



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS**  
**FACULDADE DE FÍSICA**

Walter Moura de Queiroz Júnior

**Biomecânica: Fundamentos Físicos e Análise de Exercícios Resistidos**

**BELÉM**

**2022**



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
FACULDADE DE FÍSICA

ATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO –  
TCC

Ata da sessão de apresentação e defesa de Trabalho de Conclusão de Curso para concessão de grau de Bacharelado em Física, realizado às 09:00 h do dia 05 de fevereiro de 2022, de forma virtual por meio da Plataforma Google Meet (<https://meet.google.com/agq-wxjf-mfk>), cuja orientação teve início em 06 de junho de 2021 sendo intitulada: **“Biomecânica: Fundamentos Físicos e Análise de Exercícios Resistidos”**, contendo 36 páginas, que foi apresentado durante 30 minutos pelo discente **WALTER MOURA DE QUEIROZ JÚNIOR**, matrícula Nº **201308140016** diante da banca examinadora aprovada pela Faculdade de Física do Instituto de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal do Pará, assim constituída: **Prof. Dr. Rubens Silva (Orientador - UFPA)**, **Prof. Msc. Rafael Dos Anjos Silva (Examinador 1 – Curso Domine a Física)** e **Prof. Dr. Erick Frade Silva (Examinador 2 – UFOPA)**. Em seguida o mesmo foi submetido à arguição, tendo demonstrado conhecimentos no tema objeto da proposta de TCC, favorecendo à banca examinadora apresentar contribuições para melhoras no desenvolvimento e decidir pelo conceito EXCELENTE do mesmo, bem como conceder o prazo máximo de 15 dias para serem efetuadas as modificações sugeridas pela banca, se for o caso, e em seguida a mesma será assinada por todos os membros. Para constar foram lavrados os termos da presente ata que lida e aprovada recebe a assinatura dos integrantes da banca examinadora e da DISCENTE.

ORIENTADOR: \_\_\_\_\_

EXAMINADOR 1: \_\_\_\_\_

EXAMINADOR 2: \_\_\_\_\_

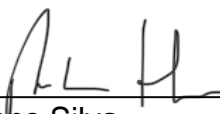
DISCENTE: \_\_\_\_\_

**WALTER MOURA DE QUEIROZ JÚNIOR**


**“Biomecânica: Fundamentos Físicos e Análise de Exercícios Resistidos.”**

Monografia apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Física pela Faculdade de Física do Instituto de Ciências Exatas Naturais da Universidade Federal Pará, submetida à apreciação da banca examinadora composta pelos seguintes membros:

**Orientador:**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Rubens Silva  
(UFPA)

**Examinador 1:**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Msc. Rafael Dos Anjos Silva  
(Curso Domine a Física)

**Examinador 2:**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Erick Frade Silva  
(UFOPA)

Belém, 05 de fevereiro de 2022.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço à Deus pelo Dom da minha vida e por me dar forças suficientes para superar todos os desafios que surgiram em minha vida até aqui, pelos momentos de medo e até pelos erros cometidos que foram necessários para eu ter a maturidade e responsabilidade de hoje.

Agradeço a minha amada família por ter me dado todas as condições, sejam afetivas, financeiras e morais para conquistar os meus objetivos e por me apoiar nas minhas decisões. Por acompanharem de camarote todas as minhas lutas, derrotas e vitórias da vida e incessantemente não pararem de interceder por mim, minha gratidão eterna!

Agradeço a minha maravilhosa namorada, Paula Pereira, que me acompanha desde o início da minha graduação e jamais deixou de me incentivar, motivar e inspirar a ser um homem melhor, todos os dias. Eu amo você!

Aos Mestres e Professores da Faculdade de Física por transmitir ao longo desses anos todo o conhecimento necessário para compreender a beleza da nossa natureza, decodificada em fórmulas matemáticas. Vocês me ajudaram a enxergar além do alcance!

Ao Professor Rubens Silva, pela oportunidade de ser meu orientador e por toda a sua incansável força em ajudar sempre que possível, meu muito obrigado!

E por fim, mas não menos importante, a todos os colegas de curso que ao longo desta empreitada contribuíram, de alguma forma, para o meu crescimento como estudante e ser humano. Por todos os momentos de companheirismo e empatia, obrigado!

## RESUMO

O presente trabalho visa expor os conceitos fundamentais de física para contextualizar e aplicar em uma realidade multidisciplinar da Biomecânica, área que identifica e compreende o movimento humano e a relação deste com ambiente externo e com outros corpos. Utilizando-se de uma pesquisa bibliográfica em autores profissionais da saúde do esporte, artigos científicos e cursos em Biomecânica, investigamos as áreas de pesquisa mais evidentes atualmente e qual a relevância da física para esta disciplina. Especialmente focado na área de exercício resistido, popularmente conhecida por musculação, o trabalho atende pessoas que tem pouco ou quase nenhum conhecimento em biomecânica até pessoas que já possuem alguma bagagem em física, seja discente ou docente.

**Palavras-chave:** Física, Biomecânica, Exercício Resistido

## **ABSTRACT**

The present work aims to expose the fundamental concepts of physics to contextualize and apply in a multidisciplinary reality of Biomechanics, an area that identifies and understands human movement and its relationship with the external environment and with other bodies. Using bibliographic research on professional sports health authors, scientific articles and courses in Biomechanics, we investigated the most evident areas of research today and the relevance of physics to this discipline. Especially focused on the area of resistive exercise, popularly known as bodybuilding, the work serves people who have little or no knowledge in biomechanics to people who already have any background in physics, either students or professors.

**Keywords:** Physics, Biomechanics, Resistive Exercise

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Planos Anatômicos.....	12
<b>Figura 2</b> - Flexão, Extensão e Hiperextensão.....	13
<b>Figura 3</b> - Rotação Medial e Lateral .....	13
<b>Figura 4</b> - Abdução e Adução .....	14
<b>Figura 5</b> - Ajuste corporal para encontrar o equilíbrio.....	17
<b>Figura 6</b> - Representação Gráfica Vetorial .....	18
<b>Figura 7</b> - Soma de Vetores com mesmo sentido.....	18
<b>Figura 8</b> - Soma de Vetores opostos .....	19
<b>Figura 9</b> - Soma de Vetores Ortogonais .....	19
<b>Figura 10</b> - Soma de Vetores.....	20
<b>Figura 11</b> - Decomposição de Vetores .....	21
<b>Figura 12</b> - Representação do Momento de Força .....	22
<b>Figura 13</b> - Flexão de Braços .....	23
<b>Figura 14</b> - Torque interno e externo .....	23
<b>Figura 15</b> - Alavancas.....	24
<b>Figura 16</b> - Supino Reto em Barra Livre .....	26
<b>Figura 17</b> - Elevação Lateral com Halteres .....	27
<b>Figura 18</b> - Agachamento com barra .....	28
<b>Figura 19</b> - Rosca Scott.....	29
<b>Figura 20</b> - Músculo Gastrocnêmio.....	30
<b>Figura 21</b> - Flexão de cotovelo .....	31
<b>Figura 22</b> - Potencial de compressão: Exercício .....	32
<b>Figura 23</b> - Representação Vetorial.....	33

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>Planos Anatômicos e Localização do Movimento.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2</b>	<b>Cinética .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3</b>	<b>Diagramas de corpo livre e condições de equilíbrio.....</b>	<b>15</b>
<b>2.4</b>	<b>Vetores e funções trigonométricas.....</b>	<b>17</b>
<b>2.5</b>	<b>Torque e Momento de Força.....</b>	<b>21</b>
<b>2.6</b>	<b>Alavancas.....</b>	<b>24</b>
<b>3</b>	<b>APLICAÇÕES EM EXERCÍCIOS RESISTIDOS .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1</b>	<b>Dispositivos de Treinamento com Resistência Constante.....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Supino na barra reta.....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Elevação lateral com halteres .....</b>	<b>27</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Agachamento Com Barra.....</b>	<b>28</b>
<b>3.2</b>	<b>Dispositivos de resistência gravidade-dependente.....</b>	<b>29</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Rosca direta na máquina scott.....</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>EXERCÍCIOS PROPOSTOS .....</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>34</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>35</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em 2019, na cidade de Wuhan, na China, estourara o que semanas depois seria uma pandemia que mudaria abruptamente a forma de viver dos seres humanos. O Sars-Cov-2, o vírus da Covid-19 causou um caos em continentes inteiros e colocaria à prova emergências na área da saúde. Diante de tantas perdas e tragédias, entidades governamentais globais buscam incessantemente até hoje solucionar esse problema mundial com medidas de prevenção, sejam por meio de distanciamento, uso de máscaras e álcool em gel e, principalmente por meio de vacinas.

