

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE FÍSICA – LICENCIATURA

LUANA MATTES REICHERT

A MECÂNICA NOS APARELHOS DE MUSCULAÇÃO

CERRO LARGO
2022

LUANA MATTES REICHERT

A MECÂNICA NOS APARELHOS DE MUSCULAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Física – Licenciatura da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de licenciada em Física.

Orientador: Prof. Dr. Márcio do Carmo Pinheiro

CERRO LARGO

2022

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Reichert, Luana Mattes A mecânica nos aparelhos de musculação /
Luana Mattes Reichert. -- 2022.
59 f.

Orientador: Doutor Márcio do Carmo Pinheiro

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Licenciatura em
Física, Cerro Largo, RS, 2022.

1. Mecânica; Equilíbrio estático; Exercícios físicos;
Aparelhos de musculação. I. Pinheiro, Márcio do Carmo, orient. II.
Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados
fornecidos pelo(a) autor(a).

LUANA MATTES REICHERT

A MECÂNICA NOS APARELHOS DE MUSCULAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Física - Licenciatura da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de licenciada em Física.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 19/08/2022.

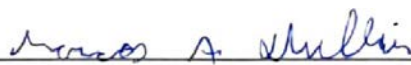
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Marcio do Carmo Pinheiro-UFFS
Orientador



Prof. Dr. Thiago de Cacio Luchese - UFFS
Avaliador



Prof. Dr. Marcos Alexandre Dullius - UFFS
Avaliador

Dedico esse trabalho a todas as pessoas que,
de alguma forma, contribuíram para que a
minha primeira graduação fosse concluída. Em
especial aos meus pais, irmão, familiares e
professores.

AGRADECIMENTOS

Cito aqui meus pais, Ariete Mattes Reichert e Ari Antônio Scheeren Reichert, e irmão, Kauã Mattes Reichert, por todo apoio, incentivo e ajuda voltada para mim com o objetivo de concluir o curso. Mãe, pai e mano sem vocês a obtenção desse título não seria possível!

Meus agradecimentos a todos os professores que contribuíram, de alguma forma, para a construção do conhecimento que adquiri durante essa caminhada, em especial à Aline Beatriz Rauber, Arléte Kelm Wiesner, Cassio Luiz Mozer Belusso, Danusa De Lara Bonotto, Luis Fernando Gastaldo, Márcio Do Carmo Pinheiro, Marcos Alexandre Dullius, Ney Marcal Barraz Junior, Thiago De Cacio Luchese e Tiago Vecchi Ricci: VOCÊS SÃO INCRÍVEIS!

Também agradeço à Universidade Federal da Fronteira Sul *Campus* Cerro Largo e aos funcionários de modo geral pelo acolhimento e preocupação com os acadêmicos.

E, por fim, ao meu orientador, já mencionado, Márcio Do Carmo Pinheiro, por aceitar me orientar nesse trabalho tão importante para a conclusão dessa graduação.

RESUMO

Atualmente a busca por uma vida saudável, pela prevenção de doenças, pelo cuidado com o corpo e com a estética estão em alta. As pessoas estão à procura de uma melhora não farmacológica da saúde através de exercícios físicos, tanto pela musculação como por outras práticas. A prática de exercícios físicos em academias hoje, finalmente, faz parte da rotina de pessoas de todas as classes sociais. São cientificamente comprovados os benefícios dos exercícios físicos à saúde. Nos espaços fechados, os exercícios físicos são geralmente realizados em equipamentos mecânicos, os quais serão o foco dessa pesquisa. Neste trabalho, selecionamos dez aparelhos disponíveis na Espaço Saúde Academia, de Roque Gonzales, para realizar uma análise da mecânica dos equipamentos. Esse campo foi escolhido pelo fácil e livre acesso por parte dos pesquisadores e por ser a única academia da cidade e, conseqüentemente, os únicos equipamentos disponíveis no município. Buscamos descrever o funcionamento dos aparelhos de musculação comumente acessíveis em academias e encontrar relação entre as especificações descritas no aparelho e a força que deve ser exercida para mantê-lo suspenso ou para realizar o movimento. Entendemos que esse estudo poderá servir como uma orientação para os profissionais da área de Educação Física quando seus alunos realizarem a transição de exercícios em equipamentos mecânicos para exercícios com pesos livres, visto que, geralmente, os iniciantes começam em aparelhos devido à segurança proporcionada. Da mesma forma, acreditamos que estas análises serão úteis como material educativo para professores de Física do Ensino Básico e disciplinas básicas de Mecânica do Ensino Superior. Para uma simplificação da primeira análise, desenvolvemos o estudo considerando os sistemas em equilíbrio estático e chegamos à conclusão que todos os equipamentos possuem uma mecânica que afeta na força que o usuário irá realizar quando comparada com a escala descrita no aparelho de musculação. Por fim, em uma análise da dinâmica de sistemas básicos de polias fixas e móveis, a partir de uma estimativa de aceleração típica na realização dos exercícios de musculação, demonstramos que a diferença no esforço feito pelo usuário para movimentar o sistema não necessariamente precisa ser considerada se comparado ao esforço necessário para manter as placas de peso suspensas em equilíbrio.

Palavras-chave: Mecânica; Equilíbrio estático; Exercícios físicos; Aparelhos de musculação.

ABSTRACT

The search for a healthy life, diseases prevention, body and esthetical care are currently on high. People are looking for a non-pharmacologic health improvement through exercise, such as weight training or another practices. The practice of physical exercises at the gym today finally is part of all social classes people routine. Health benefits of physical exercise are scientifically proven. At closed spaces, physical exercises are usually realized with mechanical instruments, which will be the focus of this work. In this research, we selected ten devices available at Espaço Saúde Academia, from Roque Gonzales, to exert an analysis of their mechanics. This location was chosen for the ease and free access by the researchers and for being the only gym in the city and, consequently, the only available devices in the city. We seek to represent the musculation equipment's functioning typically available at gyms and discover the nexus between the specifications described on the device and the force that must be exerted to keep it suspended or to realize its movement. We know that this review can help Physical Education professionals when their students execute the exchange of exercises in mechanical equipment for exercises with free weights, since commonly beginners start from device due to their safety. Moreover, we believe that this analysis will be useful like educative material for physics teachers of the Basic Education and essential subjects of Mechanics of the Advanced Education. For a simplification of the first analysis, we developed a study considering systems in static equilibrium and concluded that all the equipment has a mechanic that affect in the force that the user will perform when compared to the scale described on the weight training device. At last, in a parsing of the dynamics of basic systems of fixed and movable pulleys, from an estimate of typical acceleration in the accomplishment of the weight training exercises, we demonstrated that the difference of effort performed by the user to move the system does not necessarily need to be considered if compared to the necessary effort to keep the weight plate suspended in balance.

Key-words: Mechanics; Static balance; Physical exercises; Weight machines.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Exercício Cross Over	19
Figura 2 - Agachamento no Smith.....	19
Figura 3 - Cadeira Extensora	20
Figura 4 - Mesa Flexora	20
Figura 5 - Cadeira Abdutora.....	21
Figura 6 - Cadeira Adutora.....	21
Figura 7 - Puxada no Graviton	22
Figura 8 - Barras Paralelas.....	23
Figura 9 - Agachamento Hack Machine.....	24
Figura 10 - Leg Press 45°	24
Figura 11 - Exercício Puxada Alta e suas variações.....	25
Figura 12 - Exercício Remada Baixa.....	26
Figura 13 - Supino inclinado Hammer	26
Figura 14 - Exercício voador	27
Figura 15 - Exercício Voador Inverso	27
Figura 16 - Sistema de polia fixa.....	28
Figura 17 - Sistema de polia móvel	29
Figura 18 - Configuração das forças e tensões para o bloco	30
Figura 19 - Sistema de polias do Cross Over	31
Figura 20 - Movimento do Smith	32
Figura 21 - Movimento da Cadeira Extensora.....	33
Figura 22 - Movimento da Mesa Flexora	34
Figura 23 - Apresentação dos raios do torque e angulação.	35
Figura 24 - Configuração da Cadeira Abdutora	36
Figura 25 - Configuração da Cadeira Adutora	36
Figura 26 - Polia móvel e representações das forças.....	37
Figura 27 - Polias responsáveis por guiar o movimento em conjunto	38
Figura 28 - Movimento no Graviton	39
Figura 29 - Diagrama de corpo livre para o usuário.....	39
Figura 30 - Definição das tensões nas espigas	40
Figura 31 - Configuração 1 do Hack Machine	42

Figura 32 - Configuração 2 do Hack Machine	42
Figura 33 - Diagrama do Hack Machine	43
Figura 34 - Movimento do Leg Press 45°	44
Figura 35 - Movimento da Puxada Alta	46
Figura 36 - Movimento da Remada Baixa.....	46
Figura 37 - Movimento no Supino Inclinado Hammer	47
Figura 38 - Movimento do Voador.....	49
Figura 39 - Movimento do Voador Inverso.....	49
Figura 40 - Demonstração dos raios	50
Figura 41 - Raio das Polias do FLY	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVO.....	13
1.1.1	Objetivos Específicos.....	13
1.2	METODOLOGIA	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	EXERCÍCIOS AERÓBICOS E ANAERÓBICOS.....	16
2.1.1	Musculação	17
2.2	APARELHOS SELECIONADOS	18
2.2.1	Cross Over	18
2.2.2	Smith.....	19
2.2.3	Cadeira Extensora e Mesa Flexora.....	20
2.2.4	Cadeira Abdutora e Adutora	21
2.2.5	Graviton	22
2.2.6	Hack Machine.....	23
2.2.7	Leg Press 45°	24
2.2.8	Puxada alta e remada baixa	25
2.2.9	Supino inclinado Hammer.....	26
2.2.10	Fly	27
2.3	A FÍSICA ENVOLVIDA NOS APARELHOS DE MUSCULAÇÃO.....	28
3	RESULTADOS ENCONTRADOS.....	31
3.1	CROSS OVER	31
3.2	SMITH	32
3.3	CADEIRA EXTENSORA E MESA FLEXORA	33
3.4	CADEIRA ABDUTORA E ADUTORA.....	36
3.5	GRAVITON	39
3.6	HACK MACHINE	41
3.7	LEG PRESS 45°.....	44
3.8	PUXADA ALTA E REMADA BAIXA	45
3.9	SUPINO INCLINADO HAMMER	47
3.10	FLY	48
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	52

REFERÊNCIAS.....	55
-------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a prática de exercícios físicos está tendo uma grande demanda por parte da sociedade em geral. Marcellino (2003) destaca que as academias vêm sendo alvo de diferentes classes sociais, de tal forma que são procuradas por pessoas de diversas idades e com objetivos distintos. Os principais motivos dessa busca estão relacionados a “uma estratégia não-farmacológica para o tratamento e prevenção de diversas doenças, sejam elas de caráter metabólico, físico e/ou psicológico” (Luan, Tian, Zhang, Huang, Li, Chen & Wang, 2019, apud RAIOL, 2020) e, também, à perda de peso, ao ganho de massa muscular, de resistência e de força.

Os exercícios podem ser divididos em dois grupos chamados de aeróbicos e anaeróbicos. Exercícios aeróbicos são aqueles que trabalham grandes grupos musculares e em frequência rítmica, tendo como principal objetivo a perda de peso e a resistência física. Caminhada, pedalada, natação e corrida são exemplos de exercícios desse grupo. Já os exercícios anaeróbicos são mais voltados para o ganho de massa muscular e força, perda de gordura e ganho de resistência muscular, sendo exercícios com movimentos rápidos e de alta intensidade. Neste grupo, destacamos como exemplos musculação, *sprints* e saltos, entre outros.

A atividade de musculação, a qual vamos nos focar neste trabalho, está dentro do grupo de exercícios anaeróbicos, como dito anteriormente, e geralmente é desenvolvida através de equipamentos mecânicos ou com pesos livres, atuando “em vários segmentos, seja para melhor condicionamento físico de um atleta de uma determinada modalidade esportiva, uma pessoa que busca uma melhor aptidão física para seu cotidiano, um paciente em recuperação de algum trauma ou, ainda, para pessoas que buscam ter um corpo esteticamente melhor” (MARTINS, 2014). Esses equipamentos mecânicos são desenvolvidos com o intuito de apresentarem o melhor rendimento possível e, por esse motivo, estão em constante estudo e evolução.

Os equipamentos mecânicos são muito utilizados, principalmente, por iniciantes na prática da musculação, uma vez que as “máquinas possuem mais estabilidade e segurança da modalidade na execução dos movimentos do que o levantamento de peso livre” (SIMÓN, 2005, apud LIMA, 2021), resultando em um movimento guiado e uma postura adequada para o exercício. Após o aluno passar algum tempo desenvolvendo essa repetição de movimentos na

máquina, ele evolui para os exercícios com pesos livres, onde irá utilizar toda a musculatura para conseguir estabilizar o corpo e realizar o movimento sem causar lesões.

Para os exercícios com pesos livres, utiliza-se objetos como barras, halteres e anilhas, geralmente feitos de aço e com massa bem determinada. Já os aparelhos de musculação são mais elaborados mecanicamente, possuindo, na sua maioria, um sistema de polias, espias, placas de peso e guias. É importante observar que, no jargão da área, o termo peso refere-se, na verdade, à massa. Com o objetivo de manter a linguagem mais próxima possível daquela utilizada pelos educadores físicos, no texto que segue, continuaremos nos referindo à massa com o termo *peso* e deixaremos explícito de forma clara quando nos referirmos à Força Peso ou Gravitacional nesses casos ($\vec{F}_p = \vec{F}_g = m\vec{g}$).

