês.

O Judô Kodokan é um estilo forte hoje em dia, devido às ligações políticas de Jigoro Kano, mas no início, os lutadores do estilo Kosen (estilo com enfoque em Ne-Waza, técnicas de chão) foram superiores nos campeonatos, fazendo com que as regras fossem mudadas para que não fossem mais permitidos os golpes no chão.

Mitsuyo Maeda foi o responsável de levar o judô para algumas partes do mundo, tais como EUA e Brasil.

Em suas lutas pelo mundo, Mitsuyo Maeda sempre aprendia e incorporava técnicas ao seu estilo, e também lutava em exibições, motivo pelo qual foi expulso da Kodokan. Entretanto, com a popularidade do Jiu-Jitsu, algumas fontes o citam como judoca kodokan no intuito de desmerecer o Gracie Jiu-Jitsu.

Todas as formas de Artes marciais japonesas atuais são "restauradas" tendo em vista que seus idealizadores foram contemporâneos, como Jigoro Kano (Judô), Morihei Ueshiba (Aikidô) e outros mais novos como mestre Oyama (kiokushin). Estes estilos foram fundados por volta de 1900 como produtos de exportação do Japão para os gaijin (estrangeiro), sendo então estilos desmembrados e deslocados dos contextos antigos, para ensinar técnicas isoladas, uma maneira de não perder a hegemonia nas artes marciais.

Antigamente havia vários estilos de Jiu-Jitsu, e cada clã tinha seu estilo próprio. Por isso o Jiu-Jitsu era conhecido por vários nomes, tais como: kumiuchi, aiki-ju-jitsu, koppo, gusoku, oshi-no-mawari, yawara, hade, jutai-jutsu, shubaku e outros.

No fim da era Tokugawa, existiam cerca de 700 estilos de Jiu-Jitsu, cada qual com características próprias. Alguns davam mais ênfase às projeções ao solo, torções e estrangulamentos, ao passo que outros enfatizavam golpes traumáticos como socos e chutes. A partir de então, cada estilo deu origem ao desenvolvimento de artes marciais conhecidas atualmente de acordo com suas características de luta, entre elas o judô e o aikidô.

O Jiu-Jitsu era tratado como joia das mais preciosas do Oriente. Era tão importante na sociedade japonesa que chegou a ser por decreto imperial proibido de ser ensinado fora do Japão ou aos não japoneses, proibição que atravessou os séculos até metade do século XX. Era considerado crime de lesa-pátria ensiná-lo aos não japoneses. Quem o fizesse era considerado traidor do Japão, condenado à morte, sua família perdia todos os bens que tivesse e sua moradia era incendiada. Com a introdução da cultura ocidental no Japão, promovida pelo Imperador Meiji (1867-1912), as Artes Marciais caíram em relativo desuso em função do advento das armas de fogo. As artes de luta só voltaram a ser revalorizadas mais tarde, quando o Ocidente também já apreciava esse tipo de luta.

Por muito tempo, o Jiu-Jitsu foi a luta mais praticada no Japão, até o surgimento do Judô, em 1882. O Jiu-Jitsu caiu em desuso e perdeu a sua popularidade quando a polícia de Tóquio organizou um combate entre as escolas mais famosas de Judô e Jiu-Jitsu que teve por resultado 12 combates de 15 ganhos pelo Judô e um empate. Desta forma a polícia de Tóquio, que resume a sua eficácia a arte marcial, pois não usavam armas, escolheu a prática do Judô, de forma que o Judô ganhou fama e popularidade por todo o Japão. Mas o Jiu-Jitsu não foi esquecido nem apagado, a sua prática foi mantida viva por algumas escolas. Nos dias de hoje é difícil encontrar a arte marcial antiga e original do Jiu-Jitsu, pois sofreu algumas variantes e influencias de outras artes marciais de forma a adaptar-se as novas realidades e necessidades dos praticantes.

As principais escolas japonesas de Jiu-Jitsu são as seguintes: Araki-ryu, Daito-ryu aiki-jujutsu, Hontai Yoshin-ryu, Sekiguchi Shinshin-ryu, Sosuishitsu-ryu, Takenouchi-ryu, Tatsumi-ryu, Tenjin Shinyo-ryu, Yagyū Shingan Ryu e Yoshin Ryu.

2.1. O JIU-JITSU BRASILEIRO

Em 1917, Mitsuyo Maeda foi enviado ao Brasil em missão diplomática com o objetivo de receber os imigrantes japoneses e fixá-los no país. Sensei da

Academia Kodokan de judô, Maeda ensinou Carlos Gracie em virtude da afinidade com seu pai, Gastão Gracie. Carlos por sua vez ensinou a seus demais irmãos, em especial a Hélio Gracie. Neste ponto surgem duas teorias. A primeira alega que Maeda ensinou somente o judô de Jigoro Kano a Carlos,



e esse o repassou a Hélio, que era o mais novo dos irmãos homens Gracies, adaptando-o com grande enfoque no Ne-Waza (técnicas de solo do judô, ponto central do Jiu-Jitsu desportivo brasileiro).

Carlos Gracie (FIGURA 3)^[4], aos 15 anos, encontrou no Jiu-Jitsu um meio de realização pessoal. Aos 19, se transferiu para o Rio de Janeiro com a família e adotou a profissão de lutador e professor dessa arte marcial. Viajou para Belo Horizonte e depois

FIGURA 3 - CARLOS GRACIE para São Paulo, ministrando aulas e vencendo adversários bem mais fortes fisicamente. Em 1925, voltou ao Rio e abriu a primeira Academia Gracie de Jiu-Jitsu. Convidou seus irmãos Oswaldo e Gastão para assessorá-lo e assumiu a criação dos menores, George, com 14 anos, e Hélio (FIGURA 4), com 12.

Desde então, Carlos passou a transmitir seus conhecimentos aos irmãos, adequando e aperfeiçoando a técnica à compleição física franzina característica de sua família. Também lhes transmitiu sua filosofia de vida e conceitos de alimentação natural, sendo um pioneiro na criação de uma dieta especial para atletas, a Dieta Gracie, transformando o Jiu-Jitsu em sinônimo de saúde.

De posse de uma técnica eficiente de defesa pessoal, Carlos Gracie viu no Jiu-Jitsu um meio para se tornar um homem mais tolerante, respeitoso e autoconfiante. Imbuído de provar a superioridade do Jiu-Jitsu e formar uma tradição familiar, Carlos Gracie lançou desafios aos grandes lutadores da época e passou a gerenciar a carreira dos irmãos.

Enfrentando adversários 20, 30 quilos mais pesados, os Gracie logo adquiriram fama e notoriedade nacional. Atraídos pelo novo mercado que se abriu em torno do Jiu-Jitsu, muitos japoneses vieram para o Rio, porém,

^[4] Imagem integrante do Livro GRACIE JIU-JITSU, Grande Mestre Helio Gracie. Editora Saraiva 1ª Edição 2010.

nenhum deles formou uma escola tão sólida quanto a da Academia Gracie, pois o Jiu-Jitsu que praticavam privilegiava as quedas e o dos Gracie, o aprimoramento da luta no chão e os golpes de finalização.

Ao modificar as regras internacionais do Jiu-Jitsu japonês nas lutas que ele e os irmãos realizavam, Carlos Gracie iniciou o primeiro caso de mudança de nacionalidade de uma luta, ou esporte, na história esportiva mundial. Anos depois, a arte marcial japonesa passou a ser denominada de Jiu-Jitsu brasileiro, sendo exportada para o mundo todo, inclusive para o Japão.

Para compensar seu biótipo, a partir dos ensinamentos de Carlos, Hélio Gracie (FIGURA 4)^[5] aprimorou a parte de solo pelo uso do dispositivo de alavanca, dando-lhe a força extra que o mesmo não dispunha. A segunda teoria, apoiada pelos Gracies, fala que Maeda era, também, exímio praticante de Jiu-Jitsu antigo, como Jigoro Kano, e foi essa a arte que ensinou aos brasileiros. Porém, em uma recente entrevista, Hélio Gracie afirma que Carlos lutava judô, que não existe mais Jiu-Jitsu no Japão, e que os lutadores de Ne-Waza japoneses que praticam MMA hoje em dia, são essencialmente Judocas e finalmente que criou o Jiu-Jitsu existente hoje.

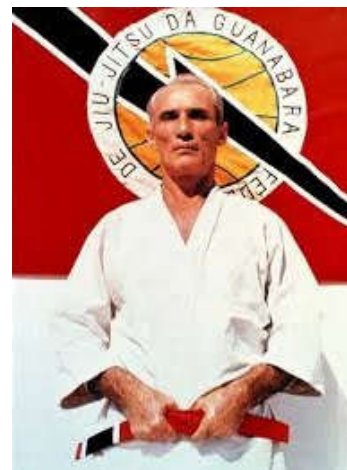


FIGURA 4 - HÉLIO GRACIE

É certo que o Jiu-Jitsu tradicional de muito difere do praticado no Brasil atualmente. Este possui imobilizações, chaves e finalizações que privilegiam mais o uso da técnica em detrimento da força; assemelhando-se bastante ao Judô "Kosen" da época de Jigoro Kano.

O Judô existente antes da Segunda Guerra Mundial, ensinado à Mitsuyo Maeda, fora influenciado, como já dito, por muitas escolas e, dentre elas, a "Kosen", que privilegiava o trabalho de solo sem limite de tempo. Tais evidências, acompanhadas pelos clamores de Hélio ao fim de sua vida, enaltecem a probabilidade da teoria de que o Jiu-Jitsu brasileiro surgiu do Judô ser verdadeira.

^[5] Imagem integrante do Livro GRACIE JIU-JITSU, Grande Mestre Helio Gracie. Editora Saraiva 1ª Edição 2010.

Em Portugal, atualmente ainda se pratica o jujutsu associado aos samurais do antigo Japão. Note-se que no caso dessa arte tradicional as palavras ju (flexibilidade, gentil, suave) e jutsu (arte) são diferentes das Jiu-Jitsu mais utilizadas para classificar o chamado Jiu-Jitsu brasileiro, criado pelos irmãos Gracie. Crê-se que essa vertente tenha sido propagada na Europa por Minuro Mochizuki. No caso do Jiu-Jitsu tradicional são utilizadas armas como o tanto (faca), o tambo (bastão), o kubotan ou kashinobo (semelhante a uma caneta), a tonfa (utilizada pelas forças policiais), o bo (bastão comprido) e a katana, entre outros. Tendo a vertente de defesa pessoal, militar ou policial compreende técnicas de batimento, projeção, imobilização, controle, estrangulamento e reanimação, além de poder ser combinado com as técnicas de massagem terapêutica (shiatsu ou seitai). A maior diferença entre os estilos tradicional e brasileiro talvez seja o uso de diferentes armas (bukiwaza) e também uma menor utilização da luta no chão no Jiu-Jitsu tradicional, sendo que esse utiliza também técnicas de controle como o hojojutsu. Nessa arte também as graduações são diferentes, além de um maior vínculo aos usos e tradições japonesas. A ligação ao mestre é muito forte e são utilizadas com muita frequência expressões e nomes japoneses no tocante às técnicas.

3. LINGUAGEM TÉCNICA BÁSICA

Neste ponto, damos atenção ao leitor que não pratica o Jiu-Jitsu e/ou não conhece os termos técnicos e jargões utilizados nesta arte. Para entendermos os conceitos básicos precisamos previamente conhecer os termos mais utilizados. A explicação prévia da linguagem técnica básica do Jiu-Jitsu é importante, pois todas as explicações posteriores desse trabalho podem ser utilizadas os termos da referida linguagem, tais como: kimono, guarda, passar a guarda, pegada, raspagem, base e etc.

3.1. KIMONO, KEIKOGI e DOGI

Kimono (着物) é roupa tradicional japonesa, usada por homens, mulheres e crianças. A palavra “kimono” significa “coisa para usar” (ki = “usar” e mono = “coisa”). Portanto, é a roupa de uso diário no Japão.