Em resposta a esse quadro preocupante, desde 2020 foi notório o aumento do interesse público sobre imunidade e bem-estar. Práticas saudáveis, exercícios físicos, alimentação balanceada e saudável começaram a ser prioridades para jovens e adultos. O treinamento resistido com pesos, ou popularmente conhecido como musculação, é atualmente uma das formas mais conhecidas de exercício no país, seja pelo número de adeptos nas academias do Brasil, pelo aumento de profissionais capacitados na área ou até pelo surgimento de campeonatos profissionais de fisiculturismo, focados em alta performance.

A procura por conteúdos de qualidade a respeito da musculação aumentou proporcionalmente. Do praticante ocasional ao atleta de alta performance, a necessidade de conhecer cada vez mais esse vasto mundo vai além apenas de preocupações estéticas, mas sobre a compreensão de toda uma cadeia lógica que passa por cada exercício físico, da prevenção de acidentes ou lesão pela execução errada e até mesmo pela melhora da técnica e aprimoramento no rendimento físico.

Ora, se analisarmos por um viés estritamente físico, a prática da musculação, no que tange a execução de cada exercício físico, grupamentos musculares e cargas, veremos que há uma total aplicabilidade física do que somente movimentos aleatórios em um ginásio. Assuntos que são abordados desde o ensino médio e aprofundados na graduação de Física de forma majoritariamente teórica são por vezes praticados quase que inconscientemente. Há uma área voltada para esse estudo chamada Biomecânica, onde junto com outras áreas do conhecimento compreendem os movimentos e as forças que atuam na realidade do corpo humano.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho, por meio de pesquisa bibliográfica em estudos de acadêmicos de educação física, médicos, fisioterapeutas e demais áreas multidisciplinares, é apresentar a Biomecânica sob uma ótica física os conceitos que

são necessários para entender como funciona o movimento humano e fazer uma análise qualitativa dos exercícios de musculação.

No capítulo 2 será abordado a base da biomecânica, desde o objeto de estudo, áreas de pesquisa até conceitos físicos e matemáticos fundamentais.

No capítulo 3 serão apresentadas as categorias de exercícios resistivos, bem como análises biomecânicas dos exercícios físicos mais populares das academias.

Por fim, no capítulo 4, serão propostos exercícios de fixação comentados para que a teoria seja contextualizada e debatida.

É possível aprender física no cotidiano. Com uma linguagem de fácil acesso, esse trabalho é destinado para qualquer pessoa ou aluno, seja do ensino básico ou superior, que tenha interesse em atestar os fundamentos físicos estudados teoricamente, servir como um ponto de partida para conhecer uma área nova de pesquisa e por último e não menos importante inspirar a prática de atividade física, qualquer que ela seja.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A biomecânica do corpo humano é definida por Winter (2009, p. 1) como “uma ciência interdisciplinar que descreve, analisa e avalia o movimento humano”. É uma ciência que usa conceitos da matemática, da física, da anatomia, da fisiologia entre outras para compreender as características do movimento humano e como interage com outras pessoas, equipamentos e com o ambiente. Amadio & Serrão (2007), quando vão definir o corpo humano, declaram que:

O corpo humano pode ser definido fisicamente como um complexo sistema de segmentos articulados em equilíbrio estático ou dinâmico, onde o movimento é causado por forças internas atuando fora do eixo articular, provocando deslocamentos angulares dos segmentos, e por forças externas ao corpo.

A Biomecânica também pode dividir-se em duas grandes áreas como Amadio & Serrão (2007) explanam: Biomecânica Interna e Biomecânica Externa. A primeira irá se preocupar exclusivamente com as forças que atuam e interagem diretamente nas estruturas, órgãos e tecidos do corpo humano, como forças musculoesqueléticas, forças articulares, forças dos tendões, entre outras. A segunda, em contraponto, irá dedicar-se as forças e parâmetros do ambiente em que o corpo está sujeito, como as mudanças de posição ou de impacto do sistema com o corpo humano, facilmente analisados em modalidades esportivas e/ ou de alto rendimento. Amadio & Serrão (2007) vão estabelecer também as principais áreas de pesquisa dentro da Biomecânica, considerando toda a sua multidisciplinariedade:

- a) Esporte de alto nível de rendimento: sistematização e otimização do rendimento esportivo, diagnose da técnica de movimento e condição física, redução de sobrecargas excessivas ao aparelho locomotor, regime de treinamento ótimo e relação estímulo-resposta;
- b) Esporte escolar e atividades de recreação: estudo da eficiência de processos de aprendizagem, adequação de sistemas e equipamentos com “feedback” pedagógico;
- c) Prevenção e reabilitação orientados à saúde: desenvolvimento de métodos, procedimentos e técnicas aplicados à terapia, descrição de padrões “patológicos” e dependências clínicas, adequação e desenvolvimento de equipamentos;
- d) Atividades do cotidiano e do trabalho: estudo da postura e da locomoção humana, classificação e sistematização de grupos de movimentos em dependência de estações de trabalho, interface

homem, máquina e meio ambiente, eficiência, saúde e segurança nas tarefas da vida diária e do trabalho.

Por tratar-se de áreas de pesquisa que dependam altamente de resultados experimentais, diversos são os métodos de medição. Amadio & Serrão (2007) defendem que a preocupação com a metodologia será determinante não somente para obter dados mais precisos como entender a modelagem do movimento humano. Os métodos que são usados para obter as diversas formas de movimento são: cinemetria, dinamometria e eletromiografia (AMADIO & SERRÃO, 2007).

Sobre o método de cinemetria, Amadio & Serrão (2007) descrevem como o “registro de imagens e as consequentes reconstruções com auxílio de pontos marcados, conforme modelo antropométrico, que estima a localização dos eixos articulares do sujeito onde fixam-se estas marcas anatômicas”. Esse método é indicado para avaliação e desenvolvimento de técnicas, seja em competições ou treinamentos, assim como monitoramento de atletas. Resultados de variáveis lineares e angulares de posição, velocidades lineares e angulares, velocidade do centro de gravidade, entre outros (Amadio & Serrão, 2007) são coletados nesse método. Sobre o método de dinamometria, é destacado por Amadio & Serrão (2007):

O conceito de força, sob o aspecto físico, somente pode ser interpretado a partir do efeito de sua ação. A interpretação das componentes ortogonais desta força permitem o entendimento das condições do movimento estudado, que respondem por funções de transferência de forças às estruturas do aparelho locomotor, técnicas de estabilidade do apoio, ou ainda alterações no padrão técnico que identificam disfunções no comportamento motor durante esta fase de contato do pé com o solo.

Indicadores de Forças externas e internas, como força de reação do solo, torques musculares, impulsos, gradiente de força, torques articulares e outros são obtidos desse método. Dessa forma, análises de condição física, controle de sobrecarga e identificação de influências externas e internas no exercício são os objetivos à utilização desse método.

Por fim, a descrição do método de eletromiografia é o registro da atividade elétrica de um músculo quando realiza uma contração (AMADIO & SERRÃO, 2007). Interessa aos profissionais de clínica médica na área neuromuscular, no diagnóstico de doenças neuromusculares e reabilitação muscular, assim como na área anatômica e biomecânica para revelar ações musculares e fenômenos no próprio corpo. A

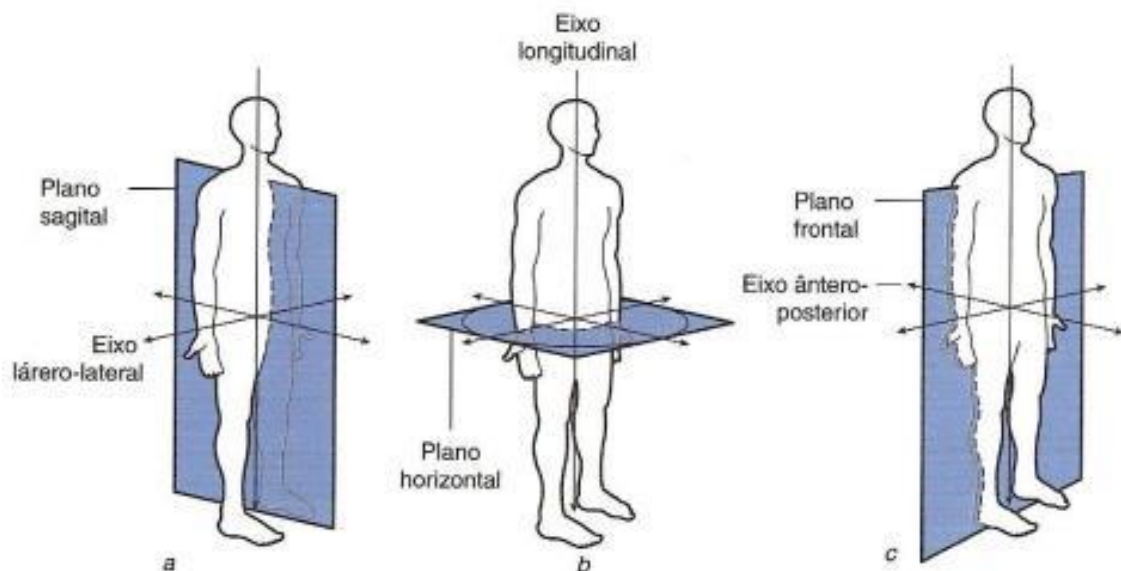
vantagem do eletromiograma possibilita uma visão da coordenação da atividade muscular, a avaliação do desgaste muscular, determinação dos padrões de recrutamento de cada músculo. Amadio & Serrão (2007) enfatizam:

