



SISTEMA LOCOMOTOR DOS MEMBROS INFERIORES: UMA PROPOSTA  
DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

**MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR DE CIÊNCIAS**

Cassiana Crepaldi Buzanelo

Orientador: Dr. Éverton Fabian Jasinski

## **Apêndice A**

### **Material de Apoio ao Professor de Ciências**

#### **Apresentação para o professor**

Cada pessoa é única e, sendo assim, cada um possui uma maneira de ser e aprender, obtendo inúmeras informações com experiências vividas ao longo de sua trajetória de vida e o ambiente onde se encontra. Trabalhar essas experiências em sala torna a aprendizagem mais fácil e prazerosa.

A partir dessa ideia, torna-se necessário incentivar os estudantes a descobrir que as Ciências da Natureza vão além da sala de aula. Com o intuito de proporcionar um ensino de Ciências mais dinâmico e integrado, foi elaborado um material de apoio ao professor que trabalha nessa área de ensino sobre o tema sistemas locomotor e nervoso relacionados ao assunto de próteses de membros inferiores.

Esse material pode auxiliar o educador na elaboração de aulas com foco interdisciplinar entre a biologia e a física. O material pedagógico é composto por textos, sugestões de vídeos e experimentos e a confecção de protótipo de próteses para bonecas e o intuito é orientar o educador na execução do seu trabalho. Esse projeto pode ser utilizado em qualquer nível de ensino, desde que se façam as adaptações necessárias.

No caderno do aluno, é possível encontrar o exemplo utilizado na aplicação do projeto. Nele consta primeiramente o questionário de concepções prévias e vídeos sobre corridas olímpicas e paraolímpicas. Em seguida, há um texto sobre o esporte paraolímpico e um vídeo sobre a confecção de uma prótese mecânica. Também há um conteúdo bem detalhado sobre os sistemas locomotor e nervoso, um roteiro de confecção do protótipo de próteses de membros inferiores para bonecas e, pôr fim, um modelo de produção textual.

**DISCIPLINA - CIÊNCIAS**

**PROFESSORA - \_\_\_\_\_**

**SÉRIE: \_\_\_\_\_**

## **CADERNO DO ALUNO**

**ALUNO:**

## **Apresentação**

### **(Exemplo utilizado na aplicação do projeto)**

Prezado Aluno (a).

O estudo dos sistemas do corpo humano é de grande importância, pois esses conteúdos buscam proporcionar aos indivíduos o autoconhecimento, para uma formação conscientizada na prevenção de doenças e no bem-estar das pessoas.

O estudo do corpo humano normalmente é visto como um tema muito complexo, por isso optei em utilizar somente dois sistemas do corpo humano para ser aplicado nesta apostila, com o objetivo de facilitar o processo de ensino e aprendizagem.

Para a construção deste material foram escolhidos os conteúdos do Sistemas Locomotor e Nervoso e, dentre esses temas, será abordado as próteses de membros inferiores. Ao logo da execução desses temas, você encontrará atividades a serem realizadas, que foram confeccionadas a partir de estudos sobre a Aprendizagem Significativa.

Fique atento aos termos em **negrito**, pois são palavras importantes.

Vamos ao estudo!

## Questionário de conhecimentos prévios sobre o assunto sistema locomotor

O corpo humano é formado por diversos sistemas que atuam juntos para garantir o funcionamento adequado do organismo. Responda abaixo as perguntas com seus conhecimentos. Justificando suas respostas.

1. Você sabe como funciona o nosso sistema locomotor?

---

---

2. Você sabe o que é uma prótese e para que ela serve?

---

---

3. Você sabe o que é uma amputação?

---

---

4. Você já assistiu alguma paraolimpíada?

---

---

5. Algum professor já abordou as paraolimpíadas antes?

---

---

6. Você já assistiu algo relacionado a próteses?

---

---

7. Você conhece alguém amputado ou protetizado?

---

---

## Vídeos



USAIN BOLT BATENDO RECORDE MUNDIAL DOS 200 MTS RASOS

**Figura 1.** 1º Vídeo. (<https://www.youtube.com/watch?v=rk4Pxa8LE44>)

- Qual foi a parte do vídeo que mais chamou a sua atenção?

---

---

---

---

---

---



Athletics - Men's 200m - T44 Final - London 2012 Paralympic Games

**Figura 2.** 2º Vídeo. (<https://www.youtube.com/watch?v=A9Wlp1sTnoY>)

Qual foi a parte do vídeo que mais chamou a sua atenção?

---

---

---

---

---

## **Leitura do texto**

**Fonte:** NOVO JR., J. M. Esporte paralímpico: tecnológico e inclusivo. Instituto Ciência Hoje, 9 set. 2016. Disponível em: <http://cienciahoje.org.br/esporte-paralimpico-tecnologico-e-inclusivo/> . Acesso em: 29/02/2020.

### **Esporte paralímpico: tecnológico e inclusivo**

[...] a equipe paralímpica brasileira tem um histórico de desempenho invejável. Isso não se deve somente ao talento e esforço de nossos paratletas, mas também aos investimentos em tecnologia, que contribuem para aumentar a performance dos competidores. [...]

A superação de limites do paradesporto brasileiro é consequência de vários fatores, entre eles a formação de profissionais de educação física que ajudam na preparação de atletas; o uso de novos métodos de condicionamento físico; a aplicação dos conhecimentos em biomecânica na avaliação dos movimentos e dos limites corporais para o alto desempenho; e o aprimoramento e a inovação na confecção de equipamentos e materiais esportivos de alta qualidade.

Desde o surgimento do esporte adaptado, na década de 1940, a tecnologia disponível possibilita que as mais diversas deficiências possam ser minimizadas. Por um lado, permite ao profissional de reabilitação melhorar seus procedimentos terapêuticos; por outro, permite à pessoa com deficiência retomar uma vida de qualidade, com autonomia e melhoria da autoestima. As inovações tecnológicas dos produtos especialmente desenvolvidos para os paratletas têm resultado em equipamentos como cadeiras de rodas, órteses e próteses de melhor qualidade, tanto do ponto de vista estético quanto funcional.