É comum ouvirmos falar em Kimono e, de fato, é bem comum vermos as os instrutores referir-se ao uniforme das mais diversas artes marciais por tal termo que se popularizou. Contudo, não se usa Kimono [着物] nem no Judô, Jiu-Jitsu, nem em nenhuma arte marcial, seja ela de origem japonesa ou não.

Desta forma, é correto nomear o uniforme ou roupa de treino das artes marciais de origem japonesa de **Keikogi** (稽古着 ou 稽古衣, Keikogui) que significa “uniforme de treinamento” (keiko = treinamento, prática; gi = roupa). Sendo um uniforme para prática de artes marciais, não consiste de kimono, mas sim, de uma vestimenta específica para cada modalidade. Uma palavra possível seria **Dogi** [道衣] que significa “o uniforme usado no caminho”, logo se você colocar o nome da arte marcial no lugar de “do”, você obtém exatamente o significado de dogi (Jujitsugi, Judogi, Aikidogi e etc).

No entanto, para efeito de estudo nesse trabalho e ampla popularização da palavra Kimono, utilizarei os três termos como sinônimos.

O Kimono divide-se, de uma forma geral, em três partes: *Uwagi* [上着] - Parte de cima, casaco; *Shitabaki* [下履] - Parte de baixo, calças; *Obi* [帯] – Cinto, faixa.

Outras partes que compõe o uniforme para o treino são a *Eri* [襟] = gola, *Sode* [袖] = manga, *Sodeguchi* = abertura da manga e *Shita* = parte de baixo do *Uwagi*, conforme FIGURA 5^[6].



FIGURA 5 - PARTES CONSTITUINTES DE UM KIMONO DE JIU-JITSU

3.2. GUARDA

No Jiu-Jitsu, a guarda é posição em que o atleta mantém o adversário entre suas pernas ou tenta controlá-lo com as mesmas, definindo pelo uso de uma ou das duas pernas para impedir que o adversário atinja o controle transversal ou longitudinal do atleta que está por baixo.

Existem vários tipos de guarda, no entanto todas as posições de guarda têm o aspecto em comum que é servir como defesa para a passagem de guarda do adversário e ataque como raspagens ou finalizações, termos que

^[6] Imagem integrante do web site KEIKOSPORTS (<https://www.keikosports.com.br/empresa>).

serão também explicados nas próximas seções. Uma frase muito comum dita nas academias é: “ Colocou o seu adversário na guarda tem que raspar ou finalizar. ”, frase ao qual demonstra o intuito básico de uma guarda.

A guarda aberta consiste em posição que o atleta mantém a distância do seu adversário através dos pés no quadril e a pegada no pano do kimono, de tal forma que os braços do adversário estejam dominados, conforme FIGURA 6.



FIGURA 6 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA DE GUARDA ABERTA. CORTESIA DA ACADEMIA DACTA BRAZILIAN JIU-JITSU TEAM.

A guarda fechada consiste em posição que o atleta mantém seu adversário próximo ao chão e entre suas pernas, mantendo os pés entrelaçados (cadeado fechado), conforme FIGURA 7. No Jiu-Jitu, esta é posição extremamente favorável ao atleta que está por baixo, pois partindo dessa posição existem diversos ataques aos braços e pescoço do adversário.



FIGURA 7 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA DE GUARDA FECHADA. CORTESIA DA ACADEMIA DACTA BRAZILIAN JIU-JITSU TEAM.

Outro tipo de guarda muito utilizada é a guarda de gancho que consiste em posição que o atleta controla a distância, mantendo os pés atrás dos joelhos do adversário (gancho) e a pegada no pano do kimono, de tal forma que os braços do adversário estejam dominados, conforme FIGURA 8. Essa posição permite dificultar a postura ereta do adversário, deslocando seu centro de massa mais próximo das pernas do atleta, facilitando possíveis quedas.



FIGURA 8 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA DE GUARDA GANCHO. CORTESIA DA ACADEMIA DACTA BRAZILIAN JIU-JITSU TEAM.

A guarda de aranha consiste em uma posição que o atleta controla firmemente os braços, mantendo os pés sobre os bíceps do adversário e a pegada no pano do kimono, de tal forma que os braços do adversário estejam dominados, conforme FIGURA 9. Essa posição reduz a mobilidade dos braços do adversário, mantendo seu equilíbrio nos pés. Ou seja, nessa posição, se o adversário colocar um ou ambos os joelhos no chão, possivelmente sofrerá a queda com facilidade, pois seus braços estão dominados.



FIGURA 9 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA DE GUARDA ARANHA. CORTESIA DA ACADEMIA DACTA BRAZILIAN JIU-JITSU TEAM.

Podemos notar facilmente que em quase todas as posições de guarda é necessário manter a pegada no pano do kimono, de tal forma que os braços do adversário estejam dominados. Essa pegada visa dificultarmos o adversário a manter a postura ereta.

3.3. PASSAGEM DE GUARDA

A passagem de guarda é uma posição que o atleta que está por cima consegue transpor as pernas do adversário que está por baixo e mantém o controle transversal ou longitudinal do mesmo de costas ou de lado no solo por 3 (três) segundos, conforme a FIGURA 10 ^[7].



FIGURA 10 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA DE PASSAGEM DE GUARDA. CORTESIA DA IBJJF.

3.4. QUEDA

A queda é uma situação que o atleta projeta o adversário ao solo de costas, de lado ou o faz cair sentado tendo em algum momento do movimento os dois pés no chão, mantendo a luta no chão e estabelecendo posição por cima por 3 (três) segundos, conforme FIGURA 11 ^[7].

^[7] Imagens integrantes do livro de Regras da IBJJF.



FIGURA 11 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA DE QUEDA. CORTESIA DA IBJJF.

3.5. RASPAGEM

A raspagem é uma movimentação em que o atleta está por baixo executando uma guarda, conforme o apresentado na seção 3.2, e consegue inverter a posição, forçando o adversário que estava por cima a ficar por baixo, mantendo-o nessa posição por 3 (três) segundos. Um exemplo é apresentado na FIGURA 12 ^[8].

É importante ressaltar que somente é considerada raspagem se a inversão suceder uma posição de guarda.



FIGURA 12 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA DE RASPAGEM PARTINDO DA GUARDA GANCHO. CORTESIA DA IBJJF.

^[8] Imagem integrante do livro de Regras da IBJJF.

3.6. MONTADA

A montada é uma posição em que o atleta está por cima, já com a guarda passada, e senta sobre o tronco do adversário mantendo os dois joelhos ou ainda um pé e um joelho no solo, virado para a cabeça do adversário e com até um braço do adversário preso sob suas pernas, mantendo-se assim por 3 (três) segundos, conforme FIGURA 13^[9].



FIGURA 13 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA DE MONTADA. CORTESIA DA IBJJF.

3.7. JOELHO NA BARRIGA

O joelho na barriga é uma posição em que o atleta está por cima, com controle transversal, coloca o joelho na barriga, no peito ou sobre as costelas do adversário que está por baixo, de costas ou de lado no solo, mantendo a outra perna transversal ao corpo do oponente e o pé, e não o joelho, no solo, com o corpo virado para a cabeça do oponente e não para as pernas, tendo qualquer tipo de domínio com as mãos, mantendo-se assim por 3 (três) segundos, conforme FIGURA 14^[9].

^[9] Imagem integrante do livro de Regras da IBJJF.



FIGURA 14 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA DE JOELHO NA BARRIGA. CORTESIA DA IBJJF.

3.8. PEGADA PELAS COSTAS

A pegada pelas costas é uma posição que o atleta domina as costas do adversário, colocando os calcanhares na parte interna das coxas do adversário, sem cruzar os pés, e podendo aprisionar até um dos braços do adversário sem que a perna que aprisiona o braço passe da linha dos ombros, mantendo-o sob controle por 3 (três) segundos, conforme a FIGURA 15^[10].



FIGURA 15 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA PEGADA NAS COSTAS. CORTESIA DA IBJJF.

^[10] Imagem integrante do livro de Regras da IBJJF.

As pontuações concedidas pelos árbitros de campeonatos oficiais da IBJJF pelo uso de cada posição apresentada anteriormente estão apresentadas na TABELA 1.

TABELA 1 - PONTUAÇÃO DE TÉCNICAS APLICADAS NO JIU-JITSU

| Técnica | Pontuação |
|---------------------|-----------|
| Montada | 4 |
| Pegada pelas costas | 4 |
| Passagem de guarda | 3 |
| Queda | 2 |
| Raspagem | 2 |
| Joelho na barriga | 2 |

FONTE: Livro de regras da IBJJF versão 4.0

A seguir, apresentaremos alguns dos conceitos físicos utilizados no Jiu-Jitsu, tais como a explicação do conceito de equilíbrio, projeções de oponentes com quedas, e algumas técnicas utilizadas na maioria das situações de combate nesta arte marcial.

4. EQUILÍBRIO

Neste capítulo trataremos sobre o conceito de equilíbrio, um dos conceitos mais importantes do Jiu-Jitsu, pois entender essa formulação é crucial para projetar um adversário ao solo e também para evitar receber uma queda.

4.1. ANÁLISE PRÁTICA DO EQUILÍBRIO

O Equilíbrio de qualquer corpo pode ser explicado através do conceito de **centro de gravidade (CG)**, **linha de gravidade (LG)** e **base de suporte (BS)**, que pode ser resumido através da DEFINIÇÃO 1.

“Para a manutenção do equilíbrio do corpo humano, a linha de gravidade (LG) deve estar, sempre, no interior da base de suporte (BS), que no corpo humano são definidos através de seus pontos de contato com o solo.”

DEFINIÇÃO 1

Centro de gravidade (CG) é a posição geométrica do corpo ou sistemas partículas em que pode ser considerada a aplicação da força da gravidade, ou seja, está diretamente ligada ao equilíbrio do corpo ^[11].

Quando todos os membros do corpo estão articulados de forma ereta e é dado como um único objeto na posição anatômica, o CG fica aproximadamente anterior à segunda vértebra sacral, ou aproximadamente a 54% de sua estatura quando medida do solo^[12], conforme a FIGURA 16 ^[13].

^[11] Definição integrante do livro Mecânica Curso de Física Básica de H. MOYSÉS NUSSENZVEIG. Editora Blucher, 5ª edição revista atualizada.

^[12] Texto integrante do artigo “Centro de Massa e Equilíbrio” do Prof. Dr. André L. F. Rodacki. Texto disponível em: [www.profedf.ufpr.br/rodackibiomecanica_arquivos/Centro%20de%20Massa .pdf](http://www.profedf.ufpr.br/rodackibiomecanica_arquivos/Centro%20de%20Massa.pdf).

^[13] Imagem integrante do web site: <https://www.pinterest.fr/pin/512003051360879420/>.



FIGURA 16 - CG DO CORPO HUMANO

A posição precisa do CG para uma pessoa depende de suas proporções, logo cabe ressaltar que as posições do CG do homem e da mulher são diferentes.

Em outras posições do corpo humano, que não a ereta, o CG altera. A quantidade de mudança no CG depende do grau de desproporção em que o segmento se desloca. O centro de gravidade torna-se dinâmico no corpo humano durante a realização de movimentos que envolvem a mudança contínua na reorientação dos segmentos do corpo, como caminhar, correr e saltar.

Linha de gravidade (LG) é um eixo vertical que passa pelo centro de gravidade (CG) do corpo humano, conforme a FIGURA 17 ^[14].



FIGURA 17 - LINHA DE GRAVIDADE (LG) DO CORPO HUMANO

^[14] Imagem retirada do site do UFC da ex-judoca e lutadora de MMA Ronda Jean Rousey. Ela é ex-campeã mundial do UFC e do extinto Strikeforce. Imagem adaptada com a LG para demonstração.

Base de suporte (BS) é um ponto, segmento de reta ou polígono fechado que ligam os pontos de apoio de um corpo, conforme a FIGURA 18 ^[15].