Através da eletromiografia observa-se, portanto, a variação do potencial elétrico muscular, que acontece entre eletrodos. Recomenda-se para tanto um processo seletivo prévio, para determinar quais os grupos musculares ativos durante o movimento serão analisados. Assim o potencial de ação muscular será investigado paralelamente aos parâmetros mecânicos obtidos a partir da dinâmica e/ou cinemática. Portanto, o processo de interpretação do eletromiograma possibilita uma visão da coordenação da atividade muscular.

## 2.1 Planos Anatômicos e Localização do Movimento

Campos (2000) afirma que para termos uma descrição precisa de um determinado movimento, devemos projetar planos que sejam ortogonais ao corpo humano. Possuímos três planos distintos e cada um com um eixo que atravessa ortogonalmente cada plano. A Figura 1 ilustra cada um desses planos.

**Figura 1 - Planos Anatômicos**

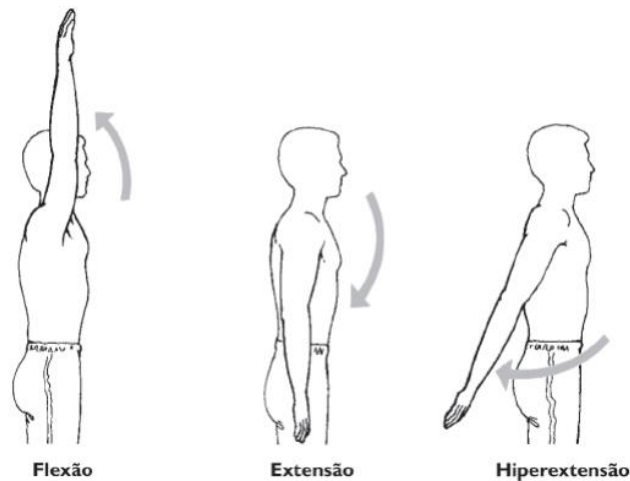


Fonte: site "Anatomia Papel e Caneta"

**Plano Sagital:** É o plano que secciona o corpo humano em direita e esquerda. O seu eixo será o Látero-lateral e os seus principais movimentos são a flexão, extensão e a hiperextensão. A flexão inclui rotações direcionadas anteriormente da cabeça ao tronco, do braço até as mãos, quadril e rotações posteriormente da perna.

A extensão é definida como o movimento que retorna um membro à posição anatômica a partir de uma flexão; e a hiperextensão é a rotação além da posição anatômica em direção oposta à da flexão (Figura 2).

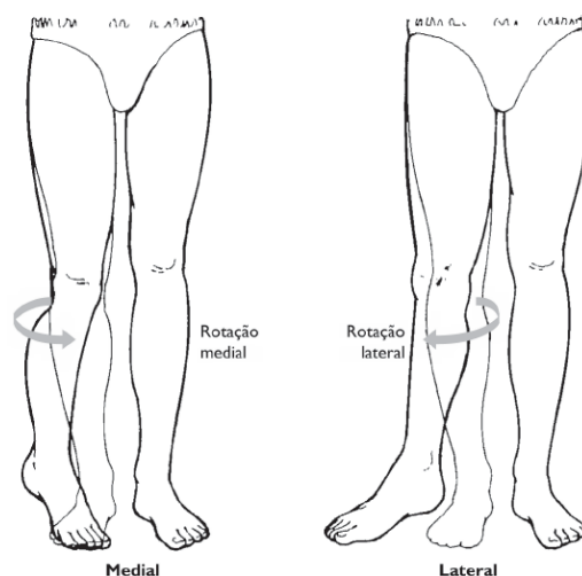
**Figura 2 - Flexão, Extensão e Hiperextensão**



Fonte: Biomecânica Básica (Hall, 2016. p. 54)

Plano Transverso: É o plano que divide o corpo humano em parte superior e inferior. Seu eixo será o Crânio-caudal (ou longitudinal) e sua principal movimentação será a rotação. Quando a rotação tem o sentido para a linha mediana do corpo, ou seja, no sentido de fora para dentro, chamamos de rotação medial. Quando a rotação sem sentido horário, chamamos de rotação lateral (Figura 3).

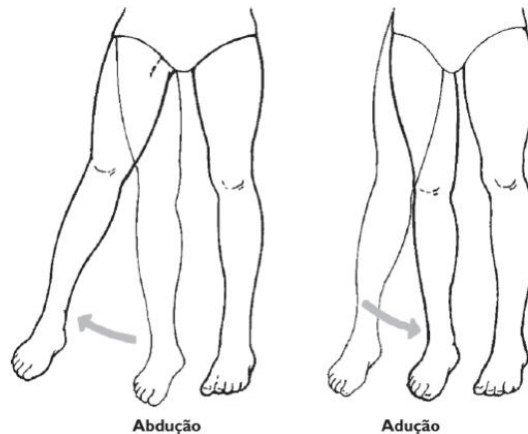
**Figura 3 - Rotação Medial e Lateral**



Fonte: Biomecânica Básica (Hall, 2016. p. 58)

Plano Frontal: É o plano que divide o corpo humano em frontal e posterior, o seu eixo será o Ântero-Posterior e seus principais movimentos são a abdução e adução. A abdução move um segmento corporal para longe da linha mediana do corpo enquanto a adução move o membro para próximo da linha mediana (Figura 3).

**Figura 4 - Abdução e Adução**



Fonte: Biomecânica Básica (Hall, 2016. p. 55)

## 2.2 Cinética

Para uma melhor compreensão dos efeitos da Força no Corpo Humano, precisamos relembrar os conceitos de inércia, massa, peso e centro de gravidade. Para isso, vamos relembrar as Leis de Newton.

A Inércia é definida através da Primeira Lei de Newton como a tendência de um corpo manter seu estado atual de movimento, seja de imobilidade ou de movimentação em velocidade constante. Ou seja, é a resistência de uma ação ou mudança. A inércia tem relação direta com a Massa, pois quanto maior a Massa de um corpo, maior o seu estado de inércia e mais difícil modificar o estado atual.

Massa pode ser definido como a quantidade de matéria que tem um determinado Corpo. Por convenção do Sistema Internacional, usamos a medida quilogramas (kg) para mensurar a quantidade.

Em Mecânica Clássica, podemos definir Força ( $F$ ) como a interação de impulso ou tração em um corpo de forma a alterar sua velocidade, tornando-o acelerado ou não. Em outras palavras, a ação da Força é gerar aceleração. Conforme a Segunda Lei de Newton:

$$F = m \times a ; \text{ onde } \begin{cases} F = \text{Força (N)} \\ m = \text{massa (kg)} \\ a = \text{aceleração (m/s}^2\text{)} \end{cases}$$

O Peso ou Força Peso (P) é definido como a ação da força gravitacional exercida sobre um corpo. A Gravidade é uma força que age sobre um objeto que se encontra sobre a superfície da Terra. Para equilibrar essa força, uma segunda força externa precisa ser induzida. Em suma, todo o corpo recebe a ação de uma força que é anulada com uma força oposta de mesmo módulo. Algebricamente, a definição da Força Peso é a modificação da definição geral de Força, com o peso sendo igual à massa multiplicada pela aceleração da gravidade.

$$P = m \times g ; \text{ onde } \begin{cases} P = \text{Força Peso (N)} \\ m = \text{massa (kg)} \\ g = \text{aceleração gravidade (m/s}^2\text{)} \end{cases}$$

A terceira Lei de Newton vai explicar sobre o efeito “ação e reação”, pois sugere que para cada ação existe uma reação, de valor igual e sentido contrário à ação. Em termos de força, quando um corpo provoca uma força arbitrária em outro corpo, este segundo exerce imediatamente uma força de reação de mesma intensidade no primeiro corpo, mas de sentido oposto. Quando pisamos no solo, há uma força que atua do corpo ao solo e imediatamente uma força de reação atua do solo ao pé, com mesma intensidade e sentido oposto.