O desenvolvimento científico não contribui apenas para a melhoria de materiais e equipamentos, mas também influencia as mais diversas áreas que dão suporte à organização e preparação de uma equipe paralímpica: medicina, educação física, fisioterapia, psicologia, nutrição, marketing, engenharias.

[...] Quando se trata de esportes paralímpicos, os equipamentos e instrumentos desenvolvidos devem ter elevada performance, resistindo aos esforços exigidos em uma competição de alto nível.





O desenvolvimento tecnológico aliado às pesquisas nas universidades brasileiras tem sido o grande responsável pela inclusão de atletas com deficiência física no mundo do esporte.

Graças à tecnologia, não é raro que atletas com próteses de membro inferior consigam desempenho equivalente ao de atletas sem deficiência física. (Foto: Marcio Rodrigues/MPIX/CPB)

Atualmente, é comum vermos atletas com próteses de membro inferior que permitem desempenho atlético equivalente ao de atletas sem deficiência física. Há próteses de joelho e de pernas com software e hardware capazes de obter informações sobre a força de contato com o solo e controle remoto para ajuste da velocidade das passadas e do movimento do joelho conforme o terreno em que se encontra o atleta, dentre outras características.

As especificidades das modalidades esportivas permitiram, por exemplo, que sistemas hidráulicos fossem desenvolvidos para saltos em distância e altura no atletismo, de forma a simular o que o corpo humano faz, preservando a integridade das articulações e amortecendo os impactos do pé com o solo. Já a pesquisa científica interdisciplinar, como a interação da educação física e da fisioterapia com a engenharia de materiais, resultou no desenho da lâmina que forma o pé da prótese de corredores, formada por dezenas de finas camadas de fibra de carbono, que lhe conferem leveza e flexibilidade.



Próteses com alta qualidade e baixo custo são desenvolvidas no Brasil tanto para atletas quanto para qualquer outra pessoa com necessidade especial. (Foto: Marcio Rodrigues/MPIX/CPB)

Para as atividades diárias, o pé da prótese pode receber o mesmo material, mas com um design mais próximo do pé natural, permitindo o uso de vestimentas e calçados.

Alguns atletas podem não usar seu aparato tecnológico de competição no seu cotidiano. Dependendo da modalidade, o atleta necessita apenas de um suporte adaptado (como o suporte para lançamento de disco), enquanto diariamente pode utilizar uma prótese de perna ou cadeira de rodas, conforme a preferência ou necessidade.

O desenvolvimento dessas tecnologias contribui também para melhorar a qualidade de vida das demais pessoas com deficiência. Os resultados alcançados no mundo das competições podem contemplar as necessidades de reabilitação física e motora de quem não é atleta de alto rendimento, permitindo que esses indivíduos usufruam em suas atividades diárias de dispositivos como uma cadeira de rodas leve e de fácil manuseio, ou próteses e órteses com alta qualidade e baixo custo.

Por promover tantos benefícios na inclusão de pessoas com deficiência, as tecnologias relacionadas ao esporte paralímpico no Brasil precisam que a interação entre universidade e empresa seja cada vez mais eficiente. Apesar dos grandes incentivos financeiros nesse sentido, ainda há muito que ser feito, principalmente para proporcionar ao usuário final, a pessoa com deficiência, o conhecimento científico e tecnológico transformado em materiais e equipamentos de alta qualidade e baixo custo.



Como é feita uma PERNA MECÂNICA #Boravê ●Manual do Mundo

**Figura 3.** 3º Vídeo. ([https://www.youtube.com/watch?v=\\_yV\\_1p\\_OU3E](https://www.youtube.com/watch?v=_yV_1p_OU3E))

Qual foi a parte do vídeo que mais chamou a sua atenção?

---

---

---

---

---

## Sistema locomotor

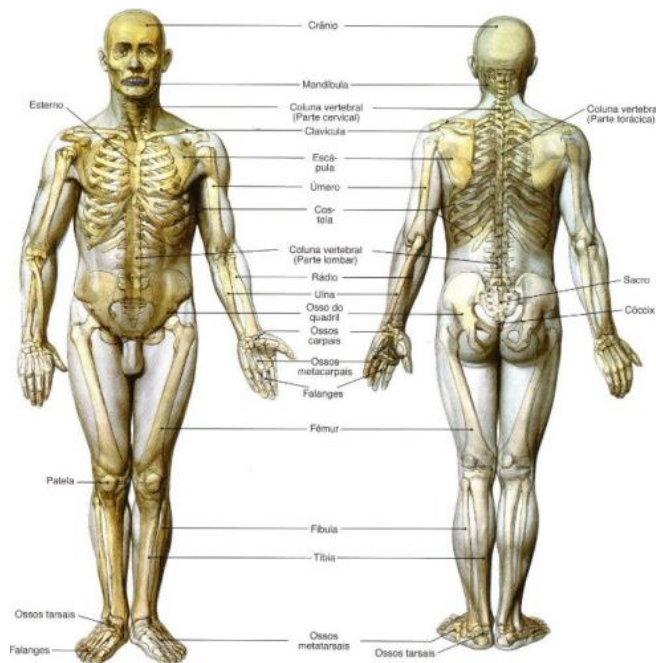
Esta seção foi baseada na seguinte referência:

<<https://brasilecola.uol.com.br/biologia/esqueleto-humano.htm> >

O sistema locomotor é composto pelos sistemas muscular e esquelético, sendo responsável pelos inúmeros movimentos realizados pelo nosso corpo.

### Esqueleto humano

O corpo humano contém aproximadamente 206 ossos. Além dos ossos, o esqueleto humano é composto por cartilagem, formando articulações e ligamentos, que juntos realizam diversas funções.