FIGURA 18 - BASE DE SUPORTE (BS) DO CORPO

Quando um atleta se movimenta e a linha de projeção do CG se move para fora da BS o indivíduo perde o equilíbrio, conforme a FIGURA 19 ^[16]. A localização do CG do objeto não depende somente da disposição do segmento no espaço, mas também da distribuição da massa deste objeto. Toda vez que é adicionada uma massa externa ao nosso corpo o novo CG, devido à massa adicionada, se deslocará em direção ao peso adicional.

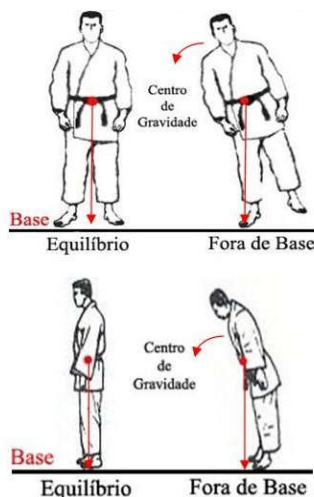


FIGURA 19 - RELAÇÃO DO EQUILÍBRIO COM O MOVIMENTO DO CG

^[15] Imagem retirada do site do UFC do lutador de MMA Anderson da Silva. Ele é ex-campeão mundial do UFC. Imagem adaptada com a BS para demonstração.

^[16] Figura retirada do artigo Hara Tanden – Centro do corpo de Edgar Martins, de 22.02.2013.

O deslocamento será proporcional ao peso adicionado, conforme veremos na análise física.

Dado que a LG deve estar no interior da BS para estabilidade, dois fatores adicionais afetam a estabilidade do corpo: O tamanho da área base de suporte de um corpo e a distância do CG da BS, conforme a DEFINIÇÃO 2.

“O equilíbrio de um corpo é diretamente proporcional ao tamanho do segmento de reta ou à área do polígono da base de suporte (BS), e inversamente proporcional à distância do centro de gravidade (CG) ao mesmo.”

DEFINIÇÃO 2

O conceito de equilíbrio em todas as artes marciais é importante, pois as projeções de quedas estão diretamente relacionadas com o entendimento do equilíbrio, logo com o deslocamento do CG do adversário para fora da sua BS. Em uma luta, os dois adversários trocam pegadas no kimono com o objetivo de desequilibrar o oponente e projetá-lo ao solo. A maior parte das finalizações do Jiu-Jitsu parte do solo, e levar o adversário para o chão, além de ganhar os dois pontos da queda, conforme as regras estabelecidas pela International Brazilian Jiu-Jitsu Federation (IBJJF), é um ponto crucial para a finalização da luta.

O equilíbrio está diretamente relacionado com a postura do atleta. Por conseguinte, existem diversas bases (posições básicas para início de um combate) específicas de cada arte marcial que são bastante diferentes entre si, conforme veremos adiante. No entanto, todas partem do mesmo pressuposto de estar em uma posição de equilíbrio visando facilitar uma posição de ataque ao adversário ou evitar uma queda.

Podemos utilizar como exemplo do conceito do equilíbrio algumas bases que são amplamente utilizadas de maneira geral nas artes marciais, guardadas suas devidas adaptações em combate, e cuja postura padrão é normalmente exacerbada em artes tradicionais como o Kung Fu e Caratê. O Jiu-Jitsu também se utiliza destas bases, porém de forma mais discreta e adaptada ao dinamismo do início do combate em que se procura projetar o atleta adversário ao solo.

A Base do cavalo ou do cavaleiro é normalmente a primeira base a ser ensinada para o aluno iniciante [8]. Esta base deve ter 2 vezes a largura dos ombros, os pés devem ficar paralelos e apontados para frente, o joelho deve ficar dobrado em um ângulo de aproximadamente 90° graus em relação ao solo e o tronco deve estar reto, conforme a FIGURA 20^[17].

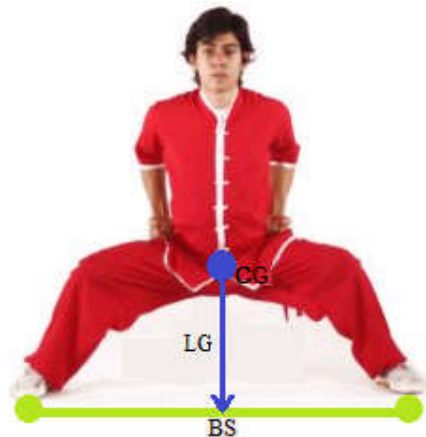


FIGURA 20 - BASE DO CAVALEIRO

Conforme a FIGURA 20, podemos notar que o artista marcial na base do cavaleiro, estando com as pernas separadas, faz sua base do suporte (segmento de reta verde) aumentar consideravelmente. Nota-se também que, estando com os joelhos em 90° e o quadril baixo, o CG (segmento azul) fica mais próximo da BS, por conseguinte, considerando a DEFINIÇÃO 2, o atleta está com uma base de dois apoios em equilíbrio.

Para que o atleta seja desequilibrado na base do cavaleiro é necessário que a LG saia da base do suporte (DEFINIÇÃO 1) algo que é extremamente difícil lateralmente, pois a BS se estende nessa direção. Por conseguinte, a melhor maneira de desequilibrar o atleta na base do cavalo é empurrando-o para trás.

A base do arqueiro, conforme a FIGURA 21, implica em que o atleta deva estar com a perna da frente com cerca de 70% do peso do corpo e o pé deve ficar apontado para frente com o joelho dobrado em um ângulo de 90° em relação ao solo [8]. A perna de trás deve permanecer estendida ao máximo, e o

^[17] Imagem integrante do livro Kung Fu Wushu Fundamentos de MARCIO SOARES, editora Taochikungfu. Imagem adaptada com a BS, CG e LG para demonstração.

pé deve formar um ângulo de 45° para fora, com toda a planta do pé em contato com solo.

Na base do arqueiro (FIGURA 21) ^[18] podemos notar que a direção da BS não é lateral como a BS da base do cavaleiro. Nessa posição, a BS está na direção frontal-traseira do atleta, algo que aumenta sua estabilidade na referida direção. Podemos notar que, estando com os pés separados, o tamanho da base do suporte aumenta, e estando com um joelho em 90° e uma perna estendida, o CG (segmento azul) fica mais próximo da BS, por conseguinte, considerando a DEFINIÇÃO 2, o atleta está com uma base de dois apoios em equilíbrio.



FIGURA 21 - BASE DO ARQUEIRO

Concluimos que o equilíbrio de um corpo é inversamente proporcional à distância do CG à BS. Instintivamente sabemos que quanto mais agachados o nosso corpo está, maior será nosso equilíbrio. No entanto, a explicação física desse conceito não é trivial. Esse fato é explicado através da grandeza vetorial chamada torque, ao qual define a tendência de rotação de um corpo. Partimos agora para a análise do equilíbrio usando conceitos de física.

^[18] Imagem integrante do livro Kung Fu Wushu Fundamentos de MARCIO SOARES, editora Taochikungfu. Imagem adaptada com a BS, CG e LG para demonstração.

4.2. ANÁLISE FÍSICA DO EQUILÍBRIO

A discussão física sobre problemas de equilíbrio envolvem corpos que podem ser representados por um ponto. Por conseguinte, um conceito primordial para o praticante de Jiu-Jitsu é entender o conceito de centro de massa (CM) e centro de gravidade (CG). Conceitos aos quais serão essenciais para discutirmos a questão do equilíbrio do corpo humano e os movimentos específicos da arte marcial. Entender o conceito de centro de massa no Jiu-Jitsu é importante porque esse é o ponto que define a estabilidade do corpo humano.

Podemos considerar o corpo humano como um sistema de infinitas partículas submetidas à mesma aceleração da gravidade, já que os nossos pés e cabeças sofrem uma variação insignificante de altura em relação à distância da superfície terrestre.

Definimos o centro de massa (CM) de um sistema de partículas (uma pessoa, por exemplo) para podermos prever com facilidade o movimento do sistema, conforme DEFINIÇÃO 3.

"O centro de massa de um sistema de partículas é o ponto como se toda a massa do sistema estivesse concentrada nesse ponto e todas as forças externas estivessem aplicadas nesse ponto. Em uma linguagem estatística, dizemos que o centro de massa é a posição que corresponde à média ponderada das posições das massas das partículas"

DEFINIÇÃO 3

Considere diversas partículas cujas massas m_1, m_2, m_3 até m_n . Suponha que as coordenadas de m_1 sejam (x_1, y_1, z_1) , as de m_2 sejam (x_2, y_2, z_2) , e m_n sejam (x_n, y_n, z_n) . Definimos o centro de massa do sistema como o ponto cujas coordenadas (x_{cm}, y_{cm}, z_{cm}) , são dadas por:

$$x_{cm} = \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + m_3x_3 + \dots + m_nx_n}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i x_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad \text{EQUAÇÃO 1}$$

$$y_{cm} = \frac{m_1y_1 + m_2y_2 + m_3y_3 + \dots + m_ny_n}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i y_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad \text{EQUAÇÃO 2}$$

$$z_{cm} = \frac{m_1z_1 + m_2z_2 + m_3z_3 + \dots + m_nz_n}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i z_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad \text{EQUAÇÃO 3}$$

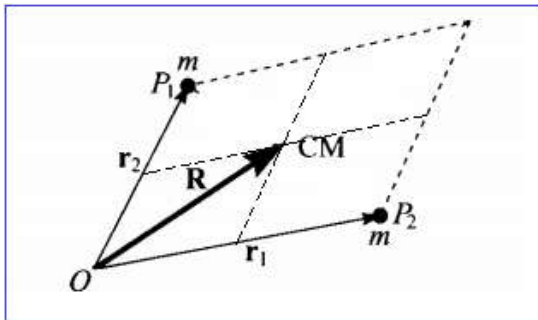


FIGURA 22 - DEFINIÇÃO VETORIAL DO CENTRO DE MASSA (CM).

Conforme a FIGURA 22, R é o vetor de posição do ponto médio do segmento $\overline{P_1P_2}$, designado na figura por CM (centro de massa), para o caso de $m_1 = m_2$. O centro de massa de corpos homogêneos é localizado no baricentro (encontro das medianas). Para o caso de

$m_1 \neq m_2$, o vetor R estará mais próximo da partícula de maior massa, explicitando assim o raciocínio de média ponderada, conforme DEFINIÇÃO 3.

Outra definição importante é do o centro gravidade (CG) conforme a DEFINIÇÃO 4.

"O centro de gravidade de um sistema de partículas é o ponto como se toda força gravitacional do sistema estivesse concentrada nesse ponto. Em uma linguagem estatística, dizemos que o centro de gravitacional é a posição que corresponde à média ponderada dos pesos das partículas"

DEFINIÇÃO 4

Pode existir uma diferença entre o centro de massa e o centro de gravidade. Entretanto, esta diferença pode ser desprezada no corpo humano já que os nossos pés e cabeças sofrem uma variação insignificante de altura em relação à distância da superfície da Terra.

Para um corpo estar em equilíbrio, não pode apresentar tendência de variação de velocidade linear e angular. Nesse ponto é importante introduzir o conceito de torque de uma força.

Damos o nome de torque ao resultado de uma força aplicada a uma dada distância de um centro de rotação que pode inclusive ser o CM de um corpo. A tendência de uma força a causar rotação depende da linha ao longo da qual ele atua, bem como da sua intensidade. Por exemplo, quando se empurra uma porta aberta, uma força aplicada próxima à maçaneta é mais eficaz do que a aplicada próximo às dobradiças [4].

É interessante pensar em um corpo no qual passa um eixo de rotação estacionário. Suponha que sobre o corpo atuem várias forças, todas no mesmo plano perpendicular ao eixo. Na FIGURA 23, este plano é o da figura e o eixo de rotação é perpendicular ao ponto O.