No trabalho que estamos propondo, buscamos realizar um estudo da mecânica dos aparelhos de musculação contidos na academia Espaço Saúde Academia localizada na cidade de Roque Gonzales, Rio Grande do Sul. Como descreveremos em seguida, trata-se do único conjunto de aparelhos acessíveis à população desta cidade. Buscamos analisar os equipamentos disponíveis nessa academia e comparar o *peso* descrito com a real força necessária para movimentar a carga. Com isso, iremos estudar cada equipamento separadamente, levando em consideração as suas estruturas, os jogos de polias, os pesos, as barras e objetos utilizados para a realização do exercício. Além da estrutura mecânica de cada aparelho, busca-se verificar quais músculos são trabalhados em cada exercício específico.

1.1 OBJETIVO

Esse trabalho tem como objetivo geral descrever o funcionamento dos aparelhos de musculação comumente acessíveis em academias e encontrar relação entre as especificações descritas no aparelho e a força que deve ser exercida para mantê-lo suspenso ou para realizar o movimento.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Realizar um levantamento bibliográfico dos músculos do corpo humano que estão envolvidos na realização de cada exercício;

- Descrever os componentes de cada aparelho e os músculos do corpo que se objetiva trabalhar no respectivo exercício;
- Realizar uma análise da mecânica de cada aparelho, estimando relação entre a força que deve ser exercida pelo usuário para a realização do movimento e o *peso* descrito na configuração definida.

1.2 METODOLOGIA

A partir do objetivo geral descrito acima, o campo de pesquisa será uma academia de musculação nomeada Espaço Saúde Academia, localizada na cidade de Roque Gonzales, Rio Grande do Sul. Esta é a única academia da cidade, de modo que o conjunto de aparelhos lá encontrados corresponde, de fato, à totalidade do que é disponibilizado para essa população. Por ser frequentadora do espaço há vários anos, recebi autorização dos proprietários para acessá-lo e realizar as análises que desejar, a qualquer tempo.

No espaço selecionado, os usuários contam com dez equipamentos de musculação, sendo três da marca Volkano e sete da Physicus, que envolvem polias, espias, guias e placas de pesos, bem como vários outros objetos para exercícios livres, como barras, halteres, anilhas, entre outros. Como vamos analisar a mecânica dos aparelhos, consideraremos somente os dez equipamentos que envolvem esse critério. Em vários destes, é possível realizar mais de um tipo de exercício. No entanto, como a mecânica, em geral, não muda, a análise acaba sendo similar.

Os dez aparelhos acessíveis nesta academia são Cross Over, Smith, Cadeira Extensora e Mesa Flexora, Cadeira Abdutora e Adutora, Graviton, Hack Machine, Leg Press 45°, Puxada Alta e Remada Baixa, Supino Inclinado Hammer e Voador ou Fly. Com esses equipamentos consegue-se desenvolver um treino completo para iniciantes, sendo que estes usuários, geralmente, realizam mais exercícios em aparelhos por conta da alta segurança e ser um movimento guiado.

Procederemos, inicialmente, com uma revisão bibliográfica com o propósito de citar a mecânica e componentes envolvidos nesses equipamentos e, também, quais os músculos são trabalhados na realização de cada exercício. Em seguida, faremos um estudo de campo dos equipamentos já citados com o objetivo final de encontrar a relação entre a força que deve ser exercida pelo usuário para manter o *peso* suspenso em equilíbrio e o *peso* descrito na configuração definida, sendo uma pesquisa de cunho descritiva e comparativa. Com os resultados obtidos, analisaremos a possibilidade de apontar alternativas de organização dos

arranjos mecânicos que possam resultar em redução de custo na construção dos aparelhos. Por fim, iremos desenvolver, genericamente, a análise dos equipamentos como sistemas dinâmicos e comparar com a inicialmente feita, na forma estática.

Contudo, acreditamos que as relações entre os *pesos* movimentados e a força exercida pelos usuários podem ajudar o Educador Físico a planejar com maior precisão a transição do treinamento nos aparelhos para o treinamento livre.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 EXERCÍCIOS AERÓBICOS E ANAERÓBICOS

Os exercícios físicos podem ser divididos em dois grupos que possuem modalidades diferentes, os aeróbicos e anaeróbicos. Esses dois grupos contribuem, de forma igualitária, para o praticante ter uma vida mais saudável e ativa, mas deve-se destacar que cada grupo foca em objetivos diferentes para aquele que o pratica.

Os exercícios aeróbicos têm como objetivo principal a perda de gordura corporal ou controle desta gordura, visto que “estudos têm demonstrado que exercícios aeróbicos tendem a diminuir a Massa Corporal (MC) e a Gordura Corporal (GC) total” (FIGUEROA-COLON et al., 1998 apud RAIOL; RAIOL, 2016). Esses exercícios podem ser desenvolvidos ao ar livre, sem muita estrutura, sendo considerados os mais simples e baratos quando relacionados a outras modalidades. Isso os tornam vantajosos, proporcionando bons resultados. São exercícios que utilizam diversos grupos musculares simultaneamente e possuem uma duração de tempo maior no seu desenvolvimento, o que contribui para aumentar a capacidade cardíaca e pulmonar (MATTOS, 2020). Os exercícios aeróbicos mais praticados são natação, caminhada, corrida, pedalada, subir e descer escadas, pular corda e dança, entre outros.

Já o grupo dos anaeróbicos tem outra perspectiva de resultados. São exercícios capazes de aumentar a massa corporal magra e promover um alto gasto calórico durante a execução do exercício físico (RAIOL; RAIOL, 2016), sendo essa uma das principais diferenças dos exercícios aeróbicos e anaeróbicos. São de uma intensidade alta e curta duração de tempo, envolvendo apenas alguns músculos e produção de ácido láctico (MATTOS, 2020), sendo esse ácido “um subproduto do metabolismo anaeróbio, no qual o corpo produz energia sem usar oxigênio” (SANCHES, 2020). Nesse grupo, encaixam-se os exercícios de velocidade com ou sem o uso de cargas, corrida de 100 metros rasos, saltos, arremesso de peso, pilates e a musculação (MATTOS, 2020). Vale ressaltar que, diferente do grupo dos aeróbicos, esses exercícios precisam de uma estrutura, equipamentos e objetos para desenvolvê-los, “tornando o custo mais elevado para a realização dos mesmos” (RAIOL; RAIOL, 2016).

2.1.1 Musculação

A musculação, como já dito anteriormente, é uma modalidade de exercícios físicos que está dentro do grupo dos anaeróbicos. É focada para o ganho de massa muscular e força, como também na perda de gordura corpórea. Para essa prática, necessita-se de acompanhamento profissional, visto que o risco de lesões é alto devido a carga atribuída aos exercícios.

A procura pela prática de musculação, nos dias atuais, está tendo um aumento significativo. Essa procura não se dá, somente, com o intuito de obter um corpo bonito esteticamente, mas, principalmente, é praticada para uma melhora na saúde. Estudos mostraram que pessoas fisicamente ativas têm um menor índice de incidência de doenças e situações patogênicas (PRAZERES, 2007).

Esta prática contribui para prevenção de doenças cardíacas, minimiza a ansiedade e a depressão, controla a diabete, controla a pressão sanguínea, combate a osteoporose em mulheres, entre vários outros benefícios relacionados à saúde do ser humano. Devemos destacar aqui que, junto à musculação, também é preciso ter uma alimentação balanceada e baseada em alimentos saudáveis para que haja, de fato, uma melhoria na saúde do praticante.

A prática de musculação pode ser desenvolvida de duas formas. Os exercícios com pesos livres, geralmente, são realizados com halteres, anilhas e barras. São os melhores exercícios para que se obtenha um controle corporal total, devido à estabilidade que se deve ter no corpo ao desenvolvê-los. Por esse motivo que, para iniciantes, o risco de lesão ao realizar exercícios livres é grande.

Já os exercícios em equipamentos constituídos de polias, barras guiadas, estruturas de ferro são os mais adequados para iniciantes devido à segurança que o mesmo proporciona. A carga nesses exercícios será maior que nos livres, e isso se dá por conta da mecânica dos aparelhos, por serem guiados, o que facilita o desenvolvimento, e por possuírem dispositivos de segurança caso ocorra imprevistos na execução dos mesmos.

Geralmente as academias são constituídas de equipamentos mecânicos, pesos, anilhas e barras para que se tenha um equilíbrio em relação aos treinos. Com isso, o treino para frequentadores será pensado, pelo profissional, para que tenha uma mescla de exercícios livres e em máquinas. Para o exercício livre o aluno terá uma percepção maior do seu corpo, trabalhando mais o equilíbrio e a coordenação. Por esses fatores, as cargas nesses exercícios não são tão altas. Já nos exercícios desenvolvidos nas máquinas, as quais são estruturas guiadas e possuem alguns dispositivos que protegem o usuário, as cargas podem ser mais elevadas.

Esses exercícios não demandam de muito equilíbrio, por serem guiados, mas são excelentes para desenvolvê-los até a fadiga muscular, visto que o risco de lesão é menor.

Os exercícios podem ser classificados em fase excêntrica e concêntrica. Na excêntrica, o músculo realiza a força para se contrair ao mesmo tempo que ele está se alongando (TEIXEIRA, 2012). Já na concêntrica o processo é inverso: o músculo realiza a contração ao mesmo tempo que encurta a musculatura (TEIXEIRA, 2012). Na maioria dos equipamentos desenvolvemos mais a fase concêntrica, tendo como exceção alguns exercícios em que a fase excêntrica é mais trabalhada, como por exemplo o Stiff, que pode ser realizado com pesos livres ou no Hack Machine, onde há um alongamento do músculo ao mesmo tempo que ele está realizando força para se contrair.

2.2 APARELHOS SELECIONADOS

Ao analisar academias de musculação e, principalmente, dialogar com os frequentadores desses espaços, podemos observar o quanto existem pessoas leigas em relação ao funcionamento dos equipamentos, mais especificamente quanto à mecânica ali envolvida. Um entendimento básico sobre o funcionamento mecânico do aparelho de musculação contribui para um melhor desenvolvimento dos treinos e da musculatura.

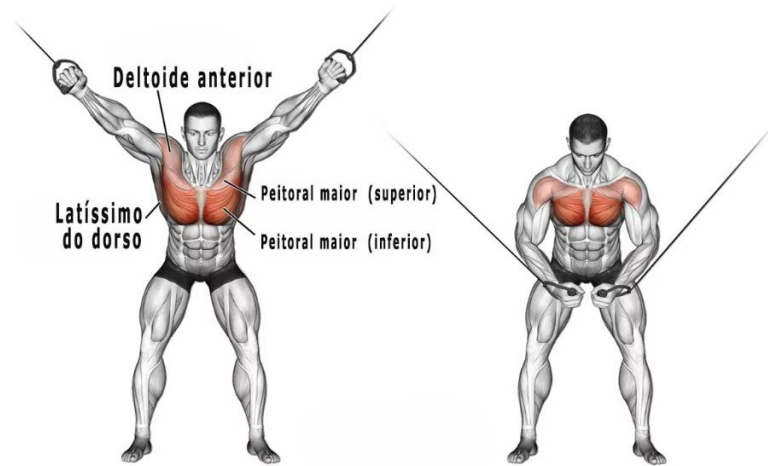
Geralmente as academias contêm vários aparelhos diferenciados e, também, anilhas, barras e halteres que são utilizados para o desenvolvimento de exercícios livres. Como este trabalho visa focar na mecânica dos aparelhos de musculação do Espaço Saúde Academia de Roque Gonzales, buscaremos levar esse entendimento básico dos dez aparelhos já citados, contribuindo assim para um melhor desenvolvimento nos treinos. Destacaremos, a seguir, descrições básicas de cada um desses equipamentos.

2.2.1 Cross Over

O Cross Over é um equipamento composto por polias, espias, placas de peso e um tipo de engate na ponta da espia para acoplar objetos como barras ou cordas, dependendo do exercício que se quer realizar. Ele possui duas polias e foi projetado para realizar o exercício que leva seu nome, adequado para treino de peitoral. Os músculos envolvidos neste exercício

são o deltóide anterior, o latíssimo do dorso e o peitoral maior (Figura 1). Além deste treino, o aparelho pode ser utilizado para a realização de diversos exercícios.

Figura 1 - Exercício Cross Over

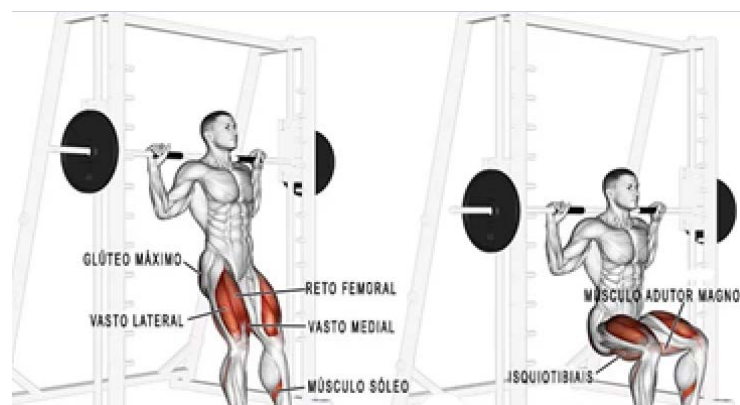


Fonte: Treino Mestre: Musculação e Fitness (2020).