### 2.3 Diagramas de corpo livre e condições de equilíbrio

Hall (2016) afirma que o equilíbrio usa como premissa a inércia, ou seja, um corpo está em equilíbrio quando está em repouso ou quando se move com uma velocidade constante. O equilíbrio é a capacidade do indivíduo em conseguir buscar a própria estabilidade neutralizando as acelerações angulares e lineares sob efeito no corpo. “Quanto maior for a resistência ao movimento, mais estável será o corpo” (Correa apud Hall, 2016. p. 97).

Quando um corpo ou objeto estiver completamente parado, chama-se de equilíbrio estático. As condições para que ocorra o equilíbrio estático são:

1. A soma das forças verticais e horizontais que atuam no corpo forem igual a zero.

$$\sum F_v = \sum F_h = 0$$

2. O somatório de torques, internos e externos, seja zero.

$$\sum T = 0$$

Situações de equilíbrio dinâmico vão caracterizar-se quando as forças aplicadas no corpo resultarem em forças inercias iguais e com sentido diferente entre si (Hall, 2016). Esta é a própria aplicação do princípio D'Alembert, onde as condições serão as equações a seguir:

$$\begin{aligned}\sum F_x - m \times \bar{a}_x &= 0 \\ \sum F_y - m \times \bar{a}_y &= 0 \\ \sum T_G - \bar{I}_\alpha &= 0\end{aligned}$$

Onde  $F_x$  e  $F_y$  são as Forças aplicadas no corpo, horizontalmente e verticalmente;  $m \times \bar{a}_x$  e  $m \times \bar{a}_y$  os produtos das Forças Inerciais no centro de massa deste mesmo corpo;  $T_G$  o Torque no centro de massa e  $\bar{I}_\alpha$  é o momento de inércia e a aceleração angular do corpo sobre o centro de massa.

O exemplo mais simples para esse princípio é da variação na força vertical ao utilizar o elevador. Suponha um indivíduo dentro do elevador e conforme o elevador acelera para cima, é produzida uma força inercial no sentido oposto e o peso corporal medido em uma balança dentro do elevador aumenta. Conforme o elevador acelera para baixo, uma força inercial dirigida para cima diminui o peso corporal medido em uma balança dentro do elevador. A massa corporal permanece constante, porém força inercial vertical modifica a magnitude da força de reação medida pela balança.

O centro de gravidade ou centro da massa, é o ponto ao redor do qual o peso corporal está igualmente equilibrado, não importa como o corpo está posicionado. Para objetos simétricos e de peso uniforme, o centro de massa fica exatamente no centro geométrico do objeto. Quanto mais próximo do chão for o centro de gravidade, mais estável será o corpo, porque maior a distância a ser percorrida pelo centro de

gravidade para sair da base. Hall (2016, p. 97) exemplifica uma situação em que o centro de massa pode ser alterado, representado também na Figura 5.

Um exemplo simples para explicar esses conceitos é o caminhar sobre uma corda disposta no solo. Nesse caso, a base de sustentação é reduzida. Para aumentar a estabilidade, o indivíduo se abaixa e utiliza os braços para compensar o desequilíbrio e retornar o quadril à linha de base (...). Para aumentar ainda mais o equilíbrio, o indivíduo pode carregar uma grande vara na mão, como fazem os que andam na corda bamba. Qual é a vantagem desse procedimento? Como o torque (rotação) gera velocidade angular ( $\omega$ ) em um objeto de grande inércia (grande raio), o torque teria que ser muito grande para gerar um desequilíbrio. Naturalmente, se a massa do indivíduo fosse maior, ele também seria mais estável, pois seria mais difícil tirá-lo do seu estado de repouso ou de inércia.

**Figura 5** - Ajuste corporal para encontrar o equilíbrio



Fonte: Fundamentos da Biomecânica (Hall, 2016. p. 98)

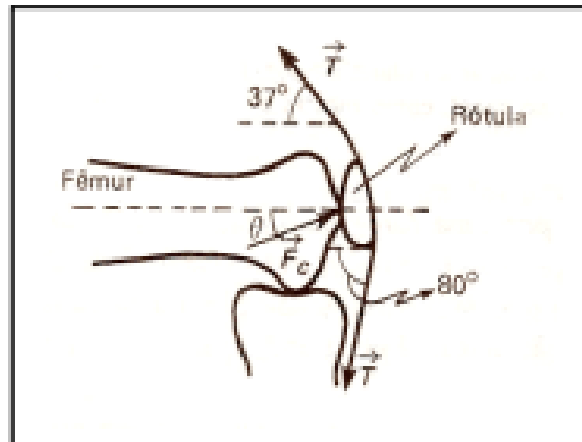
## 2.4 Vetores e funções trigonométricas

Em situações que precisa calcular forças externas atuando em determinada parte do corpo humano ou quaisquer variações de ângulos a partir de um exercício físico, precisamos entender os conceitos básicos de vetores, suas propriedades e as relações trigonométricas básicas para fazer as medidas.

Vetores são entes matemáticos que são representados por segmentos de reta em um espaço tridimensional onde possuem características intrínsecas, que são: **Magnitude** ou **Módulo**, que é o valor numérico do vetor, **Sentido**, que é a orientação

da extremidade do segmento de reta e **Direção**: Posição do segmento de reta. A Figura 6 mostra uma representação de vetores em uma articulação do corpo humano.

**Figura 6** - Representação Gráfica Vetorial

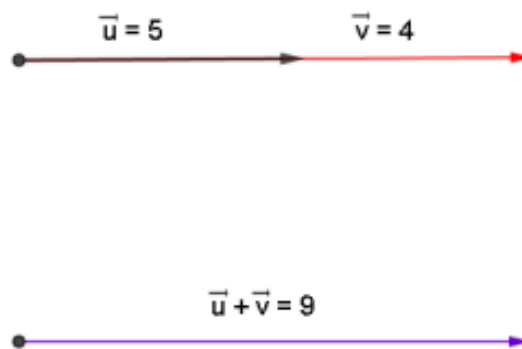


Fonte: site "Biofísica para Fisioterapia".

### Propriedades dos Vetores

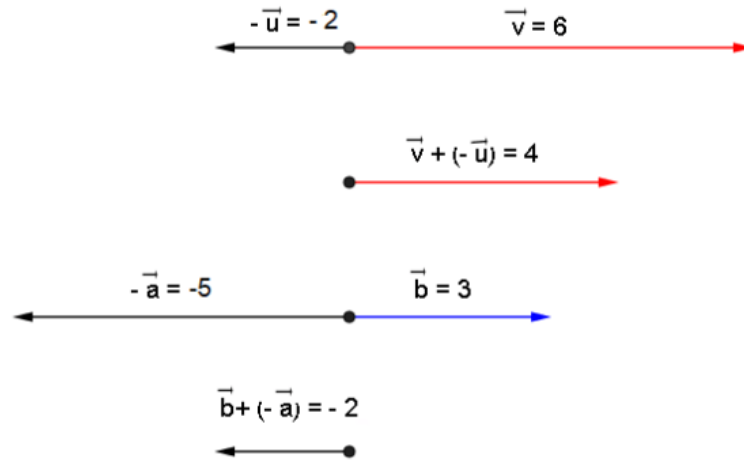
**Soma dos Vetores:** Sejam dois vetores que possuem mesma direção e sentido, o vetor será a soma dos módulos desses dois vetores, conforme a Figura 7.

**Figura 7** - Soma de Vetores com mesmo sentido



Fonte: blog "Base Matemática"

De forma análoga, na Figura 8, se dois vetores possuem mesma direção, porém sentidos opostos, o vetor soma será a diferença do módulo dos dois vetores.

**Figura 8 - Soma de Vetores opostos**

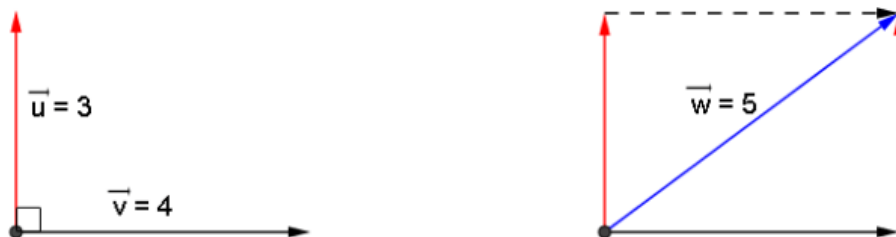
Fonte: blog “Base Matemática”

**Soma de vetores perpendiculares:** Em casos de soma de vetores cujo ângulo entre eles formam  $90^\circ$ , podemos usar o Teorema de Pitágoras para encontrar o vetor soma. O Teorema afirma que a soma dos quadrados dos catetos é igual ao quadrado da hipotenusa do triângulo, conforme representação abaixo:

$$a^2 + b^2 = c^2$$

Dessa forma, projeta-se um dos vetores paralelamente para formar um triângulo retângulo e aplicar o Teorema, conforme a Figura 9.