A tendência da força \vec{F}_1 de provocar uma rotação em torno no eixo O é facilmente medida pela intensidade da força e pela distância L_1 , perpendicular à linha de ação da força e ao eixo. É claro que, se a distância for nula, não haverá rotação com relação àquele ponto. O papel da distância será o mesmo que o do cabo de uma chave-de-boca. Uma porca firme sai com maior facilidade utilizando uma chave de cabo longo do que com uma de cabo curto. As distâncias L_1 e L_2 são chamadas de *braço das forças* \vec{F}_1 e \vec{F}_2 , respectivamente, em relação ao eixo O.

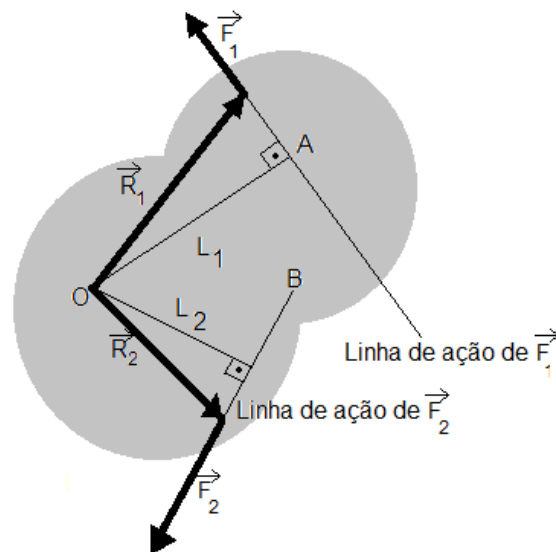


FIGURA 23 - O TORQUE DE UMA FORÇA

Vetorialmente, o torque \vec{T} de uma força \vec{F} com uma posição \vec{R} , é definido através da EQUAÇÃO 4 e EQUAÇÃO 5.

$$\vec{T} = \vec{R} \times \vec{F} \quad \text{EQUAÇÃO 4}$$

$$|\vec{T}| = |\vec{R}| \cdot |\vec{F}| \cdot \text{sen}\theta \quad \text{EQUAÇÃO 5}$$

Para que um corpo esteja em equilíbrio, algumas condições físicas devem ser observadas. A primeira condição é a de que a soma vetorial de todas as forças atuantes sobre o mesmo deve ser igual a zero. A segunda condição é a de que a soma vetorial de todos os torques atuantes sobre o mesmo deve ser igual à zero. Logo, as condições de equilíbrio são representadas, conforme a EQUAÇÃO 6 e EQUAÇÃO 7.

$$\sum \vec{F} = 0 \quad \text{EQUAÇÃO 6}$$

$$\sum \vec{T} = 0 \quad \text{EQUAÇÃO 7}$$

Outro conceito importante para entender a física envolvida nas artes marciais, em especial nos movimentos chutes, socos, rolamentos e quedas, é a rotação de um corpo, que está intimamente relacionado com uma grandeza física chamada Momento de Inércia, representado pela letra I . O momento de inércia de um corpo rígido em relação a um eixo, para rotação em torno desse eixo, tem um papel análogo ao da massa no movimento de translação, ou seja, representa a inércia de rotação [3], em outras palavras, é a dificuldade para colocar um objeto em rotação ou tirar deste movimento se já o estiver realizando. O cálculo de I é definido pela EQUAÇÃO 8 e representado pela FIGURA 24.

$$I = \int r^2 dm \quad \text{EQUAÇÃO 8}$$

Sendo dm = valor infinitesimal ^[19] de massa; e

r = o módulo da distância de dm em relação ao eixo de rotação.

^[19] Infinitesimal é uma unidade tão pequena quanto se queira, porém maior que zero.

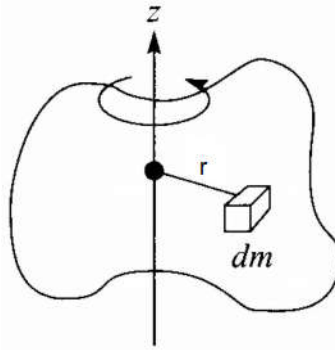


FIGURA 24 - MOMENTO DE INÉRCIA

O Cálculo de I , correspondente a corpos homogêneos de formas geométricas simples, é razoavelmente fácil. Dizer que um corpo é homogêneo significa que sua densidade de massa é constante, ou seja, que a massa dm de um elemento de volume dV é $dm = \mu dV$, em que μ é constante.

A FIGURA 25 apresenta alguns momentos de inércia de interesse deste trabalho. É importante observar que o momento de inércia considera não somente a massa do objeto mas também a distribuição geométrica da massa em torno do eixo de rotação.

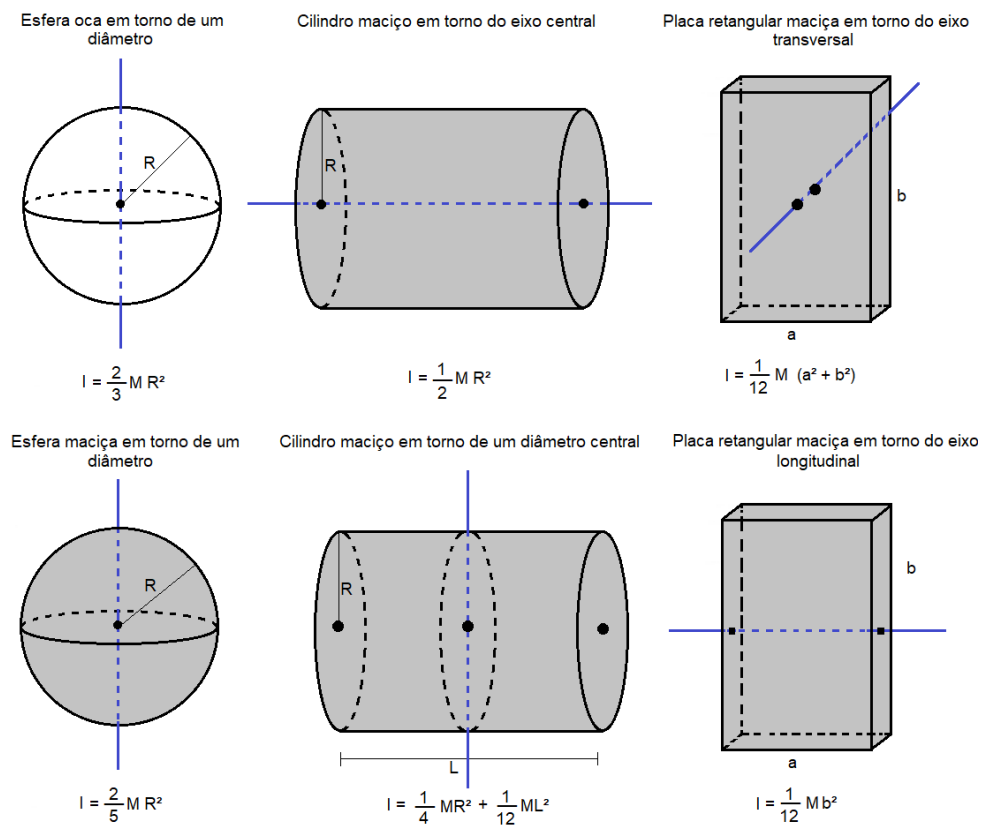


FIGURA 25 - MOMENTOS DE INÉRCIA DE FIGURAS GEOMÉTRICAS ESPACIAIS (ESFERA, CILINDRO E PARALELEPÍPEDO)

Se tentássemos tirar do equilíbrio os atletas nas posições de arqueiro ou cavaleiro (FIGURA 20 e FIGURA 21), devemos aplicar uma força perpendicular ao traço da base designado por BS. Imagine que queiramos desequilibrá-los aplicando uma força \vec{F} diretamente no CM, conforme a FIGURA 26. A força de atrito \vec{F}_{at} dos pés dos atletas com o solo, considerada igual e contrária à força aplicada ao CM (caso estático), fará com que o atleta sofra um torque \vec{T} . Notamos através da EQUAÇÃO 5 que $|\vec{T}|$ é diretamente proporcional à $|\vec{R}|$ e a $\text{sen}\theta$. Quando um atleta não está abaixado, $|\vec{R}|$ aumenta de valor, logo $|\vec{T}|$, que define a tendência de rotação do atleta e também sua tendência de desequilíbrio, aumenta. Sabemos que $\text{sen}\theta$ é máximo quando \vec{R} e \vec{F} estão perpendiculares. Por conseguinte, podemos afirmar que para desequilibrarmos o nosso oponente precisamos manter o CM elevado e aplicarmos a maior força possível perpendicularmente à LG.

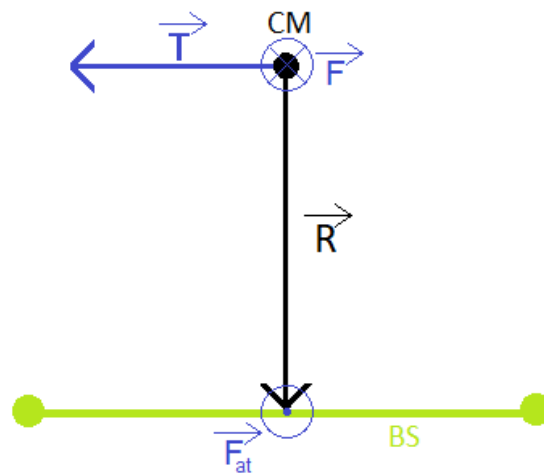


FIGURA 26 - FORÇA PERPENDICULAR À BS

Mais eficiente seria apoiar o CM do atleta e aplicar forças em sentidos opostos, uma na altura da sua cabeça outra e chutar os pés do atleta e, de modo que teríamos o dobro do torque para rotação com relação ao CM. A defesa para esta a ação de desequilíbrio seria abaixar o seu CM diminuindo o $|\vec{R}|$, portanto, o $|\vec{T}|$ diminui. Pode ainda movimentar seu corpo alterando seu momento de inércia ou ainda movimentar sua base na mesma direção da força

aplicada para que o torque seja pouco eficiente. A DEFINIÇÃO 2 é justificada pela física deste exemplo de aplicação.

Através dos conceitos explicados nesse capítulo, podemos proferir a DEFINIÇÃO 5, ao qual é muito importante para um praticante de Jiu-Jitsu.

“A tendência de rotação do corpo é diretamente proporcional à altura do CM e da projeção perpendicular da força aplicada, considerando qualquer eixo de rotação.”

DEFINIÇÃO 5

A seguir apresentamos uma análise simplificada de algumas técnicas bastante utilizadas em artes marciais.

5. USHIRO-UKEMI

As técnicas básicas de queda são muito utilizadas na arte suave, mas são basicamente iguais em toda a arte marcial, tais como Aiki-do, Judô, Karatê e Kung Fu. A tese de que mais de 90% das brigas e conflitos de rua terminam com as pessoas rolando no chão, independentemente da vontade delas, é amplamente defendida pela família Gracie, logo é importante saber como levar o adversário ao chão e também saber como se proteger de possíveis quedas.

O aluno iniciante de Jiu-Jitsu normalmente aprende como se proteger e como cair corretamente, visto que a arte marcial começa na posição de pé e tem como objetivo projetar o adversário ao solo, para que assim possamos trabalhar a imobilização e a submissão do oponente.

Uma das técnicas mais básicas de queda é Ushiro-Ukemi, conhecida também como queda para trás. Saber como realizar a técnica é de suma importância para proteger a integridade da nossa coluna e evitar o impacto excessivo na cabeça e também nos pulsos durante uma eventual queda.