2.2.2 Smith

O *Smith* é composto por uma estrutura de ferro, tendo nela acoplada uma barra guiada que se movimenta somente no sentido vertical. Ele não possui placas de peso, sendo necessário colocar a quantidade desejada em anilhas. Nele se desenvolve, principalmente, o agachamento com barra guiada. O agachamento é o melhor exercício para o treino de coxas e glúteos, trabalhando, assim, o músculo glúteo máximo, o vasto lateral, o reto femoral, o vasto medial, o sóleo, o adutor magno e o isquiotibiais (Figura 2).

Figura 2 - Agachamento no Smith

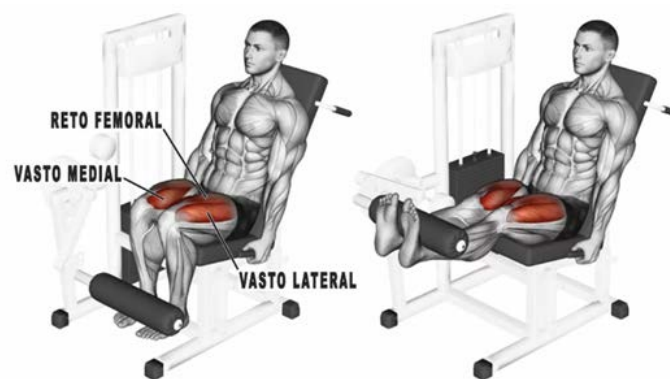


Fonte: adaptado de Treino Mestre: Musculação e Fitness (2019).

2.2.3 Cadeira Extensora e Mesa Flexora

A Cadeira Extensora e a Mesa Flexora são dois exercícios realizados em um só equipamento. Este aparelho é composto por polias, espas e placas de peso. No desenvolvimento do exercício cadeira extensora (Figura 3) o aparelho é ajustado para um formato semelhante a uma cadeira, onde o usuário senta e realiza a extensão de joelhos, trabalhando isoladamente os músculos reto femoral, vasto lateral e medial do quadríceps.

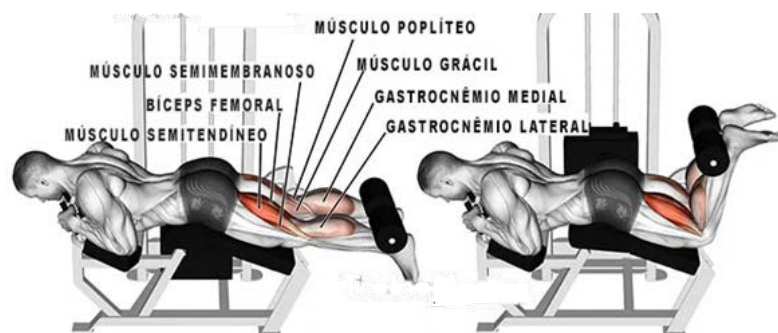
Figura 3 - Cadeira Extensora



Fonte: Treino Mestre: Musculação e Fitness (2021).

Já no exercício da mesa flexora a parte móvel do aparelho se deita, formando uma mesa na qual o usuário se posiciona de bruços para realizar a flexão de joelhos (Figura 4), trabalhando assim os músculos semimembranosos, bíceps femoral, semitendíneo, poplíteo, grácil, gastrocnêmio medial e lateral.

Figura 4 - Mesa Flexora

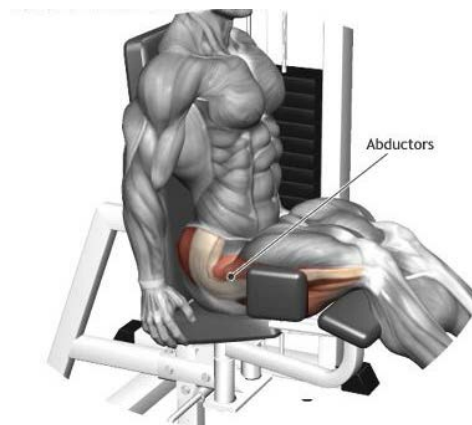


Fonte: adaptado de Treino Mestre: Musculação e Fitness (2019).

2.2.4 Cadeira Abdutora e Adutora

A Cadeira Abdutora e Adutora possui um sistema mecânico constituído de polias, espia e placas de peso. Nela, podemos realizar dois exercícios. A abdução é um exercício que envolve o movimento do quadril. Precisamente, neste exercício se trabalha os músculos glúteo médio e mínimo, piriforme, sartório e tensor da fáscia lata. De acordo com ALENCAR (2017), ele é realizado a partir da abdução total do quadril até o ângulo máximo, de acordo com o nível de flexibilidade do executante, após se deixar vencer pela resistência, controladamente se realiza a adução do quadril (Figura 5).

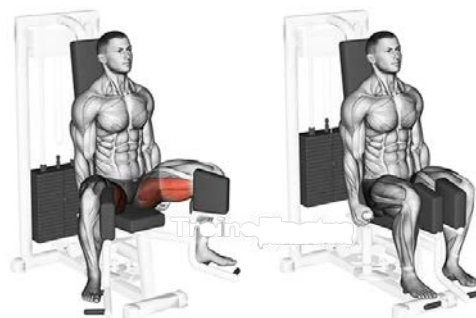
Figura 5 - Cadeira Abdutora



Fonte: Caio Alencar (2017).

Já o exercício adutor (Figura 6) é desenvolvido na mesma máquina com uma pequena mudança no equipamento. Ele possui outra função, trabalhando músculos diferentes. Nesse movimento, a força é realizada pelos músculos da parte interna da coxa, sendo eles o grácil, pectíneo, adutores longo, curto e magno.

Figura 6 - Cadeira Adutora

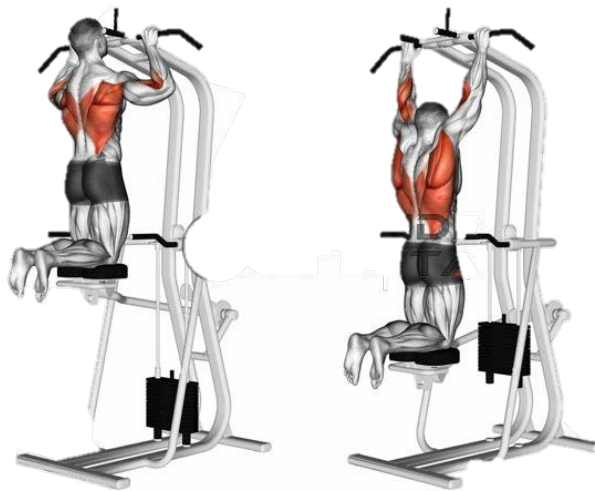


Fonte: adaptado de Treino Mestre: Musculação e Fitness (2019).

2.2.5 Graviton

O Graviton é um equipamento planejado mecanicamente para fazer o contrário do que a maioria dos outros aparelhos de musculação fazem. O objetivo dele é ajudar o usuário a realizar determinado exercício tornando o *peso* que o mesmo irá movimentar menor do que o *peso* corporal. A estrutura é constituída de polias, espia e placas de peso, como em várias máquinas, mas desenvolve o processo inverso ao realizar os exercícios. Ele foi desenvolvido para o treinamento de membros superiores, sendo possível realizar mais de um exercício, trabalhando músculos diferentes. O principal exercício que pode ser feito nele é chamado Puxada no Graviton, sendo uma opção do exercício de Barra Fixa para iniciantes, pois, de acordo com Treino em Foco (2016), na Puxada no Graviton podemos alterar a carga para o desenvolvimento de exercícios que seriam feitos com carga corpórea, tornando o movimento possível para quem ainda não desenvolveu força suficiente para dominar o *peso* total do corpo. Na Puxada no Graviton são trabalhados vários músculos de costas, ombro e peitoral (Figura 7).

Figura 7 - Puxada no Graviton



Fonte: adaptado de Equipe Grande Atleta (2018).

Outro exercício possível de realizar nessa máquina é conhecido como Barras Paralelas e funciona no mesmo esquema do exercício anterior, mas com uma posição diferente. Neste último, pegamos em barras paralelas que estão fixas no aparelho, localizadas nas laterais da cintura do usuário (Figura 8). Os músculos trabalhados aqui envolvem peitoral maior, tríceps e deltóide anterior.

Figura 8 - Barras Paralelas



Fonte: adaptado de Treino Mestre: Musculação e Fitness (2021).

O Graviton, como já dito, foi projetado para realizar exercícios de membros superiores, mas, a partir de experimentos realizados, podem ser realizados alguns exercícios para membros inferiores também, desenvolvendo músculos de coxa e glúteos.

2.2.6 Hack Machine

O próximo aparelho de musculação que aqui descreveremos é denominado *Hack Machine*. Ele desenvolve o mesmo movimento que o agachamento livre e barra guiada, mas, de acordo com LENZI (2020), o agachamento Hack tem um estímulo diferente das demais maneiras de realizar esse exercício, pois a projeção do centro de gravidade provoca diferenças cinesiológicas no movimento do corpo humano. O agachamento no Hack garante uma maior segurança, pois a coluna vertebral fica estabilizada na prancha e os pés projetados para frente (Figura 9). Esse aparelho também não tem placas de peso, sendo preciso acoplar anilhas. Por ser um agachamento, é muito utilizado nos treinos para membro inferiores e trabalha os músculos reto femoral, vasto lateral e medial do quadríceps, isquiotibiais da posterior de coxa e glúteo máximo.

Figura 9 - Agachamento Hack Machine



Fonte: Equipe Hipertrofia (2020).

2.2.7 Leg Press 45°

O *Leg Press 45°* é um exercício muito comum nos treinos, tanto de iniciantes até avançados, para membros inferiores. Essa máquina foi projetada com uma estrutura de ferro formando um ângulo de 45° com o solo, por onde se movimenta uma plataforma paralela a essa angulação. O aparelho não possui pesos acoplados, de modo que o uso de anilhas costuma se fazer necessário. O exercício é realizado sentado, sendo essa plataforma empurrada com as pernas para a ativação dos músculos (Figura 10). Neste equipamento trabalha-se toda a musculatura do quadríceps e, também, do posterior da coxa e da panturrilha.

Figura 10 - Leg Press 45°

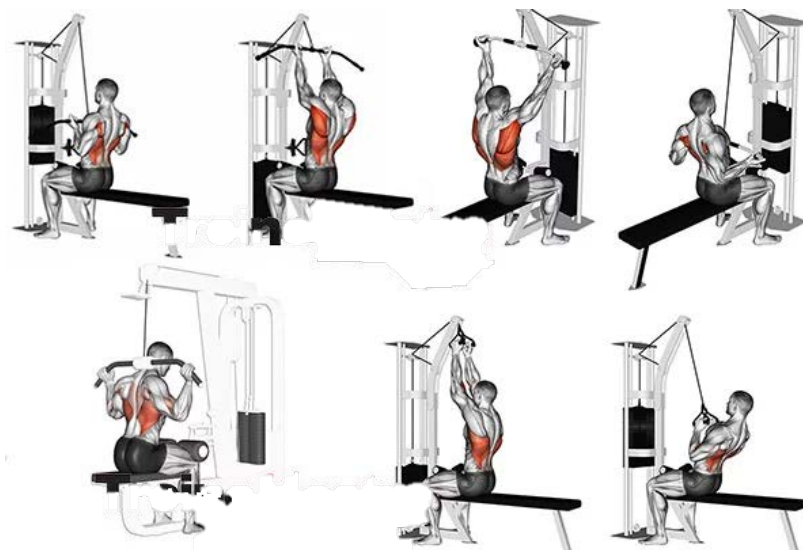


Fonte: Ti Franco (2017).

2.2.8 Puxada alta e remada baixa

O aparelho puxada alta e remada baixa foi projetado para trabalhar membros superiores, sendo possível realizar vários exercícios, principalmente para as costas. Ele é formado por um jogo de polias, espia, placas de peso e duas extremidades para acoplar objetos como barras e puxadores. Os principais exercícios realizados neste equipamento é o Puxada Alta, como o próprio nome já diz. O Exercício pode ser realizado de várias maneiras, com diversas variações, sendo que as principais são puxada alta com pegada aberta, com pegada fechada ou com triângulo (Figura 11). Por apresentar muitas possibilidades, desenvolve diferentes músculos dorsais e, em alguns momentos, o bíceps.

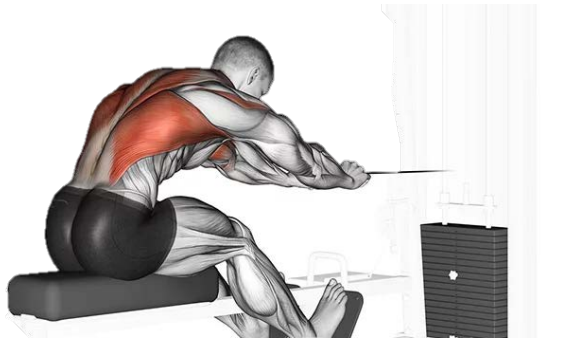
Figura 11 - Exercício Puxada Alta e suas variações



Fonte: adaptado de Treino Mestre: Musculação e Fitness (2020).

Outro exercício desenvolvido nesse aparelho é o remada baixa (Figura 12). Esse trabalho também foca, de acordo com KRAMER e FLECK (2001), nos músculos romboides e trapézio da parte superior das costas, bem como nos extensores do ombro e o deltoide posterior.