:

**Figura 9 - Soma de Vetores Ortogonais**

Fonte: blog “Base Matemática”

No exemplo acima, o valor do vetor  $\vec{w}$  corresponderá à:

$$\vec{w}^2 = \vec{v}^2 + \vec{u}^2$$

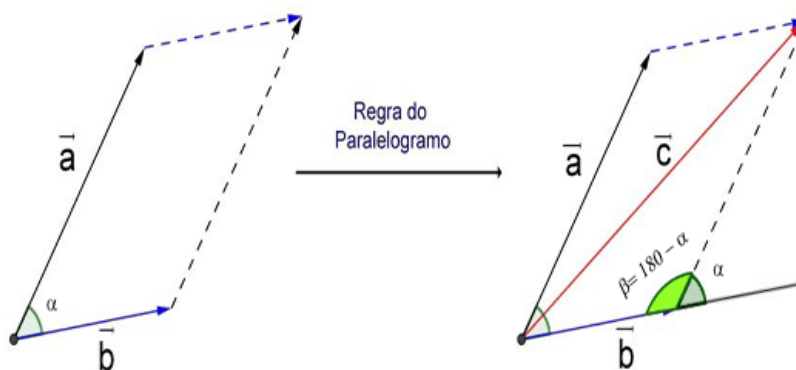
$$\vec{w} = \sqrt{3^2 + 4^2}$$

$$\vec{w} = 5$$

**Soma de Vetores em qualquer direção:** Nessa situação para Vetores cuja ângulo entre si seja diferente de  $90^\circ$ , usaremos a relação matemática da **Lei dos Cossenos**. Segundo Paiva (2003): “sejam  $a$ ,  $b$ , e  $c$  medidas dos lados de um triângulo e  $\alpha$  a medida do ângulo oposto ao lado de medida  $a$ . Então, teremos que:”

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha$$

**Figura 10 - Soma de Vetores**



Fonte: blog “Base Matemática”

Para o caso acima, os vetores  $\vec{a}$  e  $\vec{b}$  são projetados para formar um paralelogramo, conforme a Figura 10 e assim, obteremos o vetor  $\vec{c}$ . Perceba que o ângulo formado pela projeção é  $\beta = 180 - \alpha$ . Sabendo que  $\cos(180 - \alpha) = -\cos \alpha$ , vamos ter que:

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \beta$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \beta}$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos(180 - \alpha)}$$

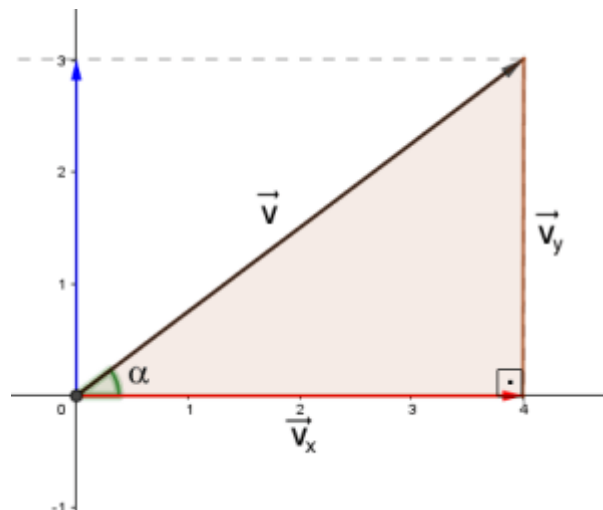
$$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab(-\cos \alpha)}$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \alpha}$$

Assim, encontramos o módulo do vetor  $\vec{c}$  utilizando a Lei dos Cossenos.

**Decomposição de Vetores:** A decomposição de vetores é quando transformamos um vetor  $\vec{v}$  com módulo, direção e sentido quaisquer em outros dois vetores, que são chamados de componentes  $\vec{v}_x$  e  $\vec{v}_y$ , sendo  $\vec{v}_x$  a componente horizontal e  $\vec{v}_y$  a componente vertical. Para descobrir o valor dos módulos dessas novas componentes, vamos usar as relações trigonométricas que possuem no triângulo retângulo, de acordo com a Figura 11:

**Figura 11 - Decomposição de Vetores**



Fonte: blog “Base Matemática”

Onde:

$$\begin{cases} \cos \alpha = \frac{v_x}{v} \therefore v_x = v \times \cos \alpha \\ \text{sen } \alpha = \frac{v_y}{v} \therefore v_y = v \times \text{sen } \alpha \end{cases}$$

## 2.5 Torque e Momento de Força

Denomina-se Torque ou Momento de Força a capacidade de uma determinada Força aplicada em um objeto causar rotação. Para essa condição ser satisfeita, é necessário que exista um ponto fixo. A relação do torque é dada pelo produto entre a

Força aplicada, a distância do ponto fixo, que chamamos de braço de momento, e o ângulo que essa força é aplicada.

$$T = F \times d \times \text{sen } \alpha$$

A distância será inversamente proporcional ao Torque. Logo, quanto mais próximo do eixo de rotação, mais força será necessária para causar rotação. Note também que se a força for perpendicular ( $90^\circ$ ) à distância do eixo de rotação, a fórmula será definida como. A Figura 12 mostra a relação da força e da distância do ponto fixo.

$$T = F \times d$$

**Figura 12** - Representação do Momento de Força



Fonte: Site "Mundo Educação"

Em biomecânica, é o conceito de Torque que explicará a maioria dos músculos em movimento. Campos (2000) relaciona a ação do músculo com a força, as articulações com o ponto fixo e o braço de momento como o próprio membro do corpo humano. Existem torques externos e internos, onde o torque interno será o movimento natural da contração muscular em relação ao eixo articular enquanto o torque externo é feito por Forças externas ao corpo, como um halter ou uma resistência.

A Figura 13 mostra um exemplo de uma flexão de braços sendo executada de duas formas, de modo que o Torque gerado pelo exercício da esquerda é maior comparado ao da direita.

**Figura 13 - Flexão de Braços**

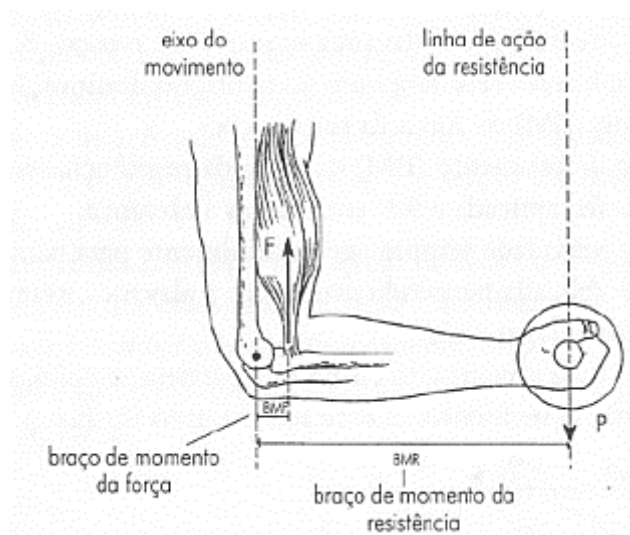


Fonte: Blog "Rany Siqueira"

**Braço de Momento de Força:** É a distância entre um eixo da articulação e a inserção do músculo. Será sempre a menor distância entre a linha de ação da força muscular e o eixo articular (Campos, 2000). É achado pela medida do comprimento de uma linha traçada perpendicularmente ao vetor de força e intersectando o eixo da articulação.

**Braço de Momento de Resistencia:** É qualquer distância da articulação em relação a uma força externa. Diferente do músculo, dependendo do ângulo do eixo de rotação, o Braço de Resistência assumirá valores diferentes, tendo seu Torque máximo quando for ortogonal ao eixo de rotação (Campos, 2000). A Figura 14 demonstra a tendência de movimento para os dois Torques.