5.1. TÉCNICA ILUSTRADA DO USHIRO-UKEMI

A posição de Ushiro-Ukemi é uma técnica de queda que se divide em quatro etapas, conforme a FIGURA 27 ^[20]. A primeira etapa consiste da posição em que o atleta está em pé como o corpo ereto. A segunda etapa consiste da

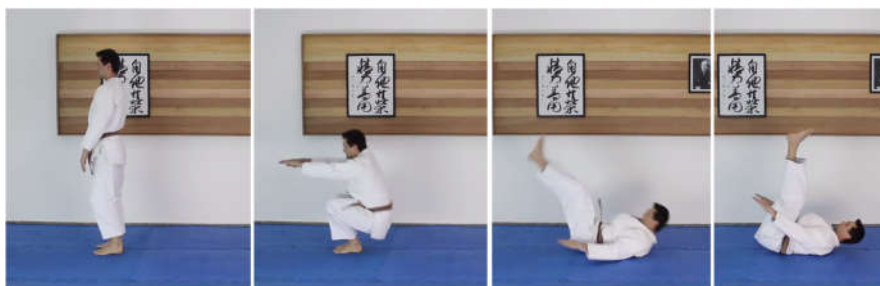


FIGURA 27 - ATLETA DEMONSTRANDO A TÉCNICA DE USHIRO-UKEMI. CORTESIA DO CANAL PROJETO JUDÔ

^[20] Imagens integrante do canal Projeto Judô do youtube.

projeção do quadril em direção ao solo, mantendo os braços para frente perpendiculares ao peito. A terceira etapa consiste em projetar as costas sobre o solo amortecendo com o impacto dos braços. A quarta etapa consiste em projetar as pernas perpendicularmente ao plano mantendo o queixo em direção ao peito. Cabe ressaltar que o impacto dos braços descrito na terceira etapa da posição Ushiro-Ukemi deve possuir uma abertura de aproximadamente 45° em relação ao solo, conforme a FIGURA 28 ^[21].



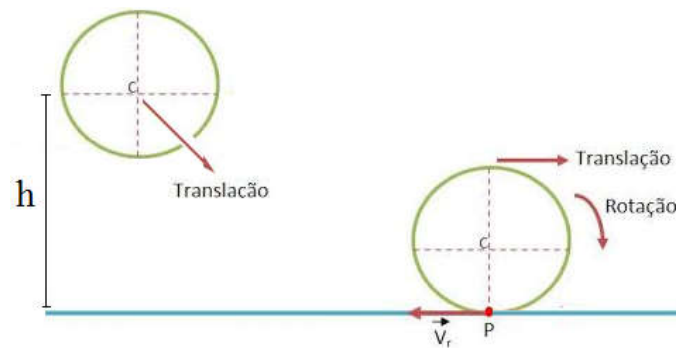
FIGURA 28 - ATLETA DEMONSTRANDO E EXPLICITANDO A ABERTURA DOS BRAÇOS DA POSIÇÃO USHIRO-UKEMI. CORTESIA DO CANAL PROJETO JUDÔ.

5.2. ANÁLISE PRÁTICA DO USHIRO-UKEMI

É possível notar que o intuito da execução desta técnica é amortecer a queda evitando amenizar um forte contato direto com o solo das costas e da cabeça, partes do corpo humano que estão relacionados a alguns dos nossos órgãos vitais: pulmões, coração e cérebro. Sob o aspecto da energia envolvida, o objetivo é transformar energia cinética de translação em energia cinética de rotação como veremos a seguir.

Esse movimento pode ser feito em analogia com uma roda que cai de uma certa altura h e continua movimento espontâneo no solo, conforme FIGURA 29.

^[21] Imagem integrante do canal Projeto Judô do youtube.



**FIGURA 29 - MOVIMENTO DE UMA RODA
CAINDO DE UMA ALTURA h**

É fácil notar que uma a roda em queda oblíqua, caso não rodasse ao tocar no solo, ocorreria um impacto maior no ponto P em contato com solo, podendo acarretar a quebra na estrutura da roda. Se houver uma velocidade de translação em uma direção não paralela ao movimento da queda, sabemos que a roda após tocar o solo, continuará com movimento horizontal seguido de um movimento de rotação, amenizando o impacto direto com o solo, pois parte da energia será dissipada na rotação.

O corpo de um humano na forma ereta assemelha-se mais com uma haste do que uma roda, no entanto nós temos a habilidade de reorganizar os membros do nosso corpo para que isso aconteça. Por conseguinte, podemos dizer que na execução da queda Ushiro-Ukemi o corpo do atleta deve simular o movimento de uma roda após uma queda. Justificaremos esta afirmação com os conceitos físicos a seguir.

5.3. ANÁLISE FÍSICA DO USHIRO-UKEMI

O CG do atleta na primeira etapa da técnica Ushiro-Ukemi está a aproximadamente 54% da sua altura total [9]. Sabemos que a altura do ser humano está aproximadamente contida no intervalo [1,50 , 2,00] m, logo a altura do CG está no intervalo de [0,795 , 1,06] m. Sabemos que a massa no

humano varia aproximadamente no intervalo [50 , 100] kg. Considerando que o módulo da aceleração da gravidade é 10,0 m/s².

A energia potencial é toda energia armazenada que pode ser transformada em outro tipo de energia tal como a energia cinética, que é a energia associada ao estado de movimento de um corpo. A energia potencial gravitacional é definida através da EQUAÇÃO 9.

$$E_p = m |\vec{g}| h \quad \text{EQUAÇÃO 9}$$

E_p = Energia Potencial

$|\vec{g}|$ = módulo da aceleração da gravidade

h = Altura

Utilizando os dados abaixo e a EQUAÇÃO 9, podemos estimar a variação da energia potencial do CG do atleta em uma queda executando a técnica de Ushiro-Ukemi, conforme a FIGURA 30 ^[22]:

$$m \in [50 , 100] \text{ kg} \quad |\vec{g}| = 10,0 \text{ m/s}^2$$

$$h \in [0,795 , 1,06] \text{ m}$$

$$\rightarrow E_p = [397,5 , 1060] \text{ J}$$

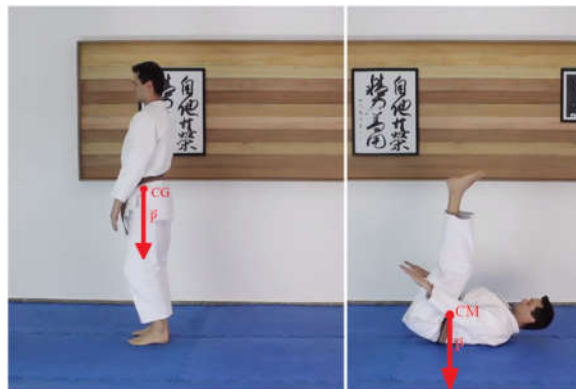


FIGURA 30 - VARIACÃO DA ENERGIA POTENCIAL NA TÉCNICA USHIRO-UKEMI. CORTESIA DO CANAL PROJETO JUDÔ.

^[22] Imagens integrante do canal Projeto Judô do youtube. Imagem adaptada com o CM para demonstração.

Isso quer dizer que um O conceito de conservação da energia mecânica nos diz que a energia potencial gravitacional é transformada em energia cinética durante a queda.

O atleta após uma queda que não realiza corretamente a técnica de Ushiro-Ukemi, terá aproximadamente a mesma sensação que receber um impacto de um maratonista de 70 kg correndo a 20 km/h. Ressalto que essa análise quantitativa da variação da energia potencial é aproximada.

Considerando o corpo humano como sendo um conjunto infinitesimal de partículas com vetores posições R_i distintos, através das EQUAÇÕES EQUAÇÃO 1, EQUAÇÃO 2 e EQUAÇÃO 3, podemos concluir que o CM do corpo do atleta se altera, entre as duas imagens da FIGURA 30, pois os vetores posições se alterarão.

Vale ressaltar através da observação da altura de cada membro do corpo do atleta, que a energia potencial da cabeça do atleta diminui, dos pés aumenta e dos joelhos permanece praticamente inalterada, logo é plausível considerar a análise somente do CG do atleta, pois corresponde à posição de média ponderada dos pesos das partículas.

A análise anterior parte do pressuposto que o atleta executou técnica incorretamente, ou seja, o atleta não executou o rolamento para trás e toda a Energia Potencial E_p foi convertida em Energia Cinética k_T que foi dissipada no impacto com o solo. Agora vamos analisar o caso ideal, como sendo um atleta que executa corretamente o Ushiro-Ukemi, visando minimizar o máximo o impacto com o solo.

O movimento de rotação da roda na FIGURA 29, implica que esta possui energia cinética associada ao seu movimento. A energia cinética de um movimento de rotação possui duas componentes: uma de rotação e outra de translação, considerando a conservação de energia mecânica. Ambos os termos de energia cinética possuem um ente inercial (m ou I) e um ente cinético (v ou ω). Podemos escrever conforme a EQUAÇÃO 10.

$$E_p = k_T + K_R \quad \text{EQUAÇÃO 10}$$

Onde: $k_T = \frac{1}{2}mv^2$ é a energia cinética de translação;

$k_R = \frac{1}{2}I\omega^2$ é a energia cinética de rotação;

m é massa do corpo;

v é a velocidade de translação;

I é momento de inércia; e

ω é velocidade angular;

A parte da energia que será dissipada no solo com o impacto é k_T , e portanto que pode causar danos físicos ao atleta, de forma que a execução correta da técnica consiste em transformar a energia potencial E_p na maior parte em Energia Cinética de Rotação K_R .

A EQUAÇÃO 10 no diz que a Energia Potencial E_p , durante a execução da técnica do Ushiro-Ukemi, se transformará em Energia Cinética Translação k_T e em Energia Cinética Rotação K_R .

$$\rightarrow mgh = \frac{1}{2}(mv^2) + \frac{1}{2}(I\omega^2)$$

Usamos o fato de que a velocidade angular se relaciona com a velocidade de translação na forma $v = \omega R$, em que R é o raio do objeto em rotação. Podemos aproximar o corpo do atleta, que executa o rolamento para trás no solo, como aproximadamente um cilindro maciço em rotação em torno do eixo central, logo $I \cong \frac{1}{2} mR^2$, conforme a FIGURA 25.

$$\rightarrow mgh = \frac{1}{2}(mv^2) + \frac{1}{2}\left(I \left[\frac{v}{R}\right]^2\right)$$

A razão entre as energias cinéticas de translação e rotação para este caso ficam:

$$\frac{k_T}{K_R} = 2$$

$$\rightarrow k_T = 2 K_R \quad \text{EQUAÇÃO 11}$$

Através da EQUAÇÃO 10 e EQUAÇÃO 11, podemos notar que aproximadamente dois terços da energia potencial serão convertidos em energia cinética de translação. Os outros um terço se transformará em energia cinética de rotação, diminuindo em 33 % a energia a ser dissipada com o impacto causado pela queda (k_T) e ajudando a manter a integridade física do atleta.

A energia cinética de translação pode ser considerada a soma da energia de impacto sonoro E_S (gerada propositalmente pelo atleta ao bater com os braços no solo, considerando a mínima força dos músculos do braço) com a Energia de impacto mecânico (energia que gera desconforto no atleta). Entretanto, é difícil separar estas contribuições.

A partir das EQUAÇÃO 10 e EQUAÇÃO 11, estimamos a energia a ser dissipada no impacto com o solo no caso em que o atleta faça uso da técnica Ushiro-Ukemi.

$$E_p = k_T + \frac{1}{2}K_T \quad \rightarrow \quad E_p = \frac{3}{2}K_T \quad \rightarrow \quad K_T = \frac{2}{3} E_p$$

$$\rightarrow K_T = \frac{2}{3} m|\vec{g}| h$$

$$m \in [50, 100] \text{ kg}$$

$$|\vec{g}| = 10 \text{ m/s}^2$$

$$h \in [0,795, 1,06] \text{ m}$$

$$K_T \in [265, 706,7] \text{ J}$$

Um atleta após uma queda que realiza corretamente a técnica de Ushiro-Ukemi, terá aproximadamente a mesma sensação que receber um impacto de um maratonista de 70 kg correndo a 16 km/h.

Após a análise desse capítulo podemos proferir a DEFINIÇÃO 6.

“Na execução da queda Ushiro-Ukemi o corpo do atleta deve rodar para simular o movimento de uma roda,

visando diminuir energia a ser dissipada com o impacto no solo em forma de energia cinética de rotação.”