Figura 12 - Exercício Remada Baixa

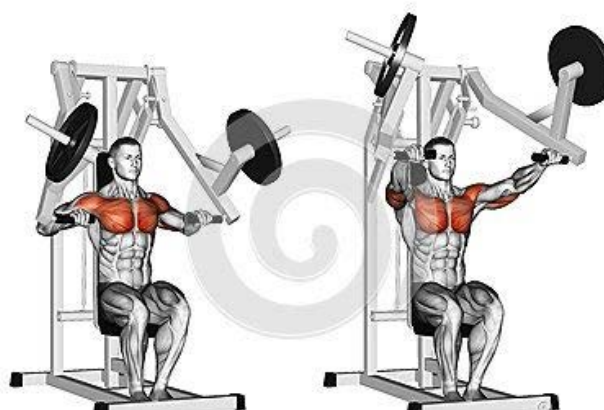


Fonte: adaptado de Treino Mestre: Musculação e Fitness (2021).

2.2.9 Supino inclinado Hammer

O equipamento Supino inclinado Hammer, entre todas as variações do supino, é o mais seguro e fácil de realizar o exercício. A máquina foi desenvolvida para trabalho de peitoral, sendo que o movimento exige trabalho de bíceps, tríceps e deltóide. É muito utilizado por iniciantes, pois o movimento é guiado e de fácil desenvolvimento. Em sua estrutura não há placas de peso para selecionar, então demanda do uso de anilhas com a carga requerida (Figura 13).

Figura 13 - Supino inclinado Hammer

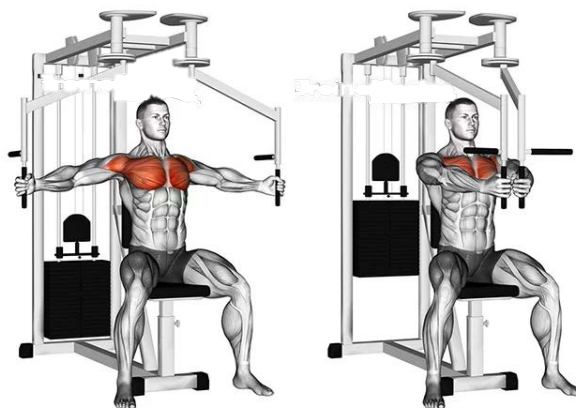


Fonte: adaptado de Alexander Makatserchyk.

2.2.10 Fly

Por fim, o equipamento voador, ou fly, é também uma máquina composta por polias, espas e placas de peso. Neste equipamento podem ser desenvolvidos dois exercícios, sendo um para costas e outro para peito, envolvendo músculos dos ombros. O voador ou Peck Deck (Figura 14) é realizado através de uma adução horizontal de ombro, trabalhando os músculos do peitoral maior e uma ativação do deltóide.

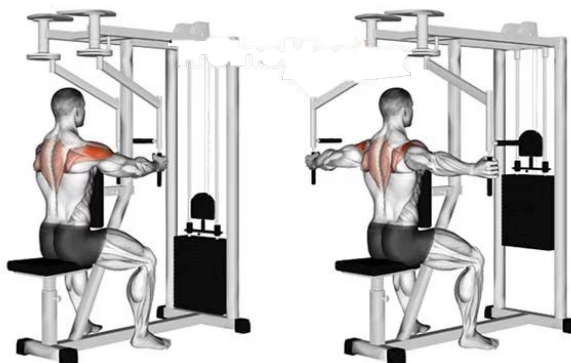
Figura 14 - Exercício voador



Fonte: adaptado de Treino Mestre: Musculação e Fitness (2020).

Nesse mesmo aparelho podemos trabalhar os músculos das costas com o exercício chamado voador inverso (Figura 15), onde o movimento é feito através da abdução horizontal do ombro. Nele são desenvolvidos o rombóide, deltóide posterior, trapézio médio e inferior. Tem-se, também, um trabalho secundário dos músculos deltóide médio, infraespinhal e redondo menor.

Figura 15 - Exercício Voador Inverso



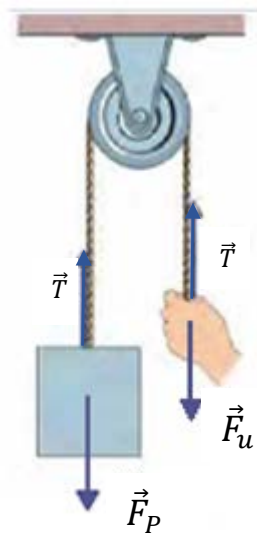
Fonte: adaptado de Treino Mestre: Musculação e Fitness (2021).

2.3 A FÍSICA ENVOLVIDA NOS APARELHOS DE MUSCULAÇÃO

Numa análise rápida dos equipamentos de musculação observa-se que, em geral, o fabricante indica nas configurações do equipamento o *peso* que será movimentado durante o exercício. Uma vez que as placas de peso geralmente são elevadas por espias que passam por uma ou mais polias até o ponto de acionamento, onde o usuário executa o movimento, a força que este usuário exerce para realizar o movimento lentamente, ou mesmo, para manter as placas suspensas em equilíbrio quase sempre difere significativamente do valor indicado no aparelho. Com isso, a transição do aparelho para o treino com *pesos* livres deve, além de todos os aspectos ergonômicos já citados, considerar essa relação.

A Figura 16 apresenta um arranjo básico com polia fixa no qual uma massa m é movimentada por um fio, por hipótese inextensível e de massa desprezível (que pode ser uma corda ou uma espia como as que são observadas nos aparelhos de musculação).

Figura 16 - Sistema de polia fixa

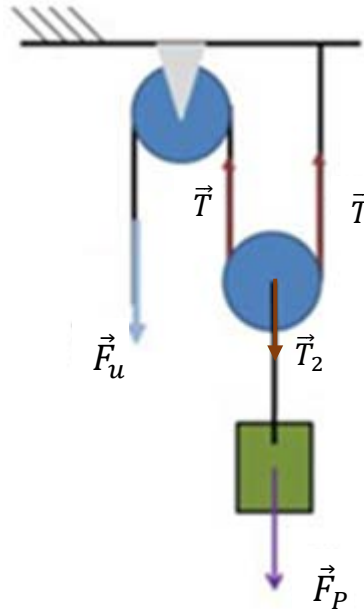


Fonte: adaptado de Halliday *et al.* (2014).

Ao aplicar uma força $\vec{F}_u$ (força realizada pelo usuário) tensiona-se a corda, de modo que a força resultante ($\vec{F}_{res}$) sobre o bloco é, agora, $\vec{F}_{res} = \vec{F}_P + \vec{T}$, em que $\vec{F}_P = \vec{F}_g = m\vec{g}$ é o peso do bloco e $\vec{T}$ a tensão na corda. Como $\vec{T}$ e $m\vec{g}$ são antiparalelos, para movimentar o bloco lentamente a partir do repouso ou para mantê-lo em equilíbrio, é necessário aplicar uma força na corda com módulo igual ou superior ao módulo do peso.

Já a Figura 17 apresenta um arranjo constituído de uma polia fixa e uma polia móvel, no qual, novamente, uma massa m é movimentada ou mantida suspensa por um fio inextensível.

Figura 17 - Sistema de polia móvel



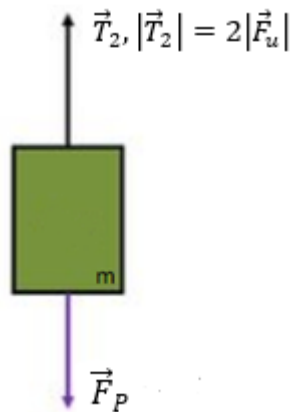
Fonte: adaptado de Responde Aí (s.d.).

Sabemos que a força realizada pelo usuário $\vec{F}_u$ tensiona a corda de modo que o módulo de $\vec{F}_u$ (F_u) é igual ao módulo de $\vec{T}$ (T)¹. Entretanto, ao se analisar a força resultante sobre a polia móvel, observa-se que F_u agora diverge de mg por um fator 2.

Note que, para manter o equilíbrio da polia, temos que $T_2 = 2T = 2F_u$, pois, como já mencionado, $F_u = T$. Analisando o bloco de massa m em separado do arranjo, temos a configuração mostrada na Figura 18.

¹ Neste texto representaremos os módulos dos vetores com notação simples $|\vec{A}| = A$.

Figura 18 - Configuração das forças e tensões para o bloco



Fonte: adaptado de Responde Aí (s.d.).

A força resultante atuando no bloco em equilíbrio será $\vec{F}_{res} = \vec{F}_p + \vec{T}_2 = 0$. Com isso, podemos verificar que, para movimentar o bloco ou para mantê-lo suspenso em equilíbrio, temos que realizar uma força de módulo igual ou superior à metade da força peso, sendo $\vec{F}_u \geq \frac{\vec{F}_p}{2}$.

Observando que os aparelhos de musculação são compostos, basicamente, por um conjunto de polias fixas e móveis além das espigas e placas de peso, dependendo do arranjo desses componentes, a força exercida pelo usuário para mover as placas de peso pode ser diferente daquela que está descrita no aparelho. Da mesma forma, a própria massa das demais partes dos equipamentos acoplados para a realização do exercício também pode variar a força realmente aplicada pelo usuário para tirar o sistema do equilíbrio. A análise dessas diferenças é um dos focos deste trabalho.

3 RESULTADOS ENCONTRADOS

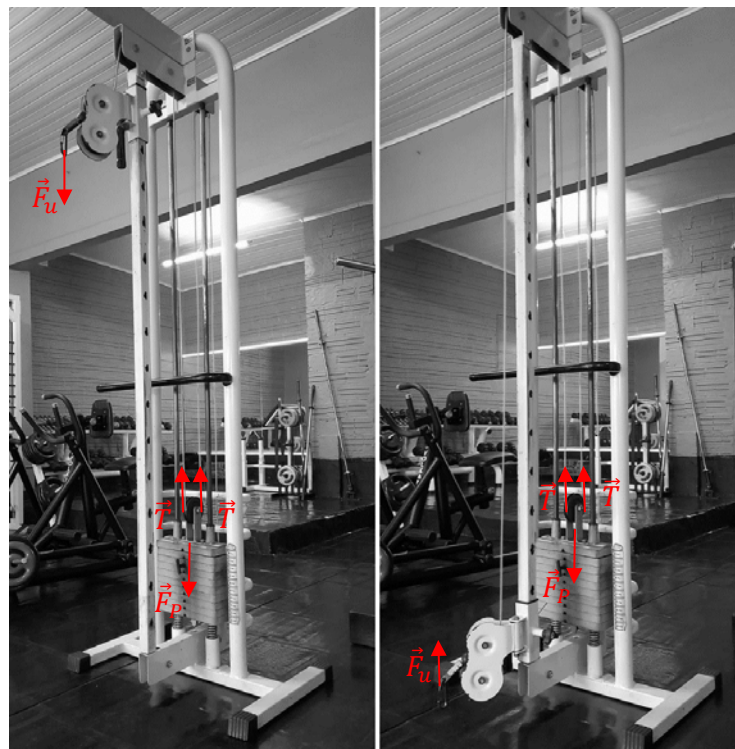
Nesta seção será apresentada a análise dos dez equipamentos de musculação selecionados. Iremos encontrar a relação entre o *peso* descrito no aparelho e a força que o usuário irá desenvolver para manter o sistema em equilíbrio estático, realizando algumas discussões com base nos resultados encontrados, tais como: possibilidades de economia na estrutura do aparelho, melhores configurações para o desenvolvimento dos exercícios, configurações mais eficientes, entre outras.

Devido ao cronograma bastante ajustado para um trabalho de conclusão de curso, iremos limitar a análise a sistemas em equilíbrio estático e, nas considerações finais, apresentar uma breve discussão da dinâmica do movimento.

3.1 CROSS OVER

O Cross Over é constituído por um sistema de polias fixas e uma polia móvel (Figura 19).

Figura 19 - Sistema de polias do Cross Over



Fonte: elaborado pela autora (2022).

Note que, sobre este ponto, a soma das forças é:

$$2\vec{T} + \vec{F}_p = m\vec{a} \quad (1)$$

Para mantê-lo em equilíbrio estático temos $\vec{a} = 0$, de modo que:

$$\vec{F}_p = -2\vec{T} \quad (2)$$

Mas $\vec{F}_u = -\vec{T}$, logo:

$$\vec{F}_u = \frac{\vec{F}_p}{2} \quad (3)$$

Com isso percebemos que, para manter esse sistema em equilíbrio, a força que o usuário realizará é a metade da força peso. Vale ressaltar que, dependendo do exercício desejado, utilizamos objetos como barras ou puxadores que são engatados na ponta da espia que também possuem uma massa que pode não ser desprezível. Essa massa aumenta ou diminui a força que o usuário precisa realizar a depender da posição que ele regula o equipamento.

3.2 SMITH

Este equipamento possui uma estrutura guiada que permite o movimento da carga perpendicularmente ao solo, conforme a Figura 20.

Figura 20 - Movimento do Smith



Fonte: elaborado pela autora (2022).

Com base nas forças definidas na Figura 20, no equilíbrio, temos:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} = 0 \quad (4)$$

$$\vec{F}_u + \vec{F}_p + \vec{F}_p^{(e)} = 0 \quad (5)$$

$$\vec{F}_u = -\vec{F}_p - \vec{F}_p^{(e)} \quad (6)$$

Além da força peso das anilhas acopladas para o exercício, devemos somar o *peso* da estrutura ($\vec{F}_p^{(e)}$) que também é sustentada pelo usuário. Outra análise relevante para esse equipamento diz respeito ao centro de massa da estrutura. É importante que, para a realização do exercício, o usuário se posicione exatamente sob o centro da barra, observando que ela é simétrica e o *peso* das anilhas acopladas deve ser distribuído igualmente para ambos os lados. Caso ele se posicione mais à direita ou mais à esquerda do centro de massa, um torque é gerado na estrutura, fazendo com que a parte móvel atrite consideravelmente com as barras laterais responsáveis por guiar esse movimento. Com isso, a força que o usuário teria que realizar para pôr o sistema em movimento sofreria também esse acréscimo.