**Figura 4.** Esqueleto humano

Fonte: SOBOTTA, Atlas de Anatomia Humana, volume 1 / editado por R. Putz e R. Pabst, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

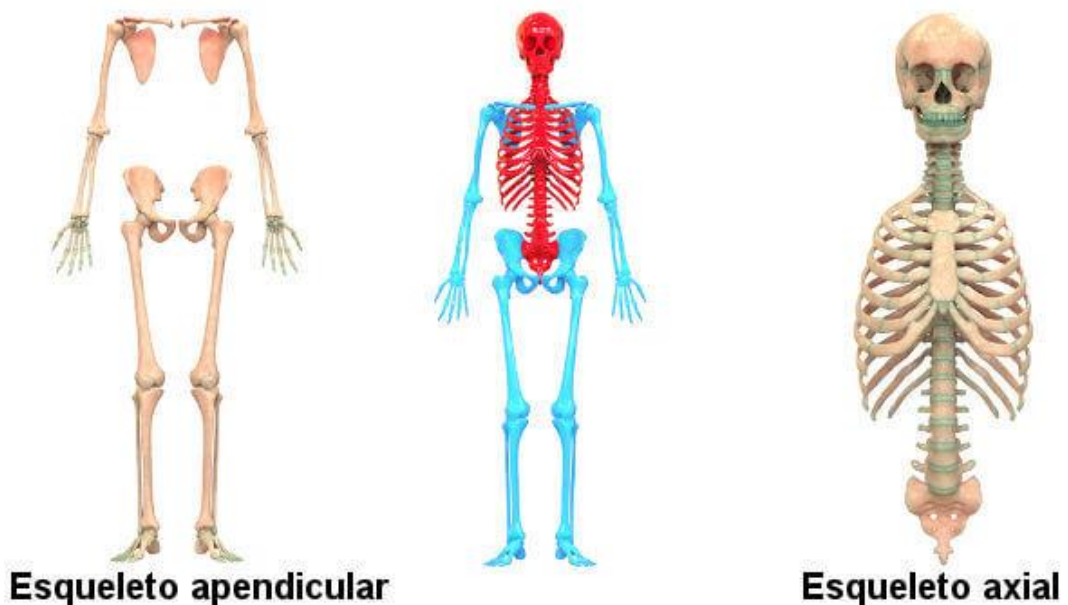
## Funções do esqueleto humano

As funções do esqueleto humano não se limitam somente à locomoção. Podemos citar, as principais funções desempenhadas pelo esqueleto:

1. Suporte do organismo;
2. Proteção dos órgãos internos e dos tecidos moles;
3. Em conjunto com os músculos, garante a nossa movimentação;
4. Apoio aos músculos esqueléticos;
5. Depósito de sais minerais, principalmente fósforo e cálcio;
6. Relação com a produção das células do sangue, uma vez que a medula óssea é encontrada nos ossos.

## Divisão do esqueleto humano

O esqueleto humano é dividido em duas partes: esqueleto axial e esqueleto apendicular.



**Figura 5.** Esqueleto apendicular e axial.

Fonte: <<https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/img/2019/01/esqueleto-axial-apendicular.jpg>>. Acesso em: 03 de dezembro 2021.

## **Esqueleto axial**

O esqueleto axial possui 80 ossos. São eles os ossos do:

**Crânio:** é formado pelos ossos faciais e cranianos. Esses ossos possuem a função de proteger o encéfalo e uma pequena parte do sistema nervoso central.

**Ossos hioide:** encontra-se entre a mandíbula e a laringe, na região do pescoço e não possui articulação.

**Vértebras:** compõem a coluna vertebral protegendo assim a medula espinhal.

**Costelas:** possuem a anatomia de arco, é encontrado no número de 12 pares.

**Esterno:** conhecido também como osso do peito, encontra-se na parte anterior do tórax.

## **Esqueleto apendicular**

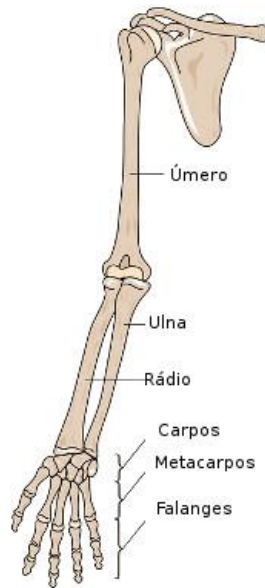
O esqueleto apendicular é formado por 126 ossos, constituindo assim nossos membros. Os ossos que compõem o esqueleto apendicular são:

**Membros superiores:** são constituídos pelos ossos do braço (úmero), ossos do antebraço (ulna e rádio), ossos do punho (carpos), ossos da palma da mão (metacarpos) e os ossos dos dedos (falange).

**Cintura escapular:** é formada pelos ossos da clavícula e pela escápula.

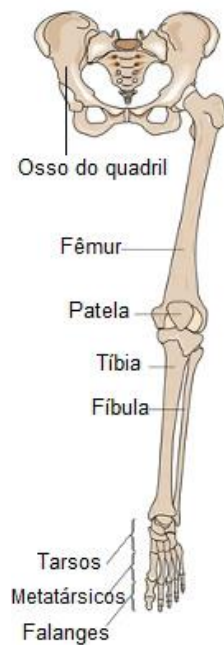
**Membros inferiores:** é composto pelo osso da coxa (fêmur), osso da perna (tíbia e fíbula), osso do joelho (patela), e os ossos do pé (tarsos, metatarsos e falange).

**Cintura pélvica:** é constituída pelos ossos do quadril, também conhecido por ossos pélvicos.



**Figura 6.** Ossos dos membros superiores.

Fonte: <[https://static.mundoeducacao.uol.com.br/mundoeducacao/conteudo/membro-superior\(1\).jpg](https://static.mundoeducacao.uol.com.br/mundoeducacao/conteudo/membro-superior(1).jpg)>. Acesso em: 03 de dezembro 2021.



**Figura 7.** Ossos dos membros inferiores.

Fonte: <<https://static.mundoeducacao.uol.com.br/mundoeducacao/conteudo/membro-inferior.jpg>>. Acesso em: 03 de dezembro 2021.

## Sistema articular

Esta seção foi baseada na seguinte referência:

<<https://www.biologianet.com/anatomia-fisiologia-animal/sistema-articular.htm>>

São as articulações que garantem a locomoção e a união dos ossos.