**Figura 14 - Torque interno e externo**



Fonte: Campos (2000, p. 24)

## 2.6 Alavancas

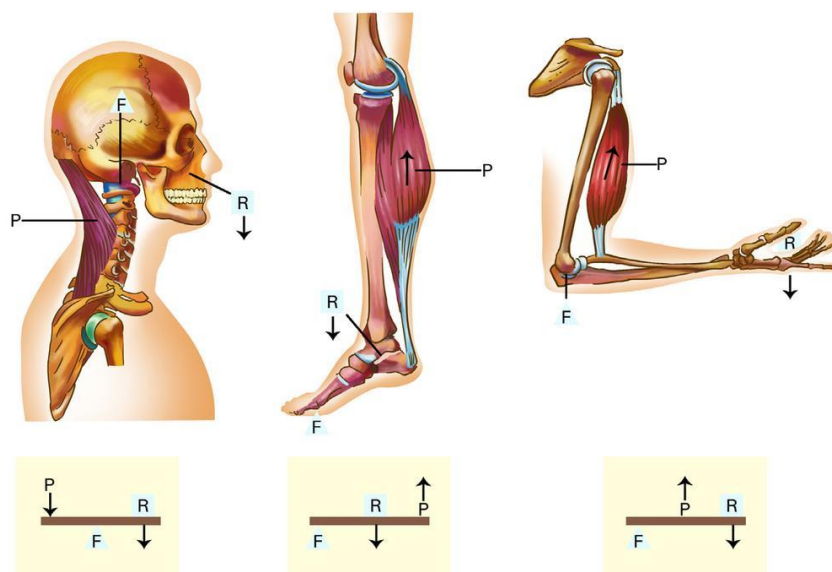
A alavanca é um dispositivo simples que é desenvolvido através de uma barra rígida que pode girar em torno de um ponto fixo. Ela pode funcionar como um dispositivo de multiplicador de forças ou multiplicador de movimento. Ela possui as seguintes características:

**Alavanca de Primeira Classe ou Interfixas:** São alavancas caracterizadas pelo ponto fixo estar localizado entre a Força Potente e a Resistência. Um exemplo comum dessa alavanca é a Tesoura. No corpo humano, conforme a Figura 15, essa alavanca tem o objetivo de equilibrar a posição do Crânio de forma que o a Força do músculo posterior da cabeça se iguale a Resistência do peso do Crânio.

**Alavanca de Segunda Classe ou Inter-resistente:** São caracterizadas pela Resistência estar entre o ponto fixo e a Força Potente. O carrinho-de-mão é um exemplo desta alavanca. Na Figura 15, essa alavanca tem como função multiplicadora de força, pois o músculo gastrocnêmio sustenta todo o corpo em uma situação que precise erguer todo o peso na ponta dos pés.

**Alavanca de Terceira Classe ou Interpotente:** Tem o ponto fixo e a Resistência em cada uma das extremidades enquanto a Força Potente fica situada no meio. A pinça pode ser considerada uma representante destas alavancas. É a mais comum das alavancas do corpo e sua vantagem é a extensão do movimento (Figura 15).

Figura 15 - Alavancas



Fonte: Blog "Vários Exemplos".

Ainda sobre as alavancas de terceira ordem, o autor enfatiza as vantagens sobre contração muscular:

Os músculos podem encurtar-se somente um pouco. Eles têm uma limitada capacidade de excursão (aproximadamente 50% do seu comprimento) então, as alavancas de terceira classe são melhores em relação a movimentos do esqueleto. O músculo pode contrair-se devagar e com uma excursão muito menor para movimentar a mão mais rápido e com grande amplitude. No gesto de trazer a mão para perto do ombro, por exemplo, os músculos flexores do cotovelo encurtam-se 1/4 ou menos do que o comprimento do deslocamento da mão. (CAMPOS, 2000, p. 26)

A eficácia mecânica de uma alavanca para movimentar uma resistência pode ser expressa quantitativamente como sua vantagem mecânica, que é a razão do braço de momento da força pelo braço de momento da resistência:

$$V_m = \frac{d_F}{d_R}; \text{ onde } \begin{cases} V_m = \text{Vantagem mecânica} \\ d_F = \text{braço de momento de Força} \\ d_R = \text{braço de momento de Resistência} \end{cases}$$

Sempre que o braço de momento da força for maior do que o braço de momento da resistência a taxa de vantagem mecânica é maior do que um e a magnitude da força aplicada necessária para mover a resistência é menor do que a magnitude da resistência. Ou seja, quando a proporção da Vantagem mecânica for menor que um, será necessário uma Força maior que a Resistência para ocorrer qualquer movimento (Hall, 2016).

### 3 APLICAÇÕES EM EXERCÍCIOS RESISTIDOS

Apresentadas as devidas bases teóricas sobre o movimento humano, podemos analisar e identificar os estímulos que acontecem em exercícios resistidos, popularmente conhecido como musculação.

Campos (2000) nota que durante os exercícios de musculação, uma ou mais articulações variam suas amplitudes simultaneamente na intenção de diminuir o torque resistivo de uma articulação específica. Estas alterações são praticamente impercebíveis.

Existem diversas categorias de exercícios, cada uma com vantagens e objetivos distintos. Vamos conhecer agora as duas principais modalidades que existem na maioria das academias do Brasil:

### 3.1 Dispositivos de Treinamento com Resistência Constante

São exercícios que usam pesos livres ou “resistências constantes”, como halteres para treinamento de força e resistência (Campos, 2000). Esse tipo é o mais comum e financeiramente viável na maior parte das academias ou em prédios e residências.

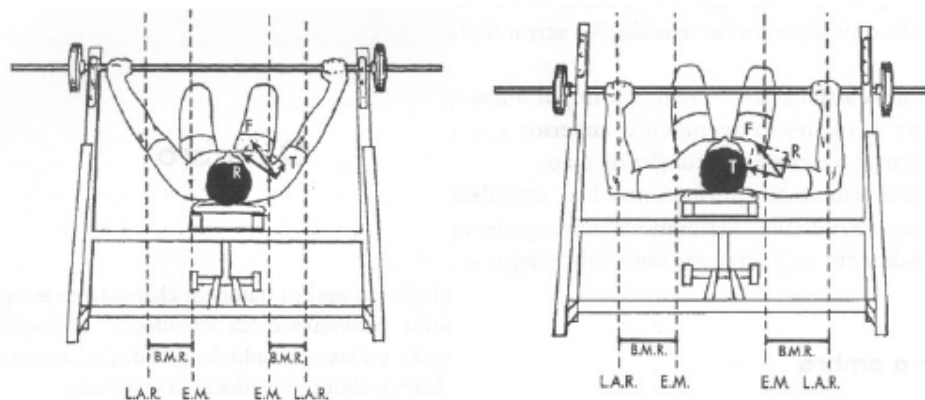
A principal diferença do treinamento com pesos livres para o treinamento com máquinas é que com pesos livres há uma maior exigência de estabilização das articulações envolvidas, o que aumenta a atividade muscular. Este tipo de treinamento tem algumas limitações pois o peso depende diretamente da ação da gravidade.

Sendo assim, a melhor maneira de se trabalhar com o peso livre é posicionar o corpo de diferentes ângulos para que a força muscular mova o peso na direção vertical para cima, total ou parcial. Aumentando a aceleração vertical para cima, maior deverá ser a força de contração concêntrica dos músculos envolvidos.

#### 3.1.1 Supino na barra reta

Um dos mais populares exercícios físicos nas academias. Ele é realizado no plano transversal e sobre o eixo longitudinal, porque a articulação realiza uma adução transversal na fase concêntrica e uma abdução transversal na fase excêntrica. O peitoral maior e o deltoide anterior são os grupos musculares recrutados (Figura 16).

**Figura 16** - Supino Reto em Barra Livre



Fonte: Biomecânica da Musculação (Campos, 2000. p. 85)

Onde:

- L.A.R.: Linha Ação de Resistência
- E.M.: Eixo de Movimento
- B.M.R.: Braço de Movimento de Resistência

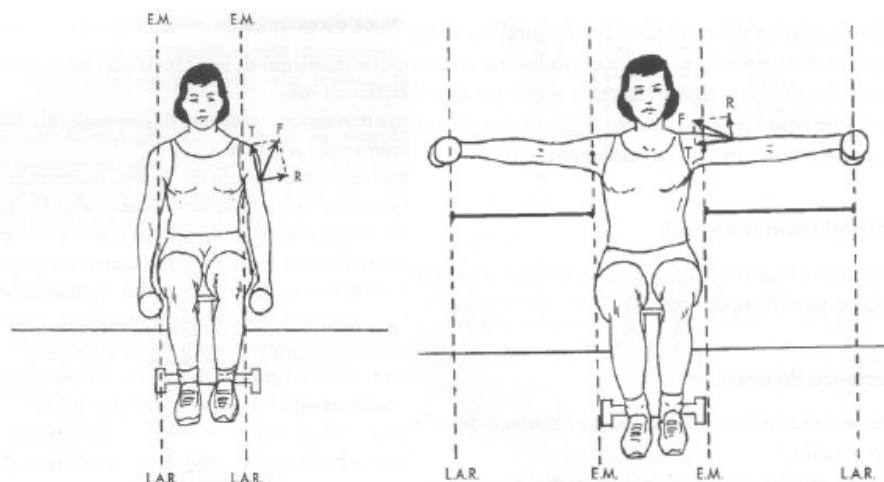
Para Campos (2000), a execução correta do movimento, sem causar lesões é essa:

Na fase excêntrica do movimento, o cotovelo não deve ultrapassar muito (para baixo) a altura do ombro. Para o ombro realizar uma abdução horizontal maior que  $90^\circ$ , a escápula participa do movimento através de uma adução. Como o peso acima do tronco pressiona-o contra o apoio, a escápula tem que realizar uma adução forçada entre a caixa torácica e o banco, aumentando o risco de lesão desta articulação. Além disso, este movimento causa um estresse excessivo nas estruturas anteriores da articulação do ombro. Como este exercício é realizado com peso livre, a posição do executante em relação à ação da gravidade deve mudar, para favorecer também as porções superiores e inferiores do peitoral maior (supino inclinado e declinado, respectivamente).