3.3 CADEIRA EXTENSORA E MESA FLEXORA

Este aparelho é constituído somente de polias fixas. Podemos observar essa distribuição de polias na Figura 21, que demonstra o movimento do exercício na cadeira extensora.

Figura 21 - Movimento da Cadeira Extensora



Fonte: elaborada pela autora (2022).

Já a Figura 22 nos mostra o movimento do equipamento para o exercício da mesa flexora.

Figura 22 - Movimento da Mesa Flexora



Fonte: elaborada pela autora (2022).

Como todas as polias são fixas, para manter em equilíbrio, o torque (τ) realizado pelo usuário deve ser igual ao torque realizado pela tensão T (em que $T = F_p$) para os dois exercícios. Relembramos que, o torque τ é realizado por uma força $\vec{F}$ que atua em um braço de comprimento R , colocando o sistema em movimento de giro em torno de um eixo de rotação. O torque dependerá da angulação θ entre os vetores $\vec{R}$ e $\vec{F}$. Com isso, $\vec{\tau} = \vec{R} \times \vec{F}$ e, no caso acima ilustrado:

$$\tau_p = \tau_u \quad (7)$$

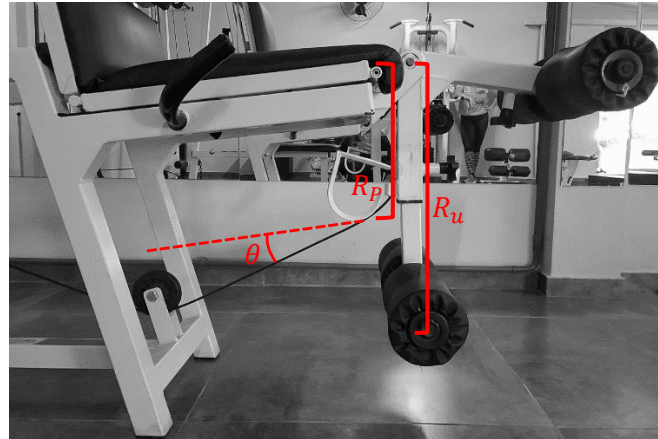
$$R_p F_p \cos \theta = R_u F_u \quad (8)$$

$$F_u = \frac{R_p}{R_u} F_p \cos \theta \quad (9)$$

Como podemos ver, a força que o usuário irá realizar dependerá do raio de ativação da força peso (R_p) e do raio de ativação da força exercida pelo usuário (R_u), sendo essa variável dependente da altura do indivíduo. Para isso o equipamento é constituído de regulagens, objetivando adaptação de pessoas altas ou baixas, sendo que a posição correta desse apoio é próximo aos pés.

Com isso, a força que o usuário irá realizar varia com o raio medido do ponto de torque do equipamento até o ponto da realização da força do usuário. Veja, na Figura 23, a apresentação desses raios e a angulação que afeta a força do usuário.

Figura 23 - Apresentação dos raios do torque e angulação.



Fonte: elaborado pela autora (2022).

Podemos destacar aqui duas situações extremas para esse equipamento em relação a alteração na força realizada pelo usuário. Utilizando a menor configuração de R_u disponível no equipamento, sendo $R_u = (31,0 \pm 0,5)$ cm e $R_P = (31,0 \pm 0,5)$ cm $\equiv$ *constante*, então temos um fator de multiplicação unitário.

$$F_u = \frac{31,0}{31,0} F_P \cos \theta \quad (10)$$

$$F_u = 1,00^{+0,03}_{-0,03} F_P \cos \theta \quad (11)$$

Por outro lado, com o maior R_u possível, sendo $R_u = (47,0 \pm 0,5)$ cm.

$$F_u = \frac{31,0}{47,0} F_P \cos \theta \quad (12)$$

$$F_u = 0,60^{+0,02}_{-0,02} F_P \cos \theta \quad (13)$$

Observe que, para a menor posição possível, geralmente para pessoas mais baixas, o fator de multiplicação da força peso é maior do que na maior configuração, geralmente pessoas mais altas. Esse fator implica diretamente na força que o usuário realizará (F_u), sendo que pessoas mais baixas, mantendo F_P fixa, irão realizar a mesma força peso escolhida para o exercício e as mais altas irão realizar 34% menos. Lembrando, também, que todas as configurações ficam dependentes da angulação de atuação das forças aplicadas, sendo θ próximo de 10° , o que quase não interfere na força que o usuário realizará ($\cos 10^\circ = 0,98$).

Podemos ressaltar aqui que a estrutura móvel não foi levada em consideração nos cálculos devido a seu *peso* ser bem menor do que a força peso das placas.

3.4 CADEIRA ABDUTORA E ADUTORA

Neste equipamento são realizados dois exercícios distintos, apenas mudando a configuração do aparelho (Figura 24 e Figura 25). Ele é constituído por algumas polias fixas e uma polia móvel, como mostra a Figura 26.

Figura 24 - Configuração da Cadeira Abdutora



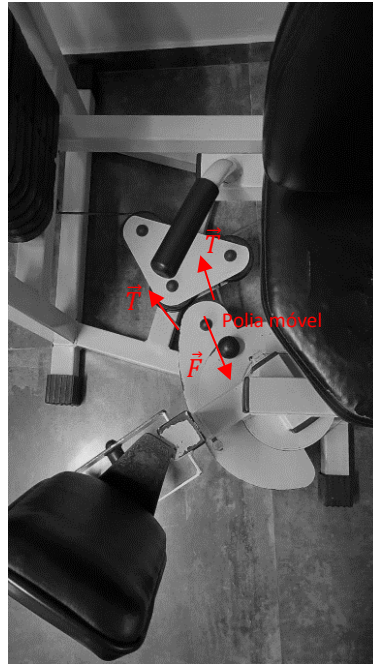
Fonte: elaborado pela autora (2022).

Figura 25 - Configuração da Cadeira Adutora



Fonte: elaborado pela autora (2022).

Figura 26 - Polia móvel e representações das forças



Fonte: elaborado pela autora (2022).

A Figura 27 é apresentada com o objetivo de detalhar as demais partes constituintes do aparelho. Com a conexão entre as duas polias acopladas, cada uma em um eixo vertical, o equipamento garante a sincronia no movimento do usuário. Com cada membro inferior, o usuário aplica uma força de módulo aproximadamente igual a cada instante. Denominando $\vec{F}_u^{(D)}$ e $\vec{F}_u^{(E)}$ as forças exercidas pelo usuário com sua perna direita e sua perna esquerda, respectivamente, e observando a conexão entre os eixos mostrados na Figura 27, temos:

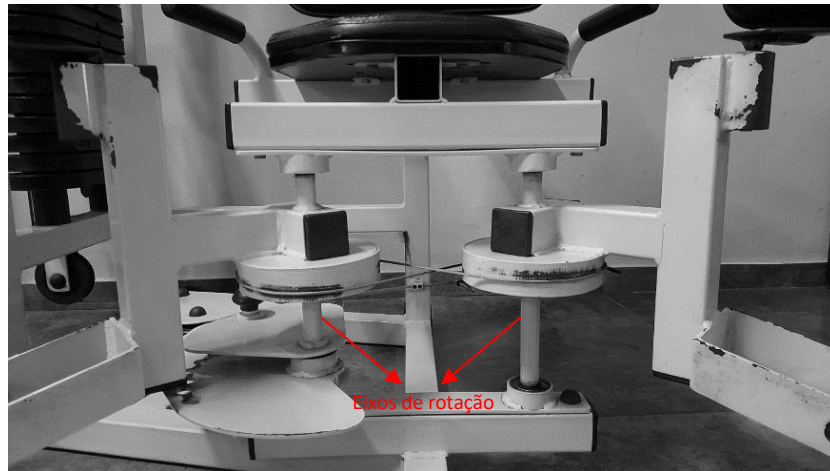
$$\tau_P = \tau_u^{(D)} + \tau_u^{(E)} \quad (14)$$

$$FR_P = F_u^{(D)} R_u^{(D)} + F_u^{(E)} R_u^{(E)} \quad (15)$$

Como é mostrado na Figura 26, $F = 2T = 2F_P$ e, também, pela simetria do equipamento, $R_u^{(D)} = R_u^{(E)}$, os quais denotaremos somente por R_u . Assim, a Equação 15 pode ser escrita como:

$$2F_P R_P = R_u (F_u^{(D)} + F_u^{(E)}) \quad (16)$$

Figura 27 - Polias responsáveis por guiar o movimento em conjunto



Fonte: elaborado pela autora (2022).

Considerando que é recomendável realizar o exercício de forma que os módulos $F_u^{(D)}$ e $F_u^{(E)}$ se mantenham aproximadamente iguais, podemos fazer $F_u^{(D)} + F_u^{(E)} = 2F_u^{(D)}$ e escrever:

$$2F_P R_P = R_u 2F_u^{(D)} \quad (17)$$

$$F_u^{(D)} = \frac{R_P}{R_u} F_P \quad (18)$$

É importante destacar que a força realizada pelo usuário é, assim, $2F_u^{(D)}$. Mais uma vez com vistas à transição para os exercícios com pesos livres, preferimos destacar aqui da forma como fizemos na Equação 18 para dar clareza ao leitor quanto à intensidade da força que deve ser aplicada por cada membro inferior.

Convém destacar que, apesar de o sistema ser constituído por uma polia móvel, o *peso* que o usuário movimentava em cada perna acaba sendo o *peso* total do sistema multiplicado por um fator que depende dos raios onde atuam as forças. Para o equipamento analisado, temos $R_P = (32,0 \pm 0,5)$ cm e $R_u = (23,0 \pm 0,5)$ cm, de modo que

$$F_u^{(D)} = \frac{32,0}{23,0} F_P = 1,40^{+0,04}_{-0,06} F_P, \quad (19)$$

mostrando que a relação entre $F_u^{(D)}$ e F_P excede a unidade em 40%.

3.5 GRAVITON

O Graviton (Figura 28) é um equipamento com uma mecânica um pouco diferente dos demais.

Figura 28 - Movimento no Graviton



Fonte: elaborado pela autora (2022).

Figura 29 - Diagrama de corpo livre para o usuário

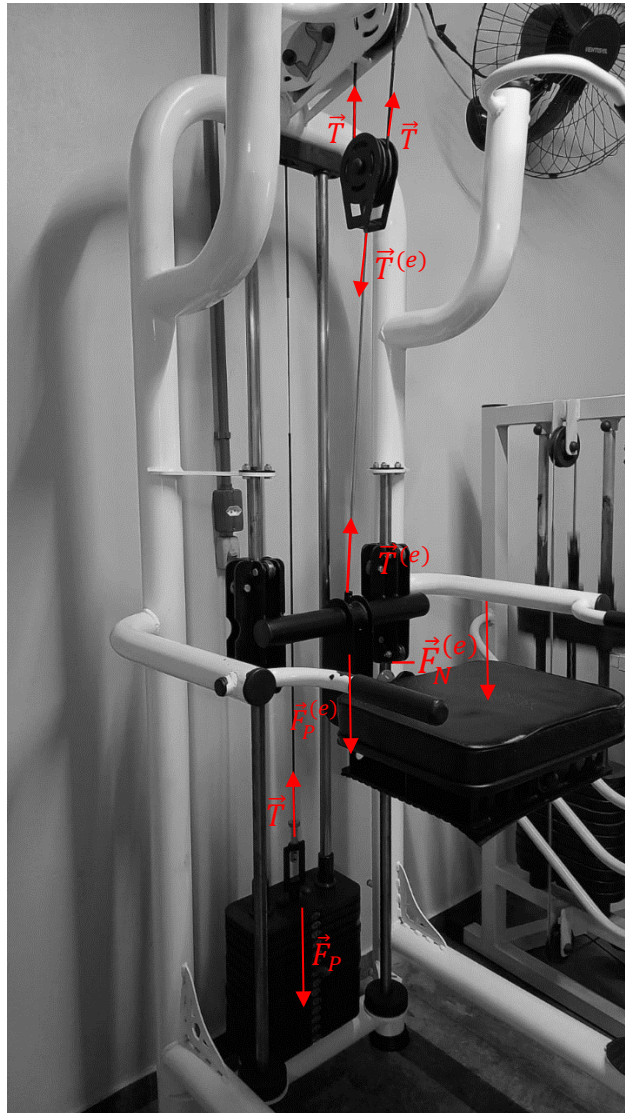


Fonte: elaborado pela autora (2022).

Na Figura 29 identificamos todas as forças que o equipamento faz sobre o usuário, além da força peso $\vec{F}_p^{(u)}$ sobre seu corpo e da força $\vec{F}_u = \vec{F}_u^{(D)} + \vec{F}_u^{(E)}$ total que o usuário aplica em dois pontos de contato para suspender o próprio corpo. Definindo $\vec{F}_{barra} = \vec{F}_{barra}^{(D)} + \vec{F}_{barra}^{(E)}$ como a força total feita pela barra sobre o usuário e $\vec{F}_N^{(e)}$ como a força normal realizada pela estrutura no ponto indicado na figura, a soma das forças sobre o usuário é:

$$\vec{F}_{barra} + \vec{F}_N^{(e)} + \vec{F}_p^{(u)} = m\vec{a} \quad (20)$$

Figura 30 - Definição das tensões nas espas



Fonte: elaborado pela autora (2022).