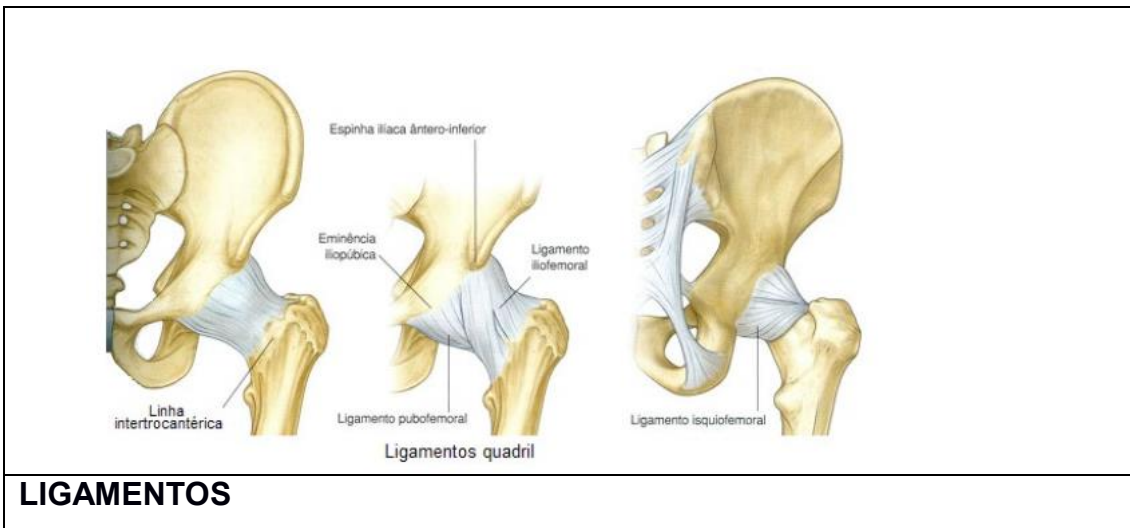
- A **articulação móvel** proporciona a realização de vários movimentos, por exemplo: o movimento do ombro com o braço.
- A **articulação imóvel ou fixa**, são exemplos os ossos do crânio, que são firmemente encaixados entre si
- A **articulação semimóvel** são as articulações encontradas na coluna vertebral, que possui movimentos limitados.

As articulações podem ser divididas em fibrosas, cartilaginosas e sinoviais.

- As **articulações fibrosas** (sinartroses) são unidas por tecido fibroso, e possuem pouco movimento.
- As **articulações cartilagineas** são compostas pela cartilagem ou por uma combinação de cartilagem e tecido fibroso.
- As **articulações sinoviais** ou diartroses compõe a maioria das articulações do corpo humano.

Os **ligamentos** são formados por tecidos conjuntivos, são estruturas resistente, maleáveis e pouco elásticas. Possui a função de unir os dois ou mais osso, estabilizando e protegendo as articulações, permitindo uma boa liberdade de movimento.





**Quadro 1. Ligamentos.**

Fonte: Gray's Anatomia clínica para estudantes /Richard L. Drake, Wayne Vogl, Adam W. M. Mitchell; ilustrações Richard Tibbitts e Paul Richardson. - Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

Os conteúdos a seguir, sistema muscular e nervoso são baseados nas seguintes referências:

ANDRADE FILHO, E.P.; PEREIRA, F.C.F. Anatomia Geral. INTA - Instituto Superior de Teologia Aplicada, 1ª edição, Sobral/2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde. Departamento de Gestão da Educação na Saúde. Projeto de Profissionalização dos Trabalhadores da Área de Enfermagem. 2. ed. rev., 1.a reimpr. - Brasília: Ministério da Saúde; Rio de Janeiro: Fiocruz, 2003.

CAMARA, M. ANATOMIA E FISILOGIA HUMANA. Instituto Formação. Cursos Técnicos Profissionalizantes, 2014.

CORRÊA, M.C.S.M. Anatomia e Fisiologia. Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia - Paraná - Educação a Distância, e- Tec. 2011.

LACERDA, R.A.M.V. Apostila de anatomia e fisiologia humanas. Faculdade e Escola Técnica Egídio José da Silva - FATEGÍDIO, 2009.

## **SISTEMA MUSCULAR**

Os músculos são estruturas anatômicas que possuem características variáveis, se interligam aos ossos através de tendões e possuem a função de contração, que é a capacidade de diminuir o comprimento e relaxamento, no qual estas ações movimentam partes do corpo, inclusive os órgãos internos. Os músculos representam cerca de 40% a 50% do peso corporal total e são capazes de transformar energia química em energia mecânica.



Músculos anteriores e posteriores

### **Figura 8. Sistema Muscular**

Fonte: TOMITA, Rúbia Yuri. Atlas visual compacto do corpo humano. 3. ed. São Paulo: Rideel, 2012.

O corpo humano é composto por três tipos de músculos: músculo não estriado ou músculo liso, músculo estriado esquelético e músculo estriado cardíaco.

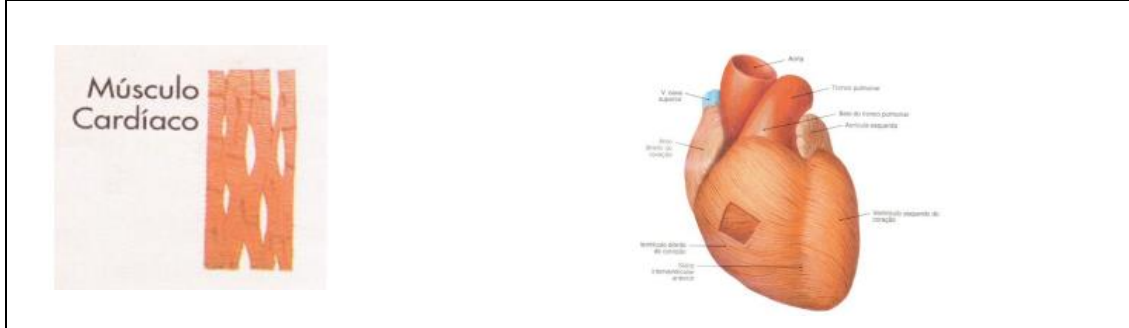
No **músculo liso ou músculo não estriado** possuem células que não apresentam estriações. É um músculo involuntário, pois suas contrações comandam o deslocamento de materiais através dos sistemas de órgãos do corpo humano. Podemos encontra-lo na pele, órgãos internos, aparelho reprodutor, grandes vasos sanguíneos e aparelho excretor.