### 3.1.2 Elevação lateral com halteres

Este exercício (Figura 17) é um dos mais eficientes e seguros para o músculo deltoide e para o supraespinhal, além de ser super recomendado para iniciantes em musculação (Campos, 2000).

**Figura 17 - Elevação Lateral com Halteres**



Fonte: Biomecânica da Musculação (Campos, 2000. p. 91,92)

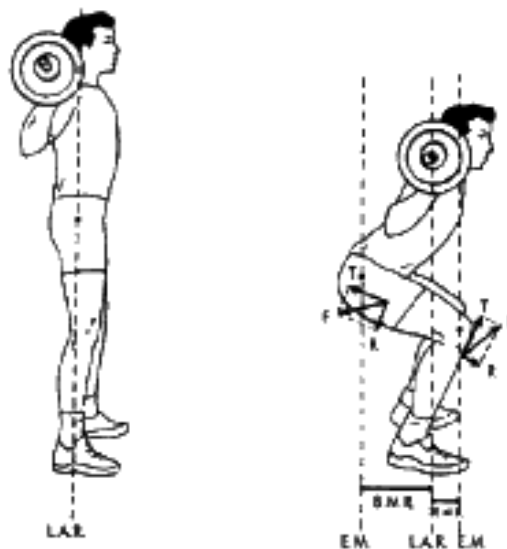
Sobre esse exercício, Campos (2000) faz as seguintes ponderações:

No começo do movimento, o deltoide medial possui a melhor relação força-comprimento. O braço de momento do deltoide aumenta conforme o ombro realiza a abdução. Quando o ombro abduz, o componente translatório do deltoide (as três porções) aumenta a compressão articular e diminui sua influência no deslocamento superior do úmero. (...) A abdução deve ser feita, até que os braços fiquem paralelos ao solo.

### 3.1.3 Agachamento Com Barra

Talvez um dos mais completos e fundamentais exercícios físicos, feito tanto por iniciantes como por veteranos por conta da grande quantidade de grupamentos musculares recrutados simultaneamente. Ele é muito eficiente em desenvolver os músculos do quadríceps. Porém, este exercício é associado a diversos tipos de lesões, pelo motivo de uma técnica de execução precária ou músculos não preparados para a carga implantada (Figura 18).

**Figura 18** - Agachamento com barra



Fonte: Biomecânica da musculação (Campos, 2000. p. 63)

Campos (2000) comenta a respeito desse exercício:

Os maiores braços de momento da resistência para as duas articulações acontecem na posição de flexão. Se o executante fizer o exercício com todo o pé apoiado no chão, a manutenção do equilíbrio só é conseguida na fase excêntrica, pela projeção do tronco anteriormente (flexão do quadril). Isto causa um aumento do braço de momento da resistência no quadril, com concomitante diminuição no joelho, favorecendo a participação dos músculos glúteo máximo e

isquiotibiais. Com o aumento da flexão do quadril, o braço de momento da resistência na coluna lombar fica maior, aumentando a ação dos extensores da coluna e os riscos de lesão. Nesta posição, a força da contração dos extensores da coluna, além de preservar a postura dela mesma, aumenta o componente translatório de compressão dos discos intervertebrais. O aumento do braço de momento mais a força dos extensores pode fazer as forças compressivas na coluna lombar serem até mais de dez vezes o valor do peso que está sendo levantado.

### 3.2 Dispositivos de resistência gravidade-dependente

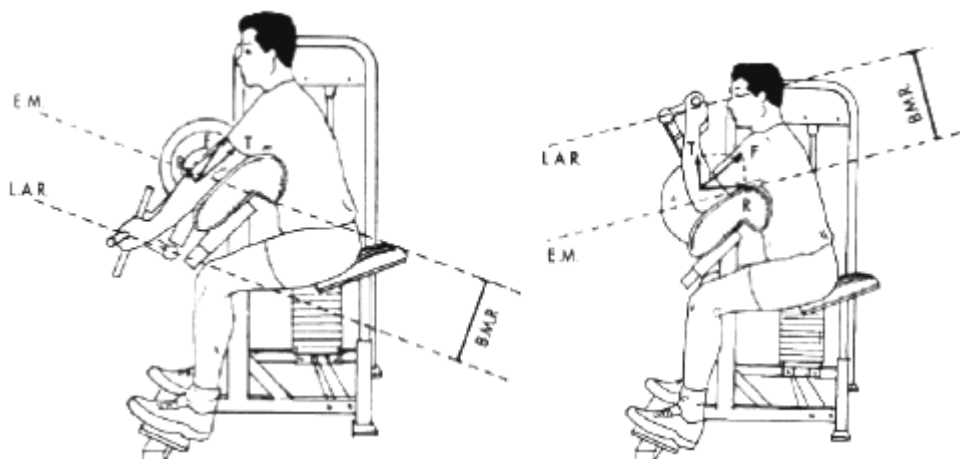
Neste caso, peso é preso a um cabo que passa por uma ou mais polias, para colocar a alavanca numa posição conveniente para o usuário. A função das polias é mudar a direção da força aplicada. Embora a força resistiva das placas de peso empilhadas seja sempre para baixo, com o uso de polias a força resistiva pode se direcionar para cima.

O sistema de roldanas torna o trabalho versátil e conveniente para o trabalho de músculos isolados. A vantagem desse método é a segurança, por ser um exercício praticamente guiado, além da praticidade de mudar rapidamente a sobrecarga mudando a posição dos pinos nas placas (Campos, 2000).

#### 3.2.1 Rosca direta na máquina scott

Este exercício fortalece exclusivamente os músculos bíceps braquial, braquial e braquiorradial. Uma das vantagens é o ponto de apoio no cotovelo que obriga o usuário a apenas fazer o movimento de flexão e extensão do braço (Figura 19).

**Figura 19 - Rosca Scott**



Fonte: Biomecânica da musculação (Campos, 2000. p. 104)

Campos (2000) também complementa sobre a condução do exercício:

O movimento deve ser conduzido para que não haja risco de lesão para o cotovelo. No final da extensão, o aparelho continua puxando o antebraço, no sentido da hiperextensão do cotovelo. Neste momento, um relaxamento dos flexores do cotovelo pode aumentar o risco de lesão da articulação. O ideal, para o iniciante, é não realizar a completa extensão, para garantir que os flexores do cotovelo permaneçam contraídos.

#### 4 EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**Questão 01:** A força gerada pelo músculo gastrocnêmio é ilustrada conforme a Figura 20. As duas cabeças do gastrocnêmio trabalham juntas para produção de força. Nessa situação, quanta força total está sendo gerada pelo músculo? (Dados:  $M = 30\text{ N}$ ,  $L = 25\text{ N}$ ,  $\theta = 50$ ,  $\cos 50 = 0,642$ ).