A relação entre as tensões nas espas pode ser obtida diretamente no esquema de forças indicado na Figura 30. Observe que $\vec{T}^{(e)} = 2\vec{T} = -2\vec{F}_p$ e que $(-\vec{F}_N^{(e)})$ é o par ação e reação da

força que a estrutura exerce sobre o usuário. Assim, a força resultante sobre a estrutura móvel do equipamento é

$$\vec{T}^{(e)} + \vec{F}_p^{(e)} + (-\vec{F}_N^{(e)}) = m_e \vec{a}, \quad (21)$$

em que m_e é a massa dessa estrutura. Somando as Equações 20 e 21, temos, no equilíbrio:

$$\vec{F}_{barra} + \vec{F}_p^{(u)} - 2\vec{F}_p + \vec{F}_p^{(e)} = 0 \quad (22)$$

$$\vec{F}_{barra} = -\vec{F}_p^{(u)} + 2\vec{F}_p - \vec{F}_p^{(e)} \quad (23)$$

Concluimos então que a força necessária que o usuário tem que fazer para manter o sistema em equilíbrio, será:

$$-\vec{F}_u = \vec{F}_{barra} = -\vec{F}_p^{(u)} - \vec{F}_p^{(e)} + 2\vec{F}_p \quad (24)$$

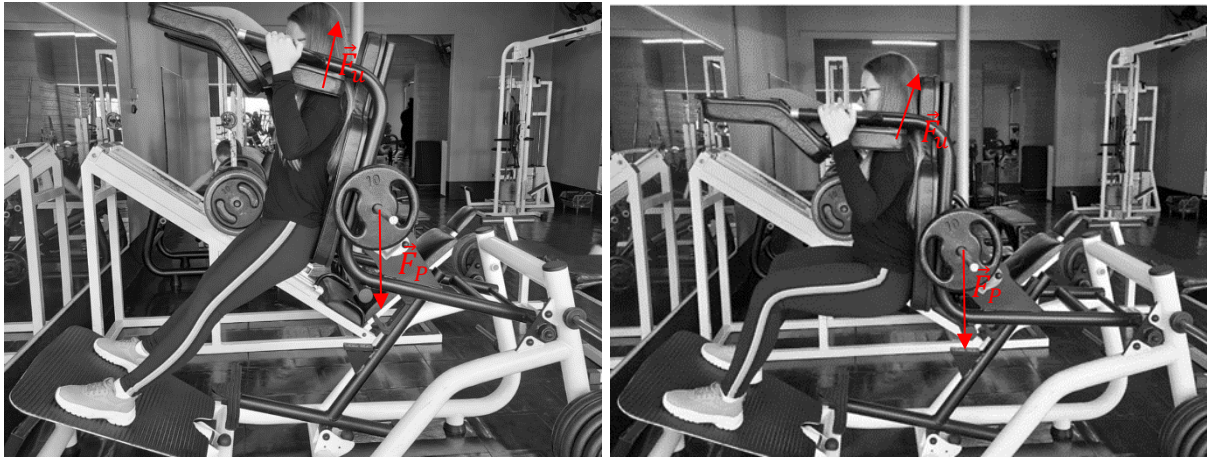
$$\vec{F}_u = \vec{F}_p^{(u)} - (2\vec{F}_p - \vec{F}_p^{(e)}), \quad (25)$$

portanto, menor que o peso do próprio corpo. Esse equipamento é, dessa forma, um facilitador para a inicialização nesse tipo de exercício. Quanto maior o *peso* calibrado para a execução do exercício no aparelho mais distante o usuário estará da transição para exercício livre.

3.6 HACK MACHINE

Esse equipamento é constituído de uma estrutura móvel a qual é utilizada como apoio para a realização do agachamento. Podemos realizá-lo de duas maneiras diferentes para as quais iremos considerar os raios de aplicação da força feita pelo usuário R_u como sendo $R_u^{(1)}$ para a configuração 1 (Figura 31) e $R_u^{(2)}$ para a configuração 2 (Figura 32), sendo a mesma mecânica para ambos.

Figura 31 - Configuração 1 do Hack Machine



Fonte: elaborado pela autora (2022).

Figura 32 - Configuração 2 do Hack Machine

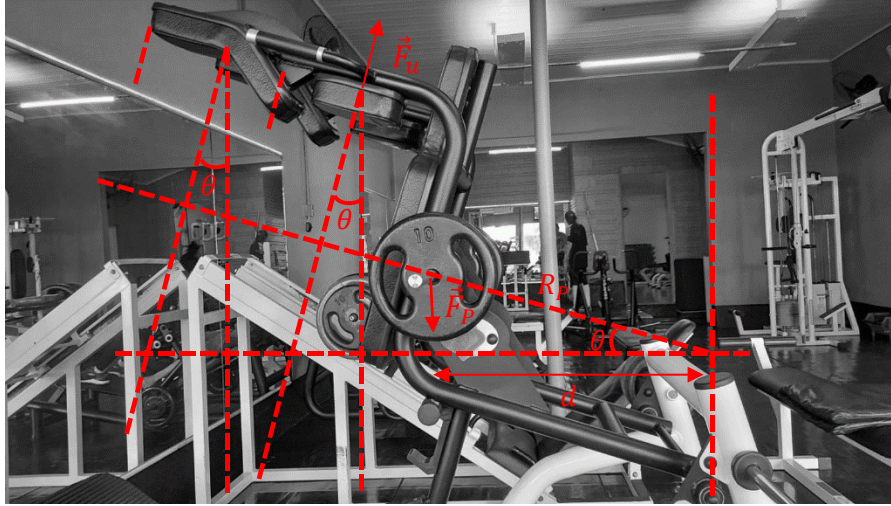


Fonte: elaborado pela autora (2022).

Analisando o diagrama da Figura 33, o torque realizado por F_p é:

$$\tau_p = F_p d = F_p R_p \cos \theta \quad (26)$$

Figura 33 - Diagrama do Hack Machine



Fonte: elaborado pela autora (2022).

Da mesma forma, o torque realizado pelo usuário na configuração 1 tem módulo

$$\tau_u^{(1)} = F_u^{(1)} R_u^{(1)}, \quad (27)$$

ou, na configuração 2,

$$\tau_u^{(2)} = F_u^{(2)} R_u^{(2)}, \quad (28)$$

em que R_u é a distância entre o ponto de aplicação da força pelo usuário e o eixo de rotação.

Assim, para que o usuário mantenha o sistema em equilíbrio, $\tau_u^{(i)} = \tau_p$, com $i = 1$ ou 2 :

$$F_u^{(i)} = \frac{R_p F_p \cos \theta}{R_u^{(i)}} \quad (29)$$

Apesar de haver uma angulação entre a força que o usuário exerce e a força peso, este ângulo é pequeno e, com isso, o cosseno deste ângulo se aproxima da unidade. No equipamento analisado nesse trabalho, $R_p = (68,0 \pm 0,5) \text{ cm}$, $R_u^{(1)} = (101,0 \pm 0,5) \text{ cm}$ e $R_u^{(2)} = (133,0 \pm 0,5) \text{ cm}$. Substituindo esses valores na Equação 29, resultamos em:

$$F_u^{(1)} = \frac{68,0}{101,0} F_p \cos \theta = 0,67_{-0,01}^{+0,01} F_p \cos \theta \quad (30)$$

$$F_u^{(2)} = \frac{68,0}{133,0} F_p \cos \theta = 0,51_{-0,01}^{+0,01} F_p \cos \theta \quad (31)$$

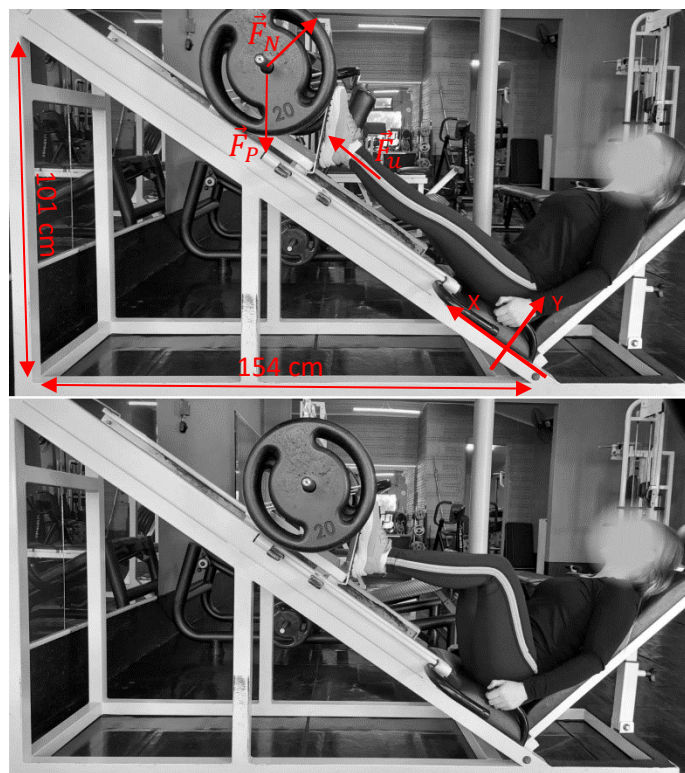
Os resultados acima mostram que, mantendo F_p fixa, na configuração 1 o fator de multiplicação supera em mais de 30% o fator da configuração 2, implicando diretamente na força exercida pelo usuário para manter o sistema em equilíbrio. Podemos notar também que,

na configuração 2 o ponto de aplicação da força está quase o dobro da distância do eixo de rotação em relação ao centro de massa da estrutura móvel.

3.7 LEG PRESS 45°

Nesse equipamento, o movimento dos pesos ocorre em um plano inclinado, como pode ser observado na Figura 34.

Figura 34 - Movimento do Leg Press 45°



Fonte: elaborado pela autora (2022).

Primeiramente, utilizamos trigonometria básica para verificar se o ângulo de movimento em relação ao solo era, realmente, de 45°. Então:

$$\theta = \tan^{-1} \frac{101}{154} \quad (32)$$

$$\theta = 33,3^{+0,2}_{-0,2} \text{ graus} \quad (33)$$

A partir disso, cientes que o equipamento não possui 45° como descrito no nome e, sim, aproximadamente 33°, seguimos com os cálculos utilizando a angulação correta.

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \quad (34)$$

$$\vec{F}_N + \vec{F}_P + \vec{F}_u = m\vec{a} \quad (35)$$

Para o sistema se manter em equilíbrio, temos $\vec{a} = 0$, então:

$$\vec{F}_u = -\vec{F}_N - \vec{F}_P \quad (36)$$

Decompondo as forças no sistema de referência indicado na Figura 34, temos que $\vec{F}_P = -F_P \sin 33^\circ \hat{i} - F_P \cos 33^\circ \hat{j}$, assim:

$$\vec{F}_u = -(N\hat{j} - F_P \cos 33^\circ \hat{j} - F_P \sin 33^\circ \hat{i}) \quad (37)$$

Como não temos movimento perpendicular ao trilho inclinado, $(N - F_P \cos 33^\circ) = 0$. Com isso, a força que o usuário precisa realizar para manter o sistema em equilíbrio será:

$$\vec{F}_u = F_P \sin 33^\circ \hat{i} \quad (38)$$

Devemos lembrar que a $\vec{F}_P$ será a soma do *peso* das anilhas ($F_P^{(a)}$) e o *peso* da estrutura ($F_P^{(e)}$), podendo escrever a equação desta forma:

$$\vec{F}_u = (F_P^{(a)} + F_P^{(e)}) \sin 33^\circ \hat{i} \quad (39)$$

Sendo assim, a força que o usuário realizará será esta soma multiplicado pelo fator $\sin 33 = 0,54$. Caso o equipamento possuísse o ângulo de 45° , a força que o usuário realizaria seria maior.

3.8 PUXADA ALTA E REMADA BAIXA

Para esse equipamento temos duas configurações. Analisando-as separadamente, temos a puxada alta representada pela Figura 35. Observamos que, neste exercício, temos somente polias fixas. Com isso, para manter o sistema em equilíbrio estático, temos que:

$$|\vec{F}_u| = |\vec{F}_P| \quad (40)$$

Podemos destacar aqui que, para exercícios nessa configuração, utilizamos objetos como puxadores e barras para realizá-los com o intuito de modificar a pegada e trabalhar porções diferentes dos músculos das costas. Esses objetos podem ter massa não desprezível se comparadas à massa das placas de peso, o que, nesse caso, favoreceria o movimento desejado

pelo usuário. No entanto, como na maioria dos casos essa massa é pequena em comparação com a massa movimentada pela espia, optamos por desconsiderá-la nessa análise.