O **sistema muscular estriado esquelético** compõe a maior parte da musculatura do corpo, formando o que se chama popularmente de carne. Vale ressaltar que os músculos estriados esqueléticos são os únicos músculos voluntários do corpo.

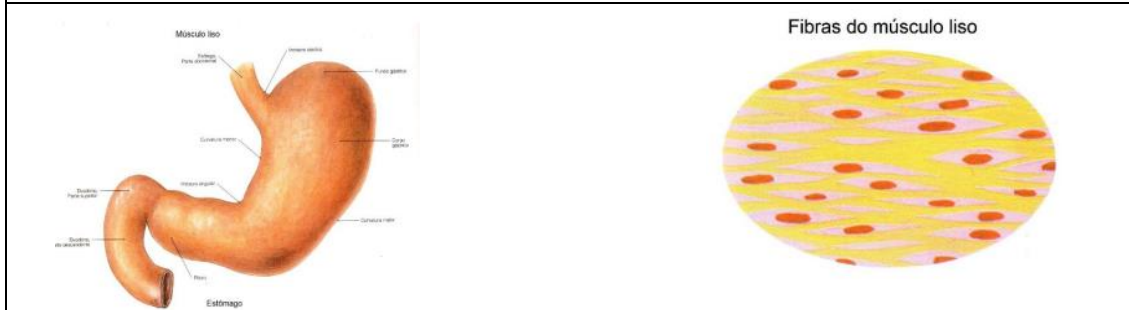
O **sistema muscular cardíaco** é um tipo de tecido muscular que constitui a maior parte do coração. Também conhecido como miocárdio, é responsável pela função dos batimentos cardíacos e contrai-se vigorosa e involuntariamente, apesar de composto por fibras estriadas.



**MÚSCULO ESTRIADO ESQUELÉTICO**



**MÚSCULO ESTRIADO CARDÍACO**



**MÚSCULO NÃO ESTRIADO (MÚSCULO LISO)**

**Quadro 2.** Músculos estriado esquelético, estriado cardíaco e não estriado.

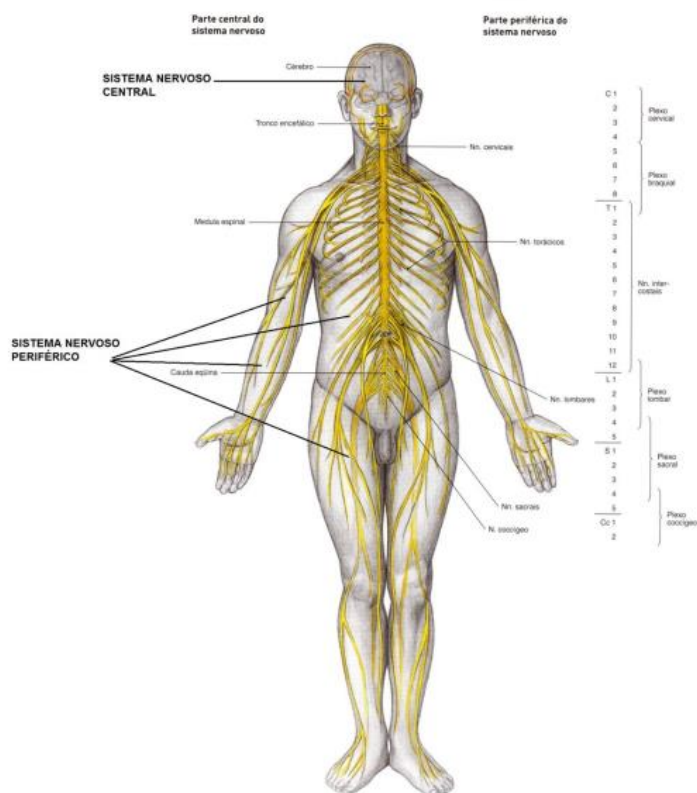
Fonte: SOBOTTA, Atlas de Anatomia Humana, volume 2 / editado por R. Putz e R.

Pabst, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

## SISTEMA NERVOSO

O **sistema nervoso** age sobre a maioria das funções do nosso corpo através do controle das contrações dos músculos esqueléticos, músculos lisos dos órgãos internos. O sistema nervoso anatomicamente se ramifica em **sistema nervoso central e sistema nervoso periférico**.

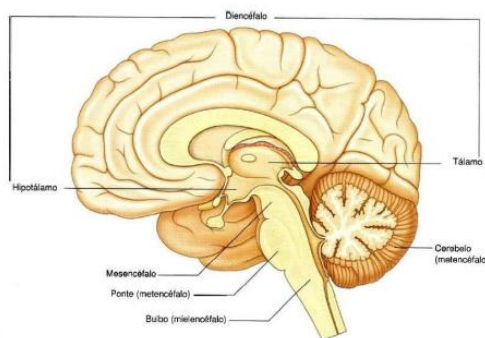
O sistema nervoso central é composto pelo encéfalo e pela medula espinhal, estruturas protegidas respectivamente pelo crânio e pela coluna vertebral, que compõe o **esqueleto axial**. O cérebro divide-se em duas partes simétricas (**hemisférios direito e esquerdo**) e quase todos os impulsos tanto sensitivos como motores, respondem do lado oposto (contralateral) de onde partiu o impulso.



**Figura 9.** Sistema Nervoso

Fonte: SOBOTTA, Atlas de Anatomia Humana, volume 1 / editado por R. Putz e R. Pabst, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

O encéfalo humano possui cerca de 35 bilhões de neurônios e pesa aproximadamente 1,4 quilogramas. O encéfalo corresponde ao cérebro (hemisférios cerebrais), diencefalo que se divide em: tálamo e hipotálamo, cerebelo e tronco cefálico, que se divide em: bulbo, mesencéfalo e ponte. Nessas regiões, situam-se as sedes da memória e dos nervos sensitivos e motores.



**Figura 10.** Encéfalo humano.

Fonte: Gray's Anatomia clínica para estudantes /Richard L. Drake, Wayne Vogl, Adam W. M. Mitchell; ilustrações Richard Tibbitts e Paul Richardson. - Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

A superfície do **cérebro** apresenta várias depressões chamadas sulcos cerebrais, que delimitam várias circunvoluções córtex cerebral. A palavra córtex vem do latim e significa "casca", isto porque o córtex é a camada mais externa do cérebro e sua espessura varia de 2 a 6 mm.