DEFINIÇÃO 6

6. O-SOTO-GARI

O O-Soto-Gari (grande varrida externa) é uma das técnicas de queda praticadas no Jiu-Jitsu. Essa talvez seja uma das quedas mais comuns de serem ensinadas nas primeiras aulas tanto nas academias de Jiu-Jitsu quanto nas de Judô. Essa técnica é muito importante para o desenvolvimento do atleta, pois nela aprendemos a nos equilibrar e também desequilibrar o adversário (deslocamento do CG), além de começarmos a executar o conceito de forças opostas visando girar o adversário.

6.1. TÉCNICA ILUSTRADA DO O-SOTO-GARI

A Técnica do O-Soto-Gari consiste basicamente em quatro tempos, conforme FIGURA 31 ^[23]. Inicialmente dominamos a lapela e manga (conhecida como pegada cruzada), mantendo os pés na projeção dos ombros no solo. No Jiu-Jitsu, é importante manter os joelhos sempre levemente flexionados, visando manter uma maior estabilidade e evitar perder o equilíbrio. Posteriormente, sem perder o contato com o kimono, avançamos o peito e o pé na diagonal do ombro do adversário. Um dos lados do peito do atleta deve manter o contato com o mesmo lado do peito do adversário, mantendo o cotovelo do braço que segura a lapela no centro do peito desse.



FIGURA 31 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA DE O-SOTO-GARI.

^[23] Imagens integrante do canal Projeto Judô do youtube.

Na terceira parte da técnica, avançamos o outro pé sem tocar no chão sobre a perna que está o peso do nosso adversário, e flexionamos levemente o tronco olhando para o tatame. Finalmente, projetamos o nosso adversário ao solo empurrando a mão que está na lapela, puxando a mão que está na manga do kimono e chutamos o pé para trás, conforme a FIGURA 31.

6.2. ANÁLISE PRÁTICA DO O-SOTO-GARI

É possível notar que a técnica do O-Soto-Gari tem como princípio desequilibrarmos o adversário para que assim possamos aplicar a queda. Ao avançarmos o tronco tocando o peito com peito, observamos que houve uma projeção da LG para fora da BS, diminuindo sua estabilidade. Podemos fazer uma comparação da importância da transferência de peso do adversário no O-Soto-Gari com uma balança comum inicialmente em equilíbrio, conforme FIGURA 32.

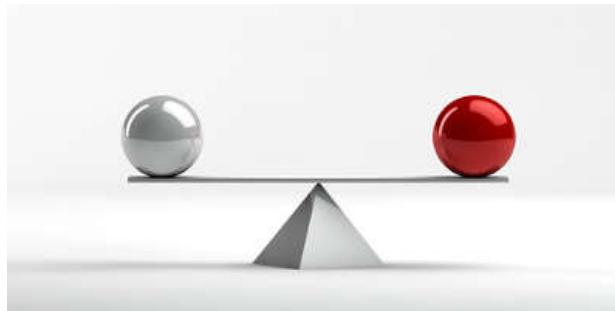


FIGURA 32 - BALANÇA EM EQUILÍBRIO

Notamos que a balança está em equilíbrio se o peso estiver igualmente dividido em relação à BS. Existem dois modos de tiramos o equilíbrio da balança, a primeira é acrescentar um peso em algum dos lados, o segundo modo é alteramos a posição dos pesos em relação à do BS. Partindo dessa premissa, se alterarmos a posição da LG para fora da BS, conforme a FIGURA 33, conseguiremos desequilibrar o adversário. Logo, com a redução da BS, o oponente perde o equilíbrio e fica vulnerável a quedas.

O propósito do atacante é colocar a linha vertical que passa pelo CM, Linha de Gravidade (LG), para fora da BS, ocorrendo o desequilíbrio. Analisando a segunda parte da FIGURA 33^[24], podemos notar que o tronco do oponente está para traz e a projeção da LG está fora da BS, e a queda é praticamente inevitável se não houver troca de base mudando BS. Um modo de defender essa queda é mudar para a base do arqueiro (FIGURA 21), de tal forma que a LG esteja sobre a BS.



FIGURA 33 - LG FORA DA BS (DESEQUILÍBRIO)

6.3. ANÁLISE FÍSICA DO O-SOTO-GARI

O conceito básico para execução do O-Soto-Gari é a projeção da LG para fora de BS. Para tal, os atletas utilizam-se de torques. Os pés afastados uns dos outros aumentam a BS do oponente, no entanto, nessa posição existe a peculiaridade de que se o oponente estiver inicialmente com os pés em contato com o solo muitos distantes um do outro estará mais vulnerável para receber a queda, o que será demonstrado posteriormente.

^[24] Imagens integrante do canal Projeto Judô do youtube. Imagens adaptadas com a BS, CM e LG para demonstração.

A análise de grandezas vetoriais da execução do O-Soto-Gari é representada na FIGURA 34 ^[25].

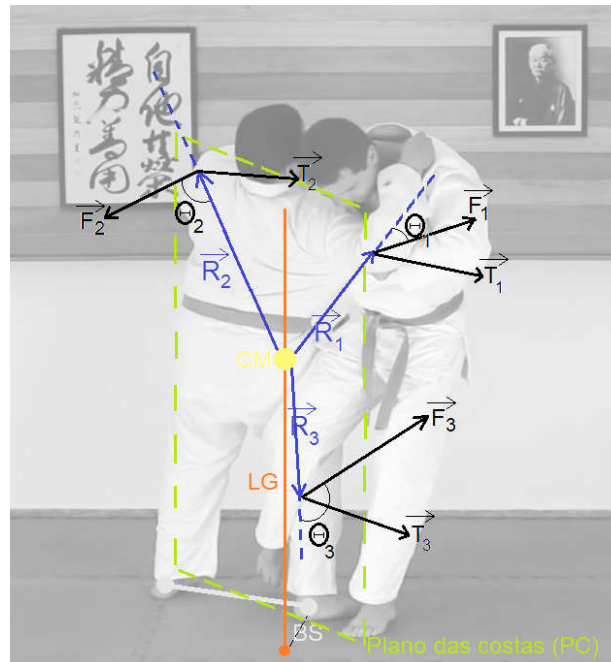


FIGURA 34 - ANÁLISE DE GRANDEZAS VETORIAIS DO O-SOTO-GARI

Na execução do O-Soto-Gari exercemos basicamente três forças em nosso oponente: duas com os braços (\vec{F}_1 e \vec{F}_2) e uma com a perna (\vec{F}_3), sendo suas respectivas posições \vec{R}_1 , \vec{R}_2 e \vec{R}_3 em relação ao CM. Essas forças devem ter direções que gerem o maior desequilíbrio possível no oponente, ou seja, deve acarretar maximização do módulo do torque total.

$$\vec{T}_1 = \vec{R}_1 \times \vec{F}_1 \quad , \quad \vec{T}_2 = \vec{R}_2 \times \vec{F}_2 \quad \text{e} \quad \vec{T}_3 = \vec{R}_3 \times \vec{F}_3$$

$$|\vec{T}_1| = |\vec{R}_1| \cdot |\vec{F}_1| \cdot \text{sen}\theta_1 \quad |\vec{T}_2| = |\vec{R}_2| \cdot |\vec{F}_2| \cdot \text{sen}\theta_2 \quad |\vec{T}_3| = |\vec{R}_3| \cdot |\vec{F}_3| \cdot \text{sen}\theta_3$$

^[25] Imagem integrante do canal Projeto Judô do youtube. Imagem adaptadas com a BS, CM, LG, PC e vetores para demonstração.

Podemos notar que os vetores \vec{R}_1, \vec{R}_2 e \vec{R}_3 estão aproximadamente paralelos ao plano definido pelo plano das costas do adversário (PC). Logo para que os respectivos torques tenham o maior módulo possível, as forças aplicadas pelo atleta devem ser perpendiculares ao PC ($\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \frac{\pi}{2}$ rad). Isso implica dizer que os \vec{T}_1, \vec{T}_2 e \vec{T}_3 também estarão paralelos à PC.

$$\text{Se } \theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \frac{\pi}{2}$$

→

$$|\vec{T}_1| = |\vec{R}_1| \cdot |\vec{F}_1|$$

$$|\vec{T}_2| = |\vec{R}_2| \cdot |\vec{F}_2|$$

$$|\vec{T}_3| = |\vec{R}_3| \cdot |\vec{F}_3|$$

Para uma análise aproximada, podemos considerar que todos os torques estão no mesmo sentido.

$$\vec{T}_T = \vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{T}_3$$

$$\rightarrow |\vec{T}_T| = |\vec{R}_1| \cdot |\vec{F}_1| + |\vec{R}_2| \cdot |\vec{F}_2| + |\vec{R}_3| \cdot |\vec{F}_3|$$

EQUAÇÃO 12

A EQUAÇÃO 12 nos diz muita coisa sobre a eficiência do O-Soto-Gari. Primeiramente, considerando que realizamos o golpe com todas as forças (\vec{F}_1, \vec{F}_2 e \vec{F}_3) de forma perpendicular ao PC do nosso oponente ($\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \frac{\pi}{2}$) podemos afirmar que o torque total \vec{T}_T estará no referido plano PC.

O desequilíbrio do oponente será maior se conseguirmos executar uma um torque total \vec{T}_T elevado. Verificamos que $|\vec{T}_T| \propto |\vec{R}_1|$ e $|\vec{R}_2|$ aos quais são grandezas que estão relacionadas ao tamanho do braço do nosso oponente. Ou seja, quanto maior a envergadura de um praticante de Jiu-Jitsu mais ele

estará vulnerável ao O-Soto-Gari. Verificamos também que $|\vec{T}_T| \propto |\vec{T}_3|$ ao qual é uma grandeza que depende da distância entre os pés do oponente. Ou seja, um atleta que afasta excessivamente os pés lateralmente para aumentar o segmento de reta da BS, aumenta seu equilíbrio para forças laterais, no entanto fica vulnerável para forças frontais.

Um modo eficiente de defender o O-Soto-Gari é mudar a direção da BS esticando a perna esquerda para trás em posição tipo arqueiro, diminuindo a eficiência do ataque de modo que o atacante precisa que as forças (\vec{F}_1 , \vec{F}_2 e \vec{F}_3) sejam muito maiores para provocar o desequilíbrio do atleta.

É interessante notar que do ponto de vista da física o O-Soto-Gari é uma disputa pela posição da projeção de LG dentro ou fora de BS de acordo com as estratégias do atacado ou do atacante. Para tal, o torque é uma boa arma. Por exemplo, o atacado com uma mudança rápida de base para arqueiro pode colocar o torque do embate a seu favor e tornar-se o atacante.

Considerando que o praticante de Jiu-Jitsu que recebe esse golpe inicialmente possui energia cinética de rotação K_R , devido ao torque usado na queda, esta energia deve ser adicionada à energia total a ser dissipada no impacto com o solo que é igual à variação de Energia Mecânica no movimento, que corresponde à soma de K_R e E_P .

Caso o atleta em queda se utilize da técnica de Ushiro-Ukemi, deve-se utilizar a análise já apresentada no capítulo anterior. Não estimaremos valores de energia, pois a determinação de K_R é difícil devido aos torques envolvidos. Seria necessário um estudo estatístico de mensuração de velocidade angular dos atletas devido aos torques envolvidos.

Podemos fazer uma análise qualitativa aproximada para essa posição utilizando o conceito de ângulo crítico de equilíbrio. Notamos que na execução do O-Soto-Gari a LG do oponente é ligeiramente deslocada para fora da BS para que este saia da sua posição de equilíbrio. Qual o ângulo máximo que a LG pode ser deslocada? É essa questão que tentaremos abordar a seguir, e utilizando esse conceito podemos estimar valores da energia cinética de translação e de rotação da queda estudada neste capítulo.

A análise a seguir parte da premissa que LG do adversário é deslocada até uma posição de desequilíbrio e este é simplesmente solto, ou seja, as duas

forças com os braços (\vec{F}_1 e \vec{F}_2) e uma com a perna (\vec{F}_3) são exercidas apenas até que o atleta atinja o ângulo crítico para que fique desequilibrado. A partir daí, estas forças não são mais exercidas e o atleta está sujeito apenas à força da gravidade.