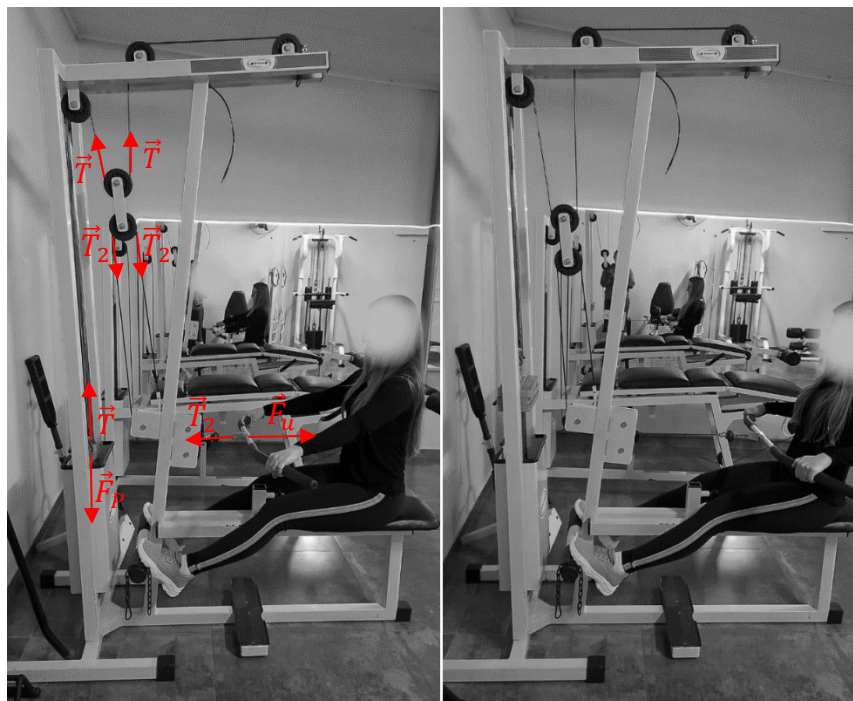
Figura 35 - Movimento da Puxada Alta



Fonte: elaborado pela autora (2022).

A outra configuração desse equipamento é conhecida como Remada Baixa, demonstrada na Figura 36.

Figura 36 - Movimento da Remada Baixa



Fonte: elaborado pela autora (2022).

Nesse exercício temos uma polia móvel, mas, analisando o sistema, observa-se facilmente que $F_p = T$, $F_u = T_2$, e:

$$2T_2 = 2T \quad (41)$$

Assim, para manter o sistema em equilíbrio,

$$F_u = F_p. \quad (42)$$

Apesar da configuração ser composta por polias móveis, pela Equação 42 concluímos que a mesma não reduz a força exercida pelo usuário para manter no equilíbrio determinado *peso*. De modo análogo à primeira configuração, nessa última também são acoplados objetos para os exercícios, sendo que o *peso* deles é desprezível quando comparado com a força peso das placas e, conseqüentemente, foram desconsiderados do cálculo.

3.9 SUPINO INCLINADO HAMMER

Na Figura 37 apresentamos o equipamento de musculação denominado Supino Inclinado Hammer.

Figura 37 - Movimento no Supino Inclinado Hammer



Fonte: elaborado pela autora (2022).

Como podemos observar, o movimento se dá pela geração de um torque em torno do eixo que prende as barras onde são colocadas as anilhas de peso. Para o usuário manter o sistema em equilíbrio, desprezando o *peso* das barras frente ao *peso* das anilhas e assumindo que a força feita pelo usuário se mantém aproximadamente perpendicular ao seu raio de ação, temos:

$$\tau_u = \tau_p \quad (43)$$

Analisando o sistema separadamente para o usuário:

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \quad (44)$$

$$\tau_u = R_u F_u, \quad (45)$$

pois, nesse caso, $\vec{r} \perp \vec{F}$.

De modo análogo, o torque realizado pela força peso da anilha é dado por

$$\tau_p = R_p F_p \sin \theta, \quad (46)$$

em que θ é o ângulo entre a haste que sustenta as anilhas e a vertical. Unindo as Equações 45 e 46 para encontrar F_u , temos:

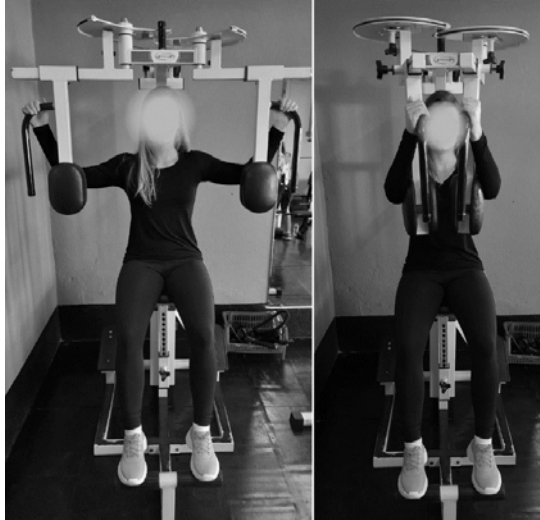
$$F_u = \frac{R_p}{R_u} F_p \sin \theta \quad (47)$$

A partir da Equação 47, é importante considerar alguns aspectos do equipamento. Observe que a força aplicada pelo usuário varia consideravelmente ao longo do movimento, já que neste exercício o ângulo θ inicial é bastante pequeno e o ângulo final se aproxima de 90° . Observa-se também que, no equipamento analisado nesse trabalho, R_p é aproximadamente 70% de R_u , o que não pode ser desconsiderado na transição para o exercício com pesos livres.

3.10 FLY

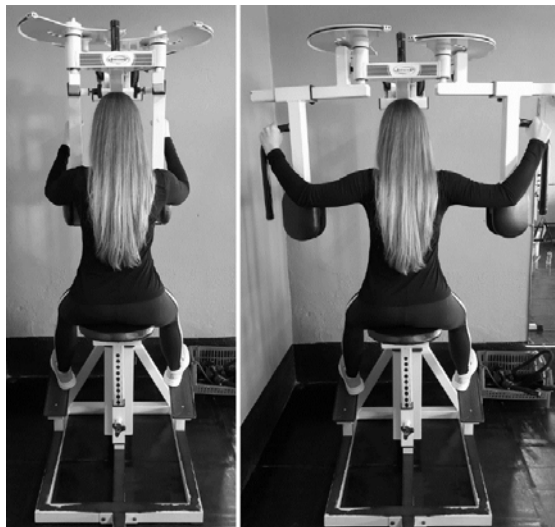
O exercício físico nesse equipamento pode ser desenvolvido de duas maneiras distintas, cada uma focando em grupos musculares diferentes. O exercício denominado voador é realizado conforme a Figura 38. Já o voador inverso é desenvolvido como demonstrado na Figura 39.

Figura 38 - Movimento do Voador



Fonte: elaborado pela autora (2022).

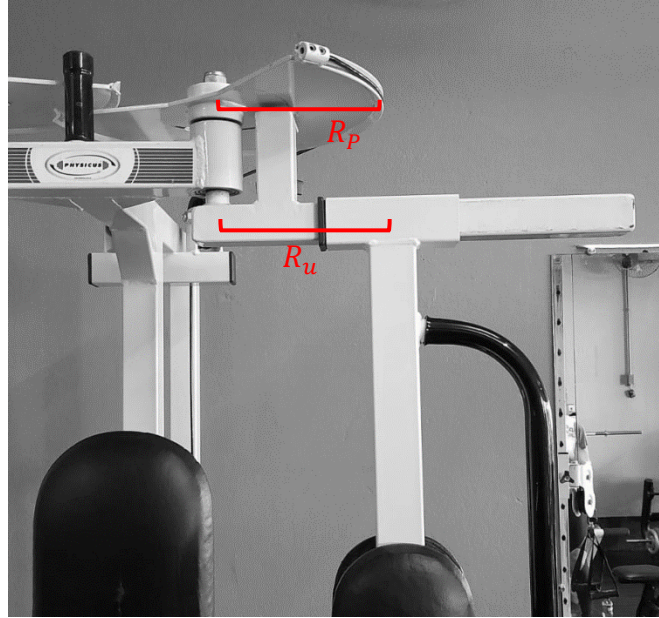
Figura 39 - Movimento do Voador Inverso



Fonte: elaborado pela autora (2022).

Para os dois movimentos o sistema mecânico se iguala, modificando somente a posição do usuário. Para facilitar os cálculos da força que o usuário irá realizar para manter o sistema em equilíbrio, iremos considerar, primeiramente, somente o lado direito, visto que o equipamento é simétrico. A Figura 40 apresenta os raios de ação da força feita pelo usuário e da tensão na espia.

Figura 40 - Demonstração dos raios



Fonte: elaborado pela autora (2022).

Observe que R_p é mantido constante ao longo de todo o movimento, enquanto R_u é ajustado ao tamanho do usuário. Com isso em mente, no equilíbrio temos:

$$\tau_p = \tau_u \quad (48)$$

Como $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ e, nesse caso, $\vec{r} \perp \vec{F}$ para as duas forças, obtemos

$$R_p \frac{F_p}{2} = R_u F_u^{(D)}, \quad (49)$$

em que $F_u^{(D)}$ é a força exercida pelo usuário com seu braço direito e já consideramos que a força peso das placas será equilibrada pelas ações realizadas simultaneamente nos dois lados do equipamento. Com isso, a força que o usuário realizará com este braço será:

$$F_u^{(D)} = \frac{R_p}{R_u} \frac{F_p}{2} \quad (50)$$

Da mesma forma, para o lado esquerdo obtemos:

$$F_u^{(E)} = \frac{R_p}{R_u} \frac{F_p}{2} \quad (51)$$

A força que o usuário irá realizar depende da razão dos raios R_p e R_u . Vamos considerar aqui dois extremos, como já fizemos em equipamentos anteriores. Para a configuração com raio maior, temos $R_u = (39,0 \pm 0,5)$ cm, sendo $R_p = (19,0 \pm 0,5)$ cm, assim:

$$F_u^{(D)} = \frac{19,0 F_P}{39,0 \cdot 2} \quad (52)$$

$$F_u^{(D)} = 0,50_{-0,02}^{+0,02} \frac{F_P}{2} \quad (53)$$

Já para a configuração com raio menor, temos $R_u = (19,0 \pm 0,5)$ cm, de modo que, no equilíbrio, a soma das forças aplicadas com cada um dos braços se iguala ao *peso* sustentado. Observe que a diferença entre as forças aplicadas pelo usuário para sustentar o mesmo *peso* nas duas configurações analisadas difere por um fator 2.

Podemos destacar aqui uma alternativa como forma de economia na construção desse equipamento. Como a força peso que o usuário irá movimentar varia conforme a distância do raio das polias R_P (destacadas na Figura 41), quanto maior este raio, menor será a massa que deve ser suspensa em uma certa configuração e, conseqüentemente, menos material para as placas de peso precisa ser gasto.

Figura 41 - Raio das Polias do FLY



Fonte: elaborado pela autora (2022).

Convém observar que se pensarmos em economizar material substituindo as polias por barras, o raio de ação da tensão nas espigas passa a variar com o movimento já, que o ângulo entre a espiga e a barra não se mantém constante.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise da mecânica dos dez equipamentos disponíveis na Espaço Saúde Academia de Roque Gonzales, podemos destacar aqui a importância dos resultados encontrados tanto para os educadores físicos como para professores de Física da Educação Básica. De modo geral, todos os equipamentos analisados possuem uma mecânica bastante simples, mas que afeta na força que o usuário irá realizar quando comparado com o *peso* descrito no aparelho de musculação, alguns pela sua distribuição de polias e outros pela posição e pela massa da estrutura.

Com isso, entendemos que esse estudo poderá servir como uma orientação para os profissionais da área de Educação Física quando seus alunos realizarem a transição de exercícios em equipamentos mecânicos para exercícios com *pesos* livres, visto que, para iniciantes, recomenda-se o uso dos aparelhos por serem estruturas com movimento guiado e travas de segurança, resultando em um menor risco de lesão. Assim, para cada equipamento, o educador físico saberá qual a força que o usuário está realizando em determinado aparelho e, ao passar para um exercício com pesos livres, terá um valor de referência para estimar o *peso* que ele usará para desenvolvê-lo.

Esse texto também poderá ser utilizado como material educativo por professores da disciplina de Física no Ensino Básico como também em disciplinas básicas de Mecânica no Ensino Superior, sendo possível abordar conteúdos como tipos de força, tensão, polias fixas e móveis, plano inclinado, torque e centro de massa.

Como descrito nas seções acima, por simplificação nesta primeira análise, desenvolvemos todos os cálculos observando o sistema em equilíbrio estático. Entendemos que no cronograma do Trabalho de Conclusão de Curso não teríamos como realizar a análise dinâmica de todos os equipamentos. Da mesma forma, como as acelerações envolvidas são pequenas se comparadas à aceleração da gravidade, estimamos que a diferença no esforço feito pelo usuário para movimentar o sistema não necessariamente precisa ser considerada, como mostraremos a seguir.

Consideremos os sistemas básicos de polias fixas e móveis discutidas na seção 2.3. Vamos determinar a força exercida pelo usuário para movimentar verticalmente para cima, com aceleração $\vec{a}$, a massa indicada na Figura 16. Da Segunda Lei de Newton, temos:

$$\vec{F}_p + \vec{T} = m\vec{a} \quad (54)$$

Tomando como sentido positivo para cima e observando que $F_p = mg$ e $T = F_u$,

$$-mg + F_u = ma, \quad (55)$$

de modo que, a força que o usuário deverá realizar será

$$F_u = m(a + g). \quad (56)$$

Da mesma forma, no sistema com polia móvel da Figura 17, temos

$$-mg + T_2 = ma, \quad (57)$$

como $T_2 = 2T = 2F_u$, então

$$F_u = \frac{m(a+g)}{2}. \quad (58)$$

Com isso, na análise da dinâmica, considerando os dois modelos, a aceleração do movimento será relevante se tiver valor comparável à aceleração da gravidade. Então, um movimento com aceleração da ordem de 1 m/s^2 reflete em uma diferença da ordem de 10% na força exercida pelo usuário para movimentar os dois sistemas.