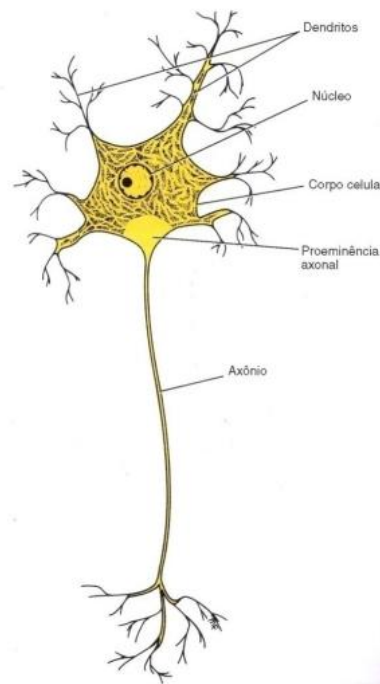
A palavra **cerebelo** vem do latim para "pequeno cérebro". O cerebelo fica localizado ao lado do tronco encefálico. É ele quem controla os movimentos, a tonicidade muscular e participa da manutenção do equilíbrio do corpo.

O **tronco encefálico** liga todas as partes do encéfalo à medula espinhal. Podemos destacar três funções gerais do tronco encefálico: **primeiro**, ele recebe informações sensitivas de estruturas cranianas e controla os músculos da cabeça; **segundo**, contém circuitos nervosos que transmitem informações da medula espinhal até outras regiões encefálicas e, em direção contrária, do encéfalo para a medula espinhal (lado esquerdo do cérebro controla os movimentos do lado direito do corpo; lado direito de cérebro controla os movimentos do lado esquerdo do corpo); e por fim o **terceiro**, regula a atenção.

A **medula espinhal** é composta por uma massa cilíndrica de tecido nervoso, envolvida pela coluna vertebral. Dela emergem trinta e um par de nervos espinhais, à

direita e à esquerda, que inervam o pescoço, tronco e membros, ligando o encéfalo ao resto do corpo e vice-versa. Por meio dessa rede de nervos, a medula se conecta com as várias partes do corpo, recebendo e enviando mensagens do e para o cérebro, transmitindo-as para as várias partes do corpo. Nossa medula espinhal possui a forma de um cordão com aproximadamente 40 cm de comprimento, e age como centro nervoso de atos involuntários e também como veículo condutor de impulsos nervosos.

Os **neurônios** são a unidade funcional básica do sistema nervoso. São as células responsáveis pela recepção e transmissão dos estímulos do meio (interno e externo), que possibilitam ao organismo a execução de respostas adequadas para a relação com o meio ambiente, como para a manutenção da estabilidade corporal. Essas células apresentam duas regiões principais: os dendritos e o axônio.



**Figura 11.** Estrutura de um neurônio.

Fonte: SNELL, Richard S. Neuroanatomia clínica. 7ª. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2011.

Do **sistema nervoso central** partem os prolongamentos dos neurônios, formando feixes chamados nervos, que constituem o **Sistema Nervoso Periférico**.

Chamamos de **nervo**, a reunião de várias fibras nervosas. Em nosso corpo existe um número muito grande de nervos, distribuídos de forma de rede nervosa.

## BIOMECÂNICA

A biomecânica é derivada das ciências naturais, que utilizam análises físicas dos diferentes sistemas biológicos, incluindo o movimento do corpo humano. O seu objetivo é analisar o movimento em diferentes aspectos.

### Princípios mecânicos para análise biomecânica

**Cinemática:** Cinemática é o ramo da mecânica que descreve o movimento de um corpo sem se preocupar com as forças ou os torques que podem produzi-lo. De modo geral, existem dois tipos de movimento: translação e rotação.

### FORMAS DE MOVIMENTOS: TRANSLAÇÃO E ROTAÇÃO

A **translação** descreve um **movimento linear**, sendo que todas as partes de um corpo se movem paralelamente a todas as outras e na mesma direção. Pode ocorrer em linha reta (retilínea) ou em curva (curvilínea).

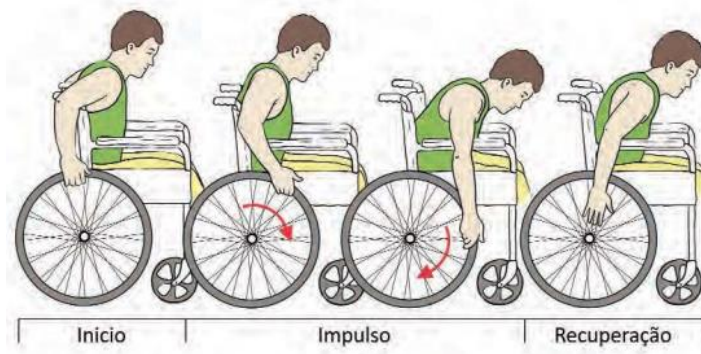
A **rotação** é definida como movimento em que um corpo rígido se move de forma circular ao redor de um pivô central, o qual é tido como eixo de rotação para o movimento angular. Para a maioria das articulações, o **eixo de rotação** está situado no interior das **articulações**.



**Figura 12.** Representação dos movimentos de rotação articular e deslocamento linear.

Fonte: Adaptado de HAMILL, et al., 1999.



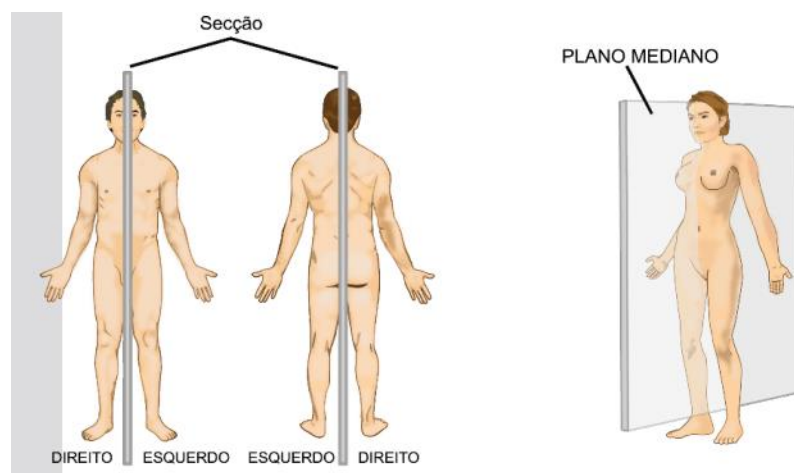


**Figura 13.** Representação do movimento geral em um cadeirante (rotação e translação).  
 Fonte: Adaptado de HAMILL, et al., 1999.