Considerando que BS esteja relacionada com o tamanho dos pés ($d_{pé}$) podemos dizer que a projeção da LG, na posição de equilíbrio, esteja aproximadamente em seu centro, conforme a FIGURA 35.

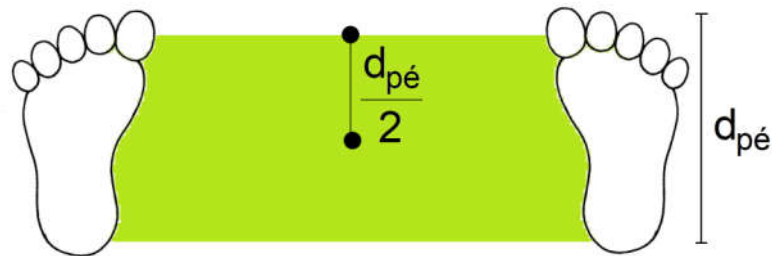


FIGURA 35 - RELAÇÃO DA BS E TAMANHO DOS PÉS

Para que o adversário saia da sua posição de equilíbrio a LG deve estar fora da BS, logo podemos estimar valores aproximados do ângulo crítico (θ_c), ângulo máximo da linha do tronco na posição de equilíbrio. Para todos os ângulos maiores que θ_c , o adversário estará passível de receber uma queda.

Podemos dizer que existe uma relação trigonométrica entre o ângulo crítico (θ_c), a altura do CM (h) e o tamanho dos pés ($d_{pé}$), conforme a FIGURA 36.

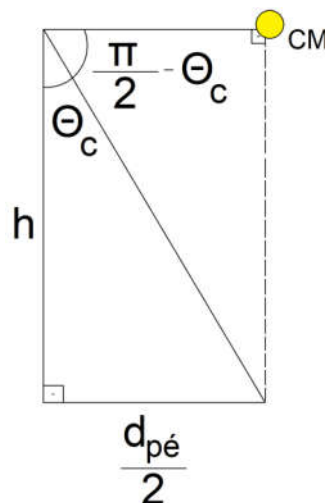


FIGURA 36 – RELAÇÃO TRIGONOMÉTRICA ENTRE O θ_c , h e $d_{pé}$

Através da relação trigonométrica da FIGURA 36, podemos deduzir a EQUAÇÃO 13 que explicita o valor de θ_c .

$$\theta_c = \tan^{-1} \frac{d_{pé}}{2h}$$

EQUAÇÃO 13

$$d_{pé} \in [0,2 , 0,3] \text{ m}$$

$$h \in [0,795 , 1,06] \text{ m}$$

$$\rightarrow \theta_c \in [0,094 , 0,186] \text{ rad} = [5,386 , 10,657]^\circ$$

EQUAÇÃO 14

Os valores encontrados na EQUAÇÃO 14 são no mínimo coerentes, pois realmente não esperávamos valores altos para o valor de θ_c . Utilizando esses valores podemos continuar a nossa análise. Sabemos que um atleta em queda, o seu CM percorre uma distância igual à sua altura (h) em um tempo igual ao tempo de queda livre t_q , conforme a EQUAÇÃO 15.

$$t_q = \sqrt{\frac{2h}{|g|}}$$

EQUAÇÃO 15

$$\rightarrow t_q \in [0,399 , 0,460] \text{ s}$$

Com o valor do tempo de queda podemos estimar valor do módulo da velocidade angular $|\vec{\omega}|$ e linear $|\vec{v}|$ do atleta na queda. Repare, através da FIGURA 36, que a distância angular a ser percorrida pelo centro de massa após o desequilíbrio é o complemento do ângulo crítico.

$$|\vec{\omega}| = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{(\pi/2) - \theta_c}{t_q} \rightarrow |\vec{\omega}| \in [3,010 , 3,701] \text{ rad/s}$$

Considerando que o CM cai rigidamente, podemos considerar uma trajetória angular com raio que coincide com a altura h .

$$|\vec{v}| = |\vec{\omega}| \cdot h \quad \rightarrow |\vec{v}| \in [2,393, 3,923] \text{ m/s}$$

Podemos aproximar as dimensões de um atleta, que o sofre a queda do O-Soto-Gari, com as dimensões de uma placa retangular maciça que roda em torno do eixo longitudinal, conforme FIGURA 25, para podermos estimar o momento de inércia, e conseqüentemente o valor da energia cinética de rotação k_R .

$$I = \frac{1}{12}mb^2 \quad b \cong 2h \quad \rightarrow I = \frac{1}{3}mh^2$$

$$\rightarrow I \in [14,747, 37,453] \text{ kg m}^2$$

$$k_T = \frac{1}{2} m|\vec{v}|^2 \quad ; \quad k_R = \frac{1}{2} I|\vec{\omega}|^2$$

→

$$k_T \in [200,426 ; 769,496] \text{ J}$$

$$k_R \in [66,80 ; 256,50] \text{ J}$$

O valor da k_T encontrada foi sem considerar as duas forças com os braços (\vec{F}_1 e \vec{F}_2) e uma com a perna (\vec{F}_3). Isso quer dizer que um atleta após uma queda do O-Soto-Gari, terá a mesma sensação que receber um impacto de um maratonista de 70 kg correndo a mais de 16 km/h.

Após a análise desse capítulo podemos proferir a DEFINIÇÃO 7.

“O O-Soto-Gari deve ser aplicado com forças perpendiculares ao plano das costas do adversário. Este golpe é mais eficaz para ser aplicado em oponentes com

maior envergadura e que estejam na base do cavaleiro e com o segmento de reta da BS maximizado.”

DEFINIÇÃO 7

7. ARM LOCK DA GUARDA FECHADA

O Arm Lock, traduzido do inglês que significa chave de braço, é um golpe de Jiu-Jitsu e judô no qual o atleta domina o braço do adversário e coloca-o entre suas pernas, segurando o punho com as mãos na parte central de próprio peito, dominando-o com o polegar do adversário apontado para cima. Apesar de ser um movimento básico e de fácil execução, é de extrema eficiência, principalmente pelo seu poder de finalização, pois pode ser utilizada toda a força das pernas e do quadril concentrado no cotovelo do adversário.

O Arm Lock da guarda fechada possui algumas variações, dependendo do atleta, e também a forma com que o adversário está fazendo postura. Mas a mecânica do movimento é basicamente a mesma.

7.1. TÉCNICA ILUSTRADA DO ARM LOCK DA GUARDA FECHADA

O Arm Lock da guarda fechada consiste basicamente em seis tempos, conforme FIGURA 37 ^[26]. Inicialmente dominamos o braço do nosso adversário segurando no bíceps de tal forma que o cotovelo fique próximo ao CM do atleta que está fazendo guarda.



FIGURA 37 - ATLETAS DEMONSTRANDO A TÉCNICA ARM LOCK DA GUARDA FECHADA

^[26] Imagens integrantes do canal Reginaldo Martins do youtube.

No tempo dois, seguramos a gola do kimono do adversário, de tal forma que a sua postura ereta seja evitada. Cabe ressaltar que pegada nos dois primeiros tempos devem ser da forma cruzada, ou seja, mão direita dominando o braço direito e mão esquerda dominando a lapela esquerda, ou vice e versa. No tempo três, pisamos no quadril do adversário do mesmo lado do braço que está sendo dominado, mantendo o joelho o mais próximo possível do ombro. No quarto movimento, empurramos o adversário com a outra perna, de tal forma que o tronco gire (fuga de quadril) e fique o máximo alinhado possível com o braço dominado do nosso adversário, mantendo o plano do tronco sempre paralelo ao solo. No tempo cinco, largamos a lapela e podemos empurrar a cabeça do adversário, de modo a facilitar que a perna, que estava pisando no quadril, possa passar sobre a cabeça. O tempo seis é simplesmente levantar o quadril gerando pressão sobre o cotovelo do oponente, que acarretará sua submissão.

Existem alguns detalhes nessa posição que são importantes, caso não sejam executados podem acarretar a defesa do adversário e até a passagem da guarda. É muito importante que o cotovelo do braço dominado esteja acima da linha da cintura e o polegar esteja apontado para cima.

7.2. ANÁLISE PRÁTICA DO ARM LOCK DA GUARDA FECHADA

Quase toda a pessoa alguma vez na vida já quebrou um cabo de vassoura ou algum objeto parecido.

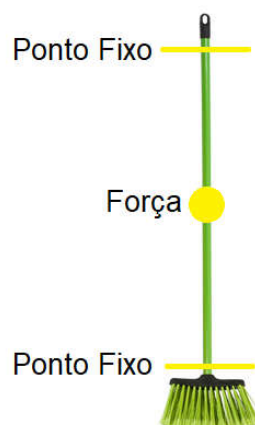


FIGURA 38 - PONTOS PARA QUEBRAR UM CABO DE VASSOURA

Normalmente executamos a quebra da vassoura segurando o cabo com as mãos mantendo dois extremos fixos e realizamos uma força bem no centro dos pontos fixos, conforme a FIGURA 38.

Analisando a anatomia básica do braço humano, conforme FIGURA 39 [27], podemos notar a limitação da rotação do eixo do cotovelo somente em uma direção.

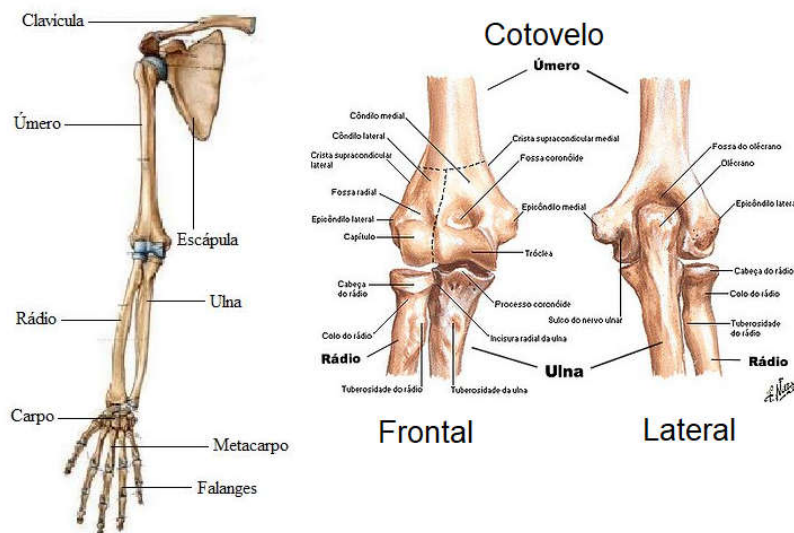


FIGURA 39 - ANATOMIA BÁSICA DO BRAÇO E ANTEBRAÇO DO CORPO HUMANO

Reparamos que os ossos rádio e ulna podem se movimentar de forma independente do cotovelo somente na direção do plano da palma da mão. Note na visão frontal do cotovelo que a articulação é favorecida para a rotação, diferentemente na visão lateral, que podemos verificar que a Ulna está diretamente ligada ao Úmero.

Podemos fazer um teste para verificar a direção de rotação do antebraço do nosso corpo. Apoie o seu cotovelo em uma superfície plana (Exemplo: uma mesa) mantendo a palma da mão para cima. Tente movimentar sua mão mantendo a palma da mão para cima sem tirar contato do cotovelo com a mesa. Podemos notar grande mobilidade da nossa mão em todos os sentidos, exceto para baixo do plano da superfície. Agora apoie novamente o seu cotovelo na superfície plana, só que dessa vez mantendo o polegar para

[27] Imagens integrante do web site flickr (<https://www.flickr.com/photos/anatoradio/2366156857>).

cima, de tal forma que osso epicôndilo medial esteja sempre em contato com a superfície. Tente movimentar sua mão mantendo o polegar para cima e sem tirar o ponto de contato do cotovelo com a mesa (o cotovelo não pode rodar). Notaremos que conseguimos movimentar a mão somente no sentido da palma da mão.