A partir disso, fizemos uma estimativa de aceleração típica na realização dos exercícios de musculação. Os educadores físicos utilizam muito a linguagem de 2 para 2, 3 para 3, 4 para 4 e assim por diante, em que 2, 3 e 4 referem-se ao tempo, em segundos, necessário para a fase excêntrica e concêntrica do movimento. Assim, um exercício com 2 segundos de fase excêntrica e 2 segundos de fase concêntrica é considerado rápido, enquanto que, um outro com 3 segundos de fase excêntrica e 3 de fase concêntrica seria considerado mediano e, por fim, aqueles desenvolvidos em 4 ou 5 segundos por fase são considerados lentos ou super lentos. Para uma estimativa bastante rústica da aceleração desenvolvida em um movimento típico, supomos que a massa parte do repouso e desenvolve uma aceleração que não difere substancialmente de um valor médio $\vec{a} = \langle \vec{a} \rangle$, podendo ser tomada como constante. Fazendo, também, $t = \tau$, onde τ é o intervalo de tempo típico de uma fase do movimento e que a amplitude do movimento (Δx) varia de exercício para exercício, mas também não difere substancialmente de um valor típico próximo a meio metro, teremos:

$$\Delta x = \frac{\langle a \rangle \tau^2}{2} \quad (59)$$

$$\langle a \rangle = \frac{2\Delta x}{\tau^2} \quad (60)$$

$$\langle a \rangle = \frac{2 \cdot 0,5}{2^2} = 25 \text{ cm/s}^2 \quad (61)$$

Mesmo com essa estimativa bastante rústica, pode-se concluir com segurança que o movimento se dá em acelerações típicas da ordem de dezenas de centímetros por segundo ao quadrado, de modo que uma análise estática, como foi feito, não traz grandes diferenças para

os valores reais da força feita pelo usuário. Sendo assim, essa aceleração típica é algo em torno de quatro vezes menor que 1 m/s^2 , de modo que a diferença do sistema estático para dinâmico é bem menor que 10% na força exercida pelo usuário nesses sistemas.

Em termos de preparo físico, se fizermos esse esforço de uma maneira muito intensa ou mais lenta faz diferença, mas em termos de estimativa da força feita pelo usuário não tem uma diferença considerável, a menos que o movimento seja muito rápido.

A partir do estudo realizado, por fim, podemos destacar uma ideia de pesquisa futura sobre a quantidade de energia que gastamos em um treino de musculação e que poderia ser captada e transformada, por exemplo, em energia elétrica para garantir o funcionamento da própria academia, podendo desenvolver um projeto de estação de captação dessa energia mecânica para a conversão em elétrica.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, Caio. Cadeira Abdutora. **Personal trainer Caio Alencar**, 2017. Disponível em: <https://personallplus.wordpress.com/2017/05/14/cadeira-abdutora/>. Acesso em: 12 de fev. de 2022.
- ATLETA, Equipe Grande. Barra Fixa: Execução, variações, Músculos trabalhos e dicas para mais resultados! **GRANDE ATLETA**, 2018. Disponível em: <https://grandeatleta.com.br/barra-fixa/>. Acesso em: 12 de fev. de 2022.
- Conheça o exercício de Puxada no Graviton. **TREINO EM FOCO**, 2016. Disponível em: <https://www.treinoemfoco.com.br/analise-de-exercicio/conheca-o-exercicio-de-puxada-no-graviton/>. Acesso em: 12 de fev. de 2022.
- FRANCO, Tiago. LEG PRESS (Como torná-lo mais PODEROSO). **Ti Franco – Especialista em treinamento feminino**, 2017. Disponível em: <https://www.tifranco.com.br/artigo/leg-press-como-torna-lo-mais-poderoso>. Acesso em: 12 de fev. de 2022.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**, v.1, 9 ed., Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- HIPERTROFIA, Equipe. Agachamento hack: benefícios, músculos envolvidos e como fazer. **HIPERTROFIA.ORG**, 2020. Disponível em: <https://www.hipertrofia.org/blog/2020/09/30/agachamento-hack/>. Acesso em: 12 de fev. de 2022.
- LENZI, Sandro. Agachamento no Smith: Como fazer e ter melhores resultados! **Treino Mestre: Musculação e Fitness**, 2019. Disponível em: <https://treinomestre.com.br/agachamento-smith/>. Acesso em: 12 de fev. de 2022.
- LENZI, Sandro. Barras paralelas: Execução correta, cuidados e músculos trabalhados! **Treino Mestre: Musculação e Fitness**, 2021. Disponível em: <https://treinomestre.com.br/barras-paralelas-execucao-correta-e-ativacao-muscular/>. Acesso em: 12 de fev. de 2022.
- LENZI, Sandro. Cadeira abdutora: Para que serve, execução e músculos envolvidos. **Treino Mestre: Musculação e Fitness**, 2020. Disponível em: <https://treinomestre.com.br/cadeira-abdutora-como-usa-la-da-melhor-forma-em-seu-treino/>. Acesso em: 12 de fev. de 2022.

LENZI, Sandro. Cadeira adutora, como utilizar corretamente em seu treino? **Treino Mestre: Musculação e Fitness**, 2019. Disponível em: <https://treinomestre.com.br/cadeira-adutora-como-utilizar-corretamente-em-seu-treino/>. Acesso em: 12 de fev. de 2022.

LENZI, Sandro. Cadeira extensora: Como fazer, músculos e 8 dicas GARANTIDAS! **Treino Mestre: Musculação e Fitness**, 2021. Disponível em: <https://treinomestre.com.br/cadeira-extensora-como-potencializar-os-resultados-4-dicas-importantes/>. Acesso em: 12 de fev. de 2022.

LENZI, Sandro. Crossover: Execução correta, músculos e dicas para melhores resultados. **Treino Mestre: Musculação e Fitness**, 2020. Disponível em: <https://treinomestre.com.br/crossover-como-usar-adequadamente/>. Acesso em: 12 de fev. de 2022.

LENZI, Sandro. Hack Machine – Execução correta e músculos trabalhados. **Treino Mestre: Musculação e Fitness**, 2020. Disponível em: <https://treinomestre.com.br/agachamento-hack-aplicacoes-e-execucao-correta/>. Acesso em: 12 de fev. de 2022.

LENZI, Sandro. Mesa Flexora, como usar corretamente (5 dicas importantes). **Treino Mestre: Musculação e Fitness**, 2019. Disponível em: <https://treinomestre.com.br/mesa-flexora-como-usar-corretamente-5-dicas-importantes/>. Acesso em: 12 de fev. de 2022.

LENZI, Sandro. Peck Deck (voador): Execução correta e como evitar lesões. **Treino Mestre: Musculação e Fitness**, 2020. Disponível em: <https://treinomestre.com.br/veja-como-nao-lesionar-os-ombros-com-o-voador-peck-deck/#:~:text=No%20caso%20espec%C3%ADfico%20do%20desenvolvimento,melhorar%20seu%20treino%20de%20peito.> Acesso em: 12 de fev. de 2022.

LENZI, Sandro. Puxada alta na polia: músculos solicitados, execução e variações. **Treino Mestre: Musculação e Fitness**, 2020. Disponível em: <https://treinomestre.com.br/puxada-alta-na-polia/>. Acesso em: 12 de fev. de 2022.

LENZI, Sandro. Remada Baixa: Execução correta, músculos e 4 erros cometidos. **Treino Mestre: Musculação e Fitness**, 2021. Disponível em: <https://treinomestre.com.br/principais-erros-da-remada-baixa/>. Acesso em: 12 de fev. de 2022.

LIMA, Douglas Henrique, *et al.* A COMPREENSÃO DOS BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DE PESO LIVRE OU MÁQUINA PARA INICIANTE DE MUSCULAÇÃO. **PESQUISA, SAÚDE E EDUCAÇÃO**, Rio de Janeiro, n. 2, p. 24-32,

2021. DOI: 10.47402/ed.ep.b20213680324. Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Luiz-Da-Silva-5/publication/351619147_Pesquisa_Saude_e_Educacao/links/60a17658458515c265992e22/Pesquisa-Saude-e-Educacao.pdf#page=23. Acesso em: 12 de fev. de 2022.

MAKATSERCHYK, Alexander. Exercício. Simulador de ginástica de força de martelo de imprensa. **Dreamstime**, s.d. Disponível em: <https://www.dreamstime.com/stock-illustration-exercising-press-hammer-strength-gym-simulator-bodybuilding-target-muscles-marked-red-image59545664#res26615551>. Acesso em: 12 de fev. de 2022.

MARCELLINO, Nelson Carvalho. Academias de ginástica como opção de lazer. **Revista Brasileira Ciência e Movimento**, Brasília, v. 11, n. 2, p. 49-54, 2003. Disponível em: <https://portalrevistas.ucb.br/index.php/RBCM/issue/archive>. Acesso em: 12 de fev. de 2022.

MARTINS, Jairo. Análise comparativa do treinamento de hipertrofia com pesos livres e aparelhos de musculação. In: ENCONTRO ANUAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA DA UNIUV – ENAPROC, 11, 2014, União da Vitória. **Anais**. União da Vitória - PR: UNIUV, 2014. Disponível em: <https://periodicos.uniuv.edu.br/enaproc/article/view/26>. Acesso em: 12 de fev. de 2022.

MATTOS, Carlos. Exercícios aeróbicos e anaeróbicos: entenda as diferenças. **Dr. Carlos Mattos: Ortopedia e lesões esportivas**, 2020. Disponível em: <http://drcarlosmattos.com.br/exercicios-aerobicos-e-anaerobicos-entenda-as-diferencas/#:~:text=Exemplos%20de%20atividades%20aer%C3%B3bicas%3A%20subir,pular%20corda%3B%20pedalada%3B%20dan%C3%A7a.&text=%E2%80%93%20Controle%20das%20taxas%20de%20sa%C3%BAde>. Acesso em: 04 de mar. de 2022.

OLIVEIRA, Victor Hugo. Crucifixo inverso: Execução, músculos trabalhados, dicas e cuidados. **Treino Mestre: Musculação e Fitness**, 2021. Disponível em: <https://treinomestre.com.br/crucifixo-inverso/>. Acesso em: 12 de fev. de 2022.

PANTERI, Amanda. Variações de supino: quando e como fazer cada uma delas. **SMART FIT NEWS**, 2021. Disponível em: <https://www.smartfit.com.br/news/fitness/variacoes-supino/>. Acesso em: 12 de fev. de 2022.

PRAZERES, Marcelo Viale. **A PRÁTICA DA MUSCULAÇÃO E SEUS BENEFÍCIOS PARA A QUALIDADE DE VIDA**, 2007. TCC – Curso de Graduação em Educação Física, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em:

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/39412862/0000085E-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1646399966&Signature=ADUT9uLw704XKGU-Gw6cfTvX850N0KxrumAFDIU-KCJmtpKRzZDMTEbNnEYzpKaXqonewIm4DuYDXHzLz8JlGtHqJdn8uiP7zOyxRWS1w7xL~ZAFvmDH0MjIwkKwJucKMOXc~xWXkPcLnntz7x8wxmmuRSpfZ1e-xjO63TJ2I7T6fVeUxv45NnyhpfhA1Bs~oslzIfujwBmuoJCoOv460YbAIHQ2yReDR5wMyYbRAvnhdUhsvWtszle6BHhv2OMHrJHSAckHxi3qWShhD8j2jYt2HQ8tcQ0qbOk2iaewYi50AqF78~bTfMbbxV7um1hR4py4ZSehZdWB4shVbNMTg_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 04 de mar. de 2022.

RAIOL, Rodolfo A. Praticar exercícios físicos é fundamental para a saúde física e mental durante a Pandemia da COVID-19. **Brazilian Journal of health Review**, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 2804-2813, 2020. DOI: 10.34119/bjhrv3n2-124. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJHR/article/view/8463/7298>. Acesso em: 12 de fev. de 2022.

RAIOL, Rodolfo de Azevedo; RAIOL, Paloma Aguiar Ferreira da Silva. Os diferentes tipos de exercícios físicos no controle da obesidade. **Revista Digital EFDeportes**, v. 15, n. 152, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Rodolfo-Raiol/publication/302872226_Os_diferentes_tipos_de_exercicios_fisicos_no_controle_da_obesidade/links/57321bac08ae298602da31a1/Os-diferentes-tipos-de-exercicios-fisicos-no-controle-da-obesidade.pdf. Acesso em: 08 de mar. de 2022.

SANCHES, Beatriz. Ácido láctico muscular realmente causa dor após os exercícios? **SPORTLLUX**, 2020. Disponível em: <https://www.sportllux.com.br/blog/acido-latico-muscular#:~:text=%C3%81cido%20%C3%A1tico%20muscular%3A%20o%20que,produz%20energia%20sem%20usar%20oxig%C3%AAnio>. Acesso em: 04 de mar. de 2022.

Sem autor. FÍSICA: Leis de Newton. **Responde Aí**, s.d. Disponível em: <https://www.respondeai.com.br/conteudo/fisica/leis-de-newton/polias-moveis/62>. Acesso em: 26 de mar. de 2022.

TEIXEIRA, Bruno Costa. **EFEITO DOS EXERCÍCIOS CONCÊNTRICOS E EXCÊNTRICOS SOBRE A HEMOSTASIA**, 2012. Dissertação (Mestrado em ciências do movimento humano) – Programa de pós-graduação em ciências do movimento humano, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/77181>. Acesso em: 04 de mar. de 2022.