### Planos e eixos de movimento

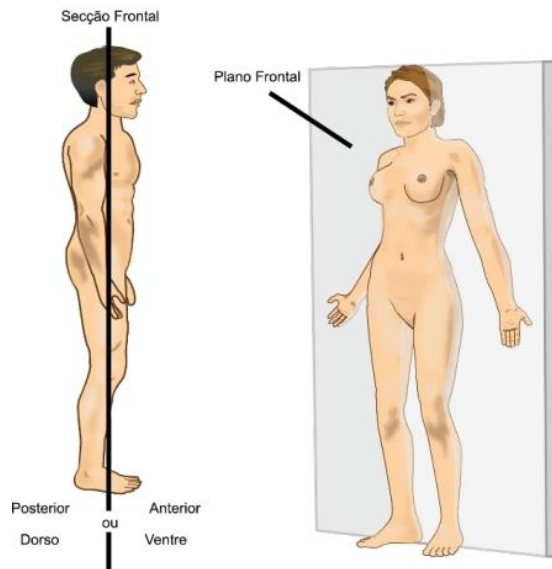
O movimento dos segmentos corporais ocorre em três planos anatômicos, também conhecidos como planos cardinais, a saber: plano sagital, plano frontal e plano transversal.

- **Plano sagital:** divide o corpo em direito e esquerdo;
- **Plano frontal (ou coronal):** divide o corpo em anterior e posterior;
- **Plano transversal (ou horizontal):** divide o corpo nas porções superior e inferior.

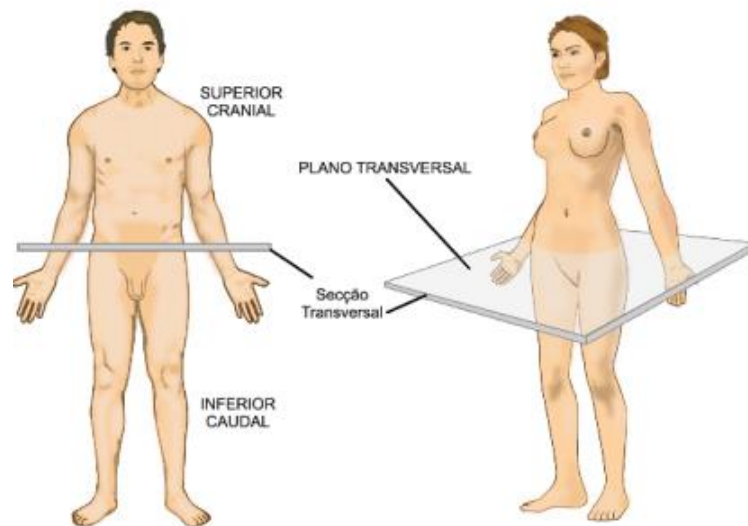


**Figura 14.** Representação do plano sagital, que divide o corpo humano em esquerdo e direito.

Fonte: ANDRADE FILHO, E.P.; PEREIRA, F.C.F. Anatomia Geral. INTA - Instituto Superior de Teologia Aplicada, 1ª edição, Sobral/2015.



**Figura 15.** Representação do plano frontal em ventral (anterior) e dorsal (posterior).  
 Fonte: ANDRADE FILHO, E.P.; PEREIRA, F.C.F. Anatomia Geral. INTA - Instituto Superior de Teologia Aplicada, 1ª edição, Sobral/2015.



**Figura 16.** Representação do plano transversal, esse corte divide o corpo humano horizontalmente ao meio.  
 Fonte: ANDRADE FILHO, E.P.; PEREIRA, F.C.F. Anatomia Geral. INTA - Instituto Superior de Teologia Aplicada, 1ª edição, Sobral/2015.

Os conteúdos de física a serem trabalhados nas próximas seções são baseados nas seguintes referências:

BONJORNO; R.A.; et al. Física Completa: volume único. 2 ed. São Paulo, 2001.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física 1, 8. ed. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora S/A, 2008.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de física, volume I: mecânica. Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. - Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HEWITT, P. G. Física conceitual. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

## FORÇA

Quando ocorre uma interação entre corpos, pode acontecer uma mudança na velocidade, deformações ou ambos os fenômenos. Os efeitos dessas variações ou deformações são chamados de **forças** (Figura 19). Sempre que tentamos empurrar, levantar, amassar, puxar ou atirar algum objeto, o conceito de força se manifesta pela sensação do esforço muscular desenvolvido nestes atos.



**Figura 17.** Exemplos de manifestação de força.

Fonte: <<https://encrypted->

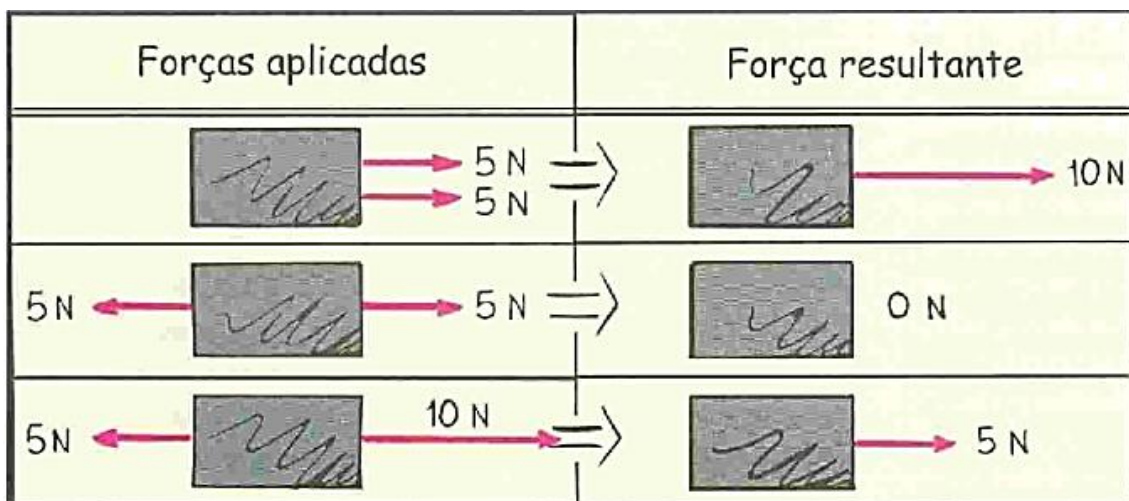
[tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcT6gZQ3TJm1uUjsn4yawiq\\_D7uIFBE6E8yiS46lvweb3BAAtUu1n&s](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcT6gZQ3TJm1uUjsn4yawiq_D7uIFBE6E8yiS46lvweb3BAAtUu1n&s)>. Acesso em: 22 de maio 2021.

Força é uma grandeza vetorial, ou seja, além da sua intensidade (valor numérico, módulo) devemos identificar a sua orientação (direção e sentido). Logo, ela é representada por um vetor. Sua unidade no Sistema Internacional é o newton ( $N = \text{kg/ms}^2$ ), em homenagem ao físico inglês Sir Isaac Newton.

### Força resultante

Seja um objeto na qual estão atuando várias forças. Esse sistema de forças pode ser mudado por uma única força, a **força resultante**, que é capaz de produzir no objeto o mesmo resultado que todas as forças aplicadas.

Segundo Hewitt (2002) “Por exemplo, se você e seu amigo puxam um objeto na mesma direção com forças iguais, as forças dos dois se combinam para realizar uma força resultante duas vezes maior do que uma única força. Se cada um de vocês puxar com forças iguais em sentido opostos, a força resultante é nula. As forças iguais, mas orientadas em sentidos opostos, cancelam-se mutuamente. Uma delas pode ser a negativa da outra, e elas se somam algebricamente para dar um resultado que é zero – uma força resultante nula”.



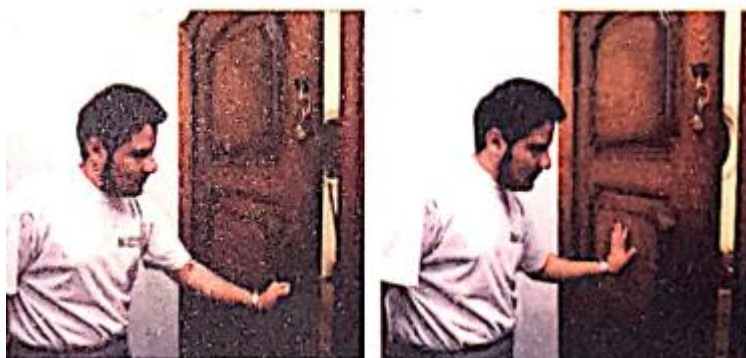
**Figura 18.** Forças aplicadas e forças resultantes.

Fonte: HEWITT, P. G. Física conceitual. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

## Torque

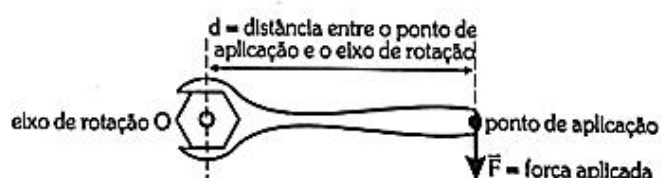
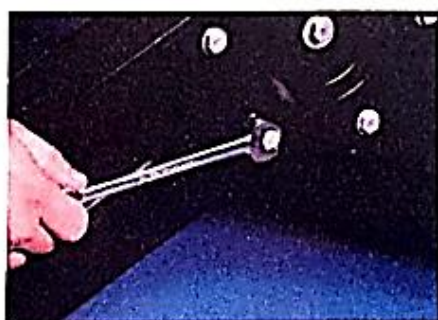
O torque ou momento de uma força ocorre quando há uma variação na velocidade de rotação de um corpo, conseqüentemente acarretando uma variação na velocidade angular. É uma força encarregada pela alteração da velocidade de rotação. Quando um corpo precisa ser girado é utilizado sobre ele um momento de força, um torque.

O torque, cuja palavra deriva do latim, que significa “torcer”, pode ser representada como a ação girar ou torcer de uma força  $\vec{F}$ . Quando inserimos uma força sobre um objeto com o auxílio de uma chave de fenda ou uma chave de grifa, tendo como objetivo fazê-lo girar, estamos aplicando um torque. A unidade de torque no SI (Sistema Internacional de Unidades) é o newton-metro (N.m).



**Figura 19.** Torque.

Fonte: BONJORNO; R.A.; et al. Física Completa: volume único. 2 ed. São Paulo, 2001.



**Figura 20.** Força aplicada em uma chave.

Fonte: BONJORNO; R.A.; et al. Física Completa: volume único. 2 ed. São Paulo, 2001.

## Primeira Lei de Newton ou Lei da Inércia

Vamos pensar em um corpo que não está submetido a nenhuma força, nesta situação esse corpo não irá sofrer nenhuma variação de velocidade, ou seja, que se ele está parado, continuará parado e, se estiver em movimento, continuará em movimento e sua velocidade ficará constante.

De acordo com Bonjorno; et al, (2001) “todos os corpos são “preguiçosos” e não desejam modificar seu estado de movimento: se estão em movimento, querem continuar em movimento; se estão parados, não querem se mover. Essa “preguiça” é chamada pelos físicos de inércia e é características de todos os corpos dotados de massa”.

O princípio da inércia pode ser observado no movimento de um ônibus (Figura 21). Quando o ônibus “arranca” a partir do repouso, os passageiros tendem a se deslocar para trás, resistindo ao movimento. Da mesma forma, quando o ônibus já em movimento freia, os passageiros deslocam-se para a frente, pois tendem a continuar com a velocidade que possuíam.



**Figura 21.** Inércia.

Fonte: <[https://lh3.googleusercontent.com/proxy/L5i9HPpfeuo3WCSYCxH8P8Igi2