Podemos concluir que o polegar apontado para cima faz com que a capacidade de rotação do cotovelo humano reduza bastante, fazendo com que braço do nosso oponente se comporte de forma semelhante a um cabo de vassoura, por conseguinte facilitando sua submissão.

7.3. ANÁLISE FÍSICA DO ARM LOCK DA GUARDA FECHADA

O conceito físico essencial no Arm Lock da guarda fechada é novamente o torque. Nessa posição, exercemos uma força \vec{F}_T com o tronco para baixo juntamente com a mão no pulso do nosso adversário, enquanto o quadril exerce uma força \vec{F}_Q para cima no braço, conforme a FIGURA 40 [28].

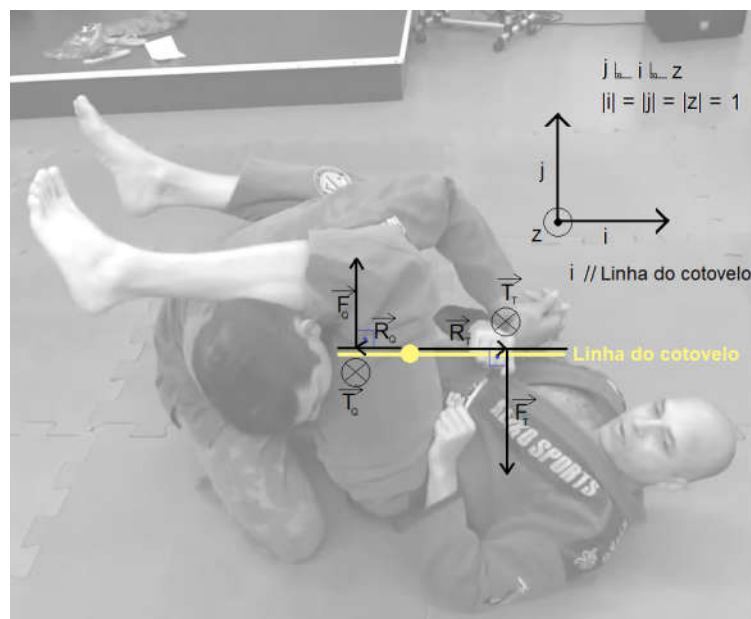


FIGURA 40 - ANÁLISE DE GRANDEZAS VETORIAIS DO ARM LOCK DA GUARDA FECHADA

[28] Imagem integrante do canal Reginaldo Martins do youtube. Imagem adaptada com grandezas físicas para demonstração.

Adotando o cotovelo como a origem do eixo da linha do braço, podemos dizer que \vec{F}_T e \vec{F}_Q estão a uma posição \vec{R}_T e \vec{R}_Q do cotovelo.

Devido a possíveis dificuldades da FIGURA 40 para visualização das grandezas vetoriais na posição do Arm Lock, utilizaremos uma imagem ajustada para melhor visualização das forças exercidas nessa posição, conforme FIGURA 41.

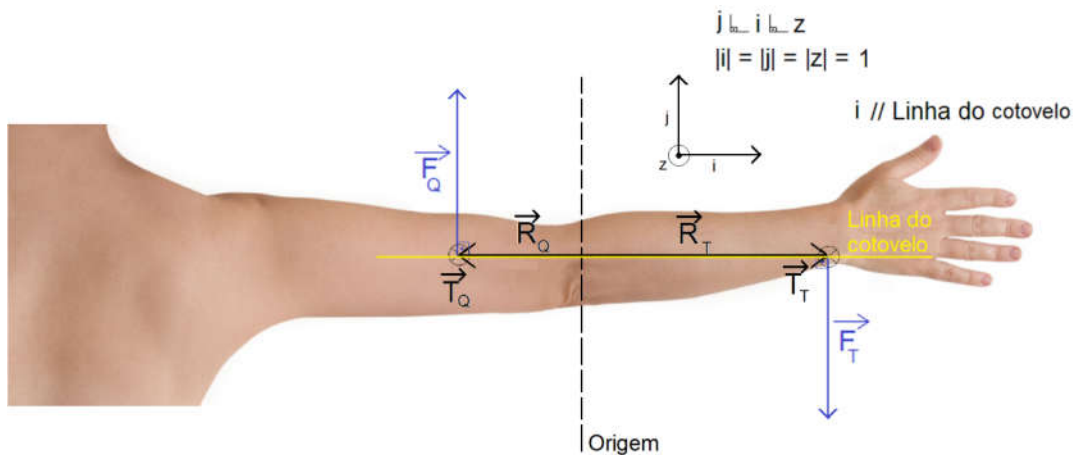


FIGURA 41 - VISÃO AJUSTADA PARA ANÁLISE DE GRANDEZAS VETORIAIS DO ARM LOCK DA GUARDA FECHADA

Nessa posição, as forças \vec{F}_T (fixação do braço no tronco), \vec{F}_Q (elevação do quadril) exercem os torques \vec{T}_T e \vec{T}_Q , respectivamente, conforme demonstração a seguir.

$$\vec{T}_T = \vec{R}_T \times \vec{F}_T \quad \text{e} \quad \vec{T}_Q = \vec{R}_Q \times \vec{F}_Q$$

$$|\vec{T}_T| = |\vec{R}_T| \cdot |\vec{F}_T| \cdot \text{sen}\theta_T \quad \text{e} \quad |\vec{T}_Q| = |\vec{R}_Q| \cdot |\vec{F}_Q| \cdot \text{sen}\theta_Q$$

$$\text{Se } \theta_T = \theta_Q = \frac{\pi}{2}, \quad \vec{F}_T = -|\vec{F}_T|j, \quad \vec{R}_T = |\vec{R}_T|i$$

$$\vec{F}_Q = |\vec{F}_Q|j \quad \text{e} \quad \vec{R}_Q = -|\vec{R}_Q|i$$

→

$$\vec{T}_T = (|\vec{R}_T| \cdot |\vec{F}_T|) \cdot (i \times -j) = -(|\vec{R}_T| \cdot |\vec{F}_T|)z$$

$$\vec{T}_Q = (|\vec{R}_Q| \cdot |\vec{F}_Q|) \cdot (-i \times j) = -(|\vec{R}_Q| \cdot |\vec{F}_Q|) z$$

$$\vec{T}_T = \vec{T}_T + \vec{T}_Q = -(|\vec{R}_T| \cdot |\vec{F}_T|) z - (|\vec{R}_Q| \cdot |\vec{F}_Q|) z$$

$$\rightarrow \vec{T}_T = -(|\vec{R}_T| \cdot |\vec{F}_T| + |\vec{R}_Q| \cdot |\vec{F}_Q|) z$$

EQUAÇÃO 16

A EQUAÇÃO 16 traz muitas informações sobre a eficiência do Arm Lock. Primeiramente, considerando que realizamos a posição com todas as forças (\vec{F}_T, \vec{F}_Q) de forma perpendicular à linha do braço do nosso oponente $(\theta_T = \theta_Q = \frac{\pi}{2})$ podemos afirmar que torque total \vec{T}_Q será na direção do vetor unitário z e no sentido negativo.

O desconforto do oponente será maior se conseguirmos executar uma um torque total \vec{T}_T elevado. Verificamos que $|\vec{T}_T| \propto |\vec{R}_T| e |\vec{R}_Q|$. Podemos verificar que o torque depende basicamente da elevação do quadril e do tronco, comprovando a tese do Jiu-Jitsu como sendo uma arte suave.

Notamos também que $|\vec{R}_Q|$ está relacionado com a posição do cotovelo do adversário, ou seja, quanto mais puxarmos o braço, de tal forma que o cotovelo esteja o máximo para dentro das pernas possível, maior será o $|\vec{T}_T|$, e consequentemente maior será o desconforto para o adversário.

Ressaltamos que $|\vec{F}_Q|$ é a força exercida pelo quadril no braço do adversário. Podemos relacionar essa força com o trabalho executado na elevação do quadril do atleta que executa o Arm Lock da guarda, como sendo aproximadamente a variação da energia potencial do quadril, ou seja, quanto mais elevarmos o quadril maior será o trabalho executado sobre o braço do adversário.

Podemos estimar o valor do torque sobre o braço que recebe um Arm Lock, através da EQUAÇÃO 16 sabemos que os valores de $|\vec{R}_T|$ e $|\vec{R}_Q|$ dependem basicamente do tamanho do braço do oponente. Podemos

aproximar os valores dos módulos das forças $|\vec{F}_T|$ e $|\vec{F}_Q|$ com iguais à metade do peso do atleta. Considerando os valores:

$$|\vec{T}_T| = |\vec{R}_T| \cdot |\vec{F}_T| + |\vec{R}_Q| \cdot |\vec{F}_Q|$$

$$|\vec{R}_T| = [0,2, 0,3] \text{ m}$$

$$|\vec{R}_Q| = [0,1, 0,15] \text{ m}$$

$$|\vec{F}_T| = |\vec{F}_Q| = [250, 500] \text{ N}$$

$$\rightarrow |\vec{T}_T| = [75, 225] \text{ N.m}$$

Após a análise desse capítulo podemos proferir a **DEFINIÇÃO 8**.

“No Arm Lock da Guarda Fechada, quanto mais elevarmos o CM e puxarmos o braço, estando o cotovelo o máximo para dentro das pernas possível, maior será o módulo do torque total, e mais eficiente será o golpe.”

DEFINIÇÃO 8

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo sobre os alguns conceitos físicos do Jiu-Jitsu, tais como o equilíbrio e algumas posições específicas. Após ler esse trabalho um praticante de Jiu-Jitsu saberá que quando ele aplica um golpe usa os conceitos da física. Neste trabalho analisei a forma como os movimentos básicos desta arte marcial, tais como quedas, arm lock e estratégias de combate podem ser otimizados nestes casos através dos conceitos da física.

Correlacionando as ideias arraigadas no Jiu-Jitsu com seus conceitos físicos inerentes, conseguimos afirmar 8 definições, que instintivamente os atletas de Jiu-Jitsu conhecem, no entanto, entender esta correlação através dos conceitos teóricos da física, é sem dúvida uma maneira de um praticante instruído se sobressair contra seu adversário.

9. REFERÊNCIAS

[1] Livro GRACIE JIU-JITSU, Grande Mestre Helio Gracie. Editora Saraiva 1ª Edição, ano 2010;

[2] H. MOYSÉS NUSSENZVEIG – 1 Mecânica Curso de Física Básica. Editora Blucher, 5ª edição revista atualizada;

[3] HALLIDAY & RESNICK – Fundamentos da Física Mecânica. Editora LTC 9ª Edição, ano 2012;

[4] SEARS, ZEMANSKY & YOUNG – Física 1 Mecânica da Partícula e dos Corpos Rígidos. Editora Livros Técnicos e Científicos, 2ª edição ano de 1983;

[5] DICIONÁRIO DO JIU JITSU, disponível em:
<http://www.aprendajiujiitsu.com.br/dicionario-do-jiu-jitsu/>;

[6] LIVRO DE REGRAS - Regulamento Geral De Competições Manual De Formatação De Competições da IBJJF Versão 4.0;

[7] HISTÓRIA DO JIU-JITSU - disponível em http://www.jiujiitsu.net.br/historia_do_jiu_jitsu.htm;

[8] BASES DO WUSHU - disponível em <http://taochikungfu.com.br/blog/index.php/as-bases-do-wushu>; e

[9] Centro de Massa e Equilíbrio – Prof. Dr. André L. F. Rodacki. Texto disponível em: [www.profedf.ufpr.br/rodackibiomecanica_arquivos/Centro%20de%20Massa .pdf](http://www.profedf.ufpr.br/rodackibiomecanica_arquivos/Centro%20de%20Massa.pdf).

[10] Canal Projeto Judô do youtube (www.youtube.com/channel/UCG6TRIYc8-glhuuH0r1a3gw)

[11] Canal Reginaldo Martins do youtube
(www.youtube.com/channel/UC4Vuz3CNbry1YI3NiM8d8Mg)