**Figura 20 - Músculo Gastrocnêmio**



##### **Gastrocnêmio medial**

Inserção Proximal: Côndilo medial do fêmur  
Inserção Distal: Calcâneo  
Inervação: Nervo Tibial (S1 - S2)  
Ação: Flexão do joelho e flexão plantar do tornozelo

##### **Gastrocnêmio lateral**

Inserção Proximal: Côndilo lateral do fêmur  
Inserção Distal: Calcâneo  
Inervação: Nervo Tibial (S1 - S2)  
Ação: Flexão do joelho e flexão plantar do tornozelo

Fonte: site “Curso de Introdução a Biomecânica”

Para resolvermos essa questão, precisamos fazer a soma dos módulos das forças produzidas por cada porção do músculo gastrocnêmio. Para isso, vamos usar a regra do paralelogramo e a Lei dos cossenos. Sendo  $R$  o módulo do vetor resultante  $\vec{R}$ , vamos ter que:

$$R = \sqrt{M^2 + L^2 + 2ML \cos 50}$$

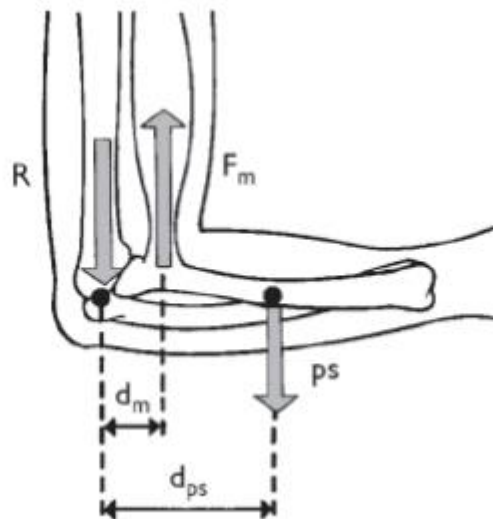
$$R = \sqrt{30^2 + 25^2 + 2 \times 30 \times 25 \times 0,642}$$

$$R = \sqrt{900 + 625 + 963} \therefore R \approx 49,87 \text{ N}$$

Logo, a Força resultante das duas porções do músculo Gastrocnêmio é de aproximadamente 49,87 N, com direção vertical e sentido norte.

**Questão 02:** Qual o potencial de força precisa ser produzido pelo músculo braquiorradial e pelo bíceps braquial ( $F_m$ ) para manter antebraço e mão de 15 N ( $P_s$ ) na posição mostrada na Figura 21, uma vez que o braço de momento é de 5 cm para os músculos ( $d_m$ ) e de 15 cm para o peso de antebraço/mão ( $d_{ps}$ )? Qual é a magnitude da força de reação ( $F_r$ ) da articulação?

**Figura 21 - Flexão de cotovelo**



Fonte: Biomecânica Básica (Hall, 2016. p. 251)

O torque no cotovelo produzido pela força muscular ( $T_m$ ) precisa ser igual ao torque no cotovelo produzido pelo peso do segmento antebraço/mão ( $T_s$ ), resultando em um torque líquido de zero no cotovelo.

$$\sum T = 0 \therefore T_m = T_s$$

$$F_m \times d_m = P_s \times d_{ps}$$

$$5F_m = 15 \times 15$$

$$F_m = \frac{225}{5} \therefore F_m = 45 \text{ N}$$

Uma vez que o membro está em posição isométrica, ou seja, em equilíbrio, a soma de todas as forças que atuam verticalmente precisa ser igual a zero. Escrevendo a equação da força, é conveniente considerar para cima como a direção positiva.

$$\sum F_{vertical} = 0$$

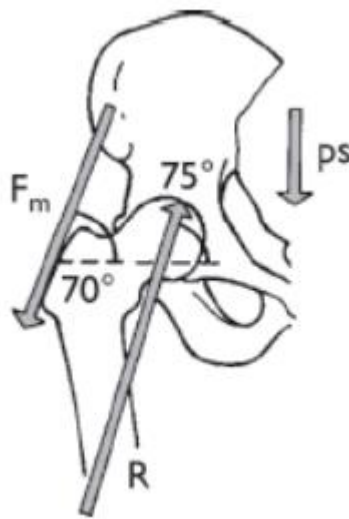
$$F_m - P_s - F_r = 0$$

$$F_r = F_m - P_s$$

$$\boxed{F_r = 45 - 15 \therefore F_r = 30 \text{ N}}$$

**Questão 03:** Qual o potencial de compressão que atua no quadril durante o apoio duplo, dado que a articulação sustenta 300 N de peso corporal e que os músculos abdutores estão produzindo 750 N de tensão? (Figura 22).

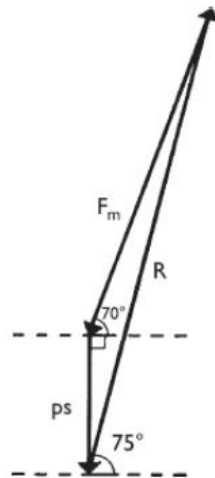
**Figura 22** - Potencial de compressão: Exercício



Fonte: Biomecânica Básica (Hall, 2016. p. 285)

Como o corpo está imóvel, todos os componentes da força vertical precisam somar zero. Logo, todas as forças atuantes podem ser transportadas para formar um polígono de força fechado. As forças do diagrama do quadril podem ser reconfiguradas para formar um triângulo (Figura 23).

**Figura 23** - Representação Vetorial



Fonte: Biomecânica Básica (Hall, 2016. p. 285)

Assim, usando a lei dos cossenos, podemos encontrar o módulo de  $\vec{R}$ :

$$R = \sqrt{F_m^2 + P_s^2 - 2 \times F_m \times P_s \times \cos \alpha}$$

$$R = \sqrt{750^2 + 300^2 - 2 \times 750 \times 300 \times \cos 160^\circ}$$

$$\boxed{R \approx 1037 \text{ N}}$$

## 5 CONCLUSÃO

Neste trabalho apresentamos as bases da Biomecânica sob uma visão física para entender de forma contextualizada as análises quantitativas e qualitativas no movimento do corpo humano. Conhecemos as áreas de pesquisa e o objeto de estudo que cada vez se torna mais multidisciplinar. Estuda-se Biomecânica para pesquisas de ponta em reabilitações, eficiência muscular, em técnicas para alta performance no esporte, em análises musculoesqueléticas.

Foi descrito dois principais métodos de musculação e alguns exercícios enunciando a própria execução do movimento. Por fim, exercícios resolvidos foram sugeridos para uma completa compreensão e fixação do conteúdo. Dessa forma, esse trabalho atingiu o objetivo de mostrar a proeminência de uma ciência natural aplicada: sabendo como funciona o mecanismo de movimento, ficará mais fácil compreender as técnicas usadas na academia para prevenção de lesões e melhora da saúde, ainda que indiretamente.

Constatamos que a física, na qualidade de ciência básica, atende os pré-requisitos de tema tangentes à sua área natural. Assim, esse estudo pode ser usado como pesquisa para trabalhos mais robustos e um incentivo para grupos de estudo na universidade ou nas redes de ensino básico para debater o tema e desenvolver novas tecnologias.

## REFERÊNCIAS

AMADIO, A.C.; LOBO DA COSTA, P.H.; SACCO, I.C.N.; SERRÃO, J.C.; ARAÚJO, R.C.; MOCHIZUKI, L.; DUARTE, M. **Introdução à análise do movimento humano: descrição e aplicação dos métodos biomecânicos de medição.** Revista Brasileira de Fisioterapia, v.3, n.2, p.41-5, 1999.

AMADIO, A. C., & SERRÃO, J. C. (2007). **Contextualização da biomecânica para a investigação do movimento: fundamentos, métodos e aplicações para análise da técnica esportiva.** Revista Brasileira de Educação Física e Esporte, 21(esp), 61-85. <https://doi.org/10.1590/S1807-55092007000500006>

CAMPOS, Maurício de Arruda. **Biomecânica da musculação.** Rio de Janeiro: Sprint, 2000.

CORREA, S. C. **Fundamentos da biomecânica: o corpo em movimento.** — 1. ed. — São Paulo: Editora Mackenzie, 2014. (Coleção conexão inicial; v. 9).

HALL, S. J. **Biomecânica básica;** revisão técnica Eliane Ferreira. — 7. ed. — Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

PAIVA, M. **Matemática:** Volume único - 2 ed. — São Paulo: Moderna, 2003  
VILELA JUNIOR, G. B.; HAUSER, M. W.; DAGONE FILHO, D.; OLIVEIRA, A. L. **Cinesiologia.** Ponta Grossa – PR: Editora UEPG. 2011.

WINTER, D.A. **Biomechanics and motor control of human movement.** New York: John Wiley, 1990.

Blog: “Anatomia papel e caneta”: <https://anatomia-papel-e-caneta.com/movimentos-do-corpo-humano/>

Blog: “Biofísica para Fisioterapia”. Cap 2, p. 12:  
[http://www.bertolo.pro.br/Biofisica/Biomecanica/Apostila\\_2.pdf](http://www.bertolo.pro.br/Biofisica/Biomecanica/Apostila_2.pdf)

Blog: “Base Matemática”: <https://basematematica.com/vetores-definicao-operacoes-e-decomposicao/>

Blog: **Curso de introdução à Biomecânica:**  
<https://sites.google.com/view/saladeestudosgnap/biomecânica/curso-de-introdução-à-biomecânica>

Blog “Mundo Educação”: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/momento-ou-torque-uma-forca.htm>

Blog “Rany Siqueira”: <https://ranysiqueira.com.br/analise-biomecanica-da-flexao-de-bracos/>

Blog “Vários Exemplos”: <https://dalei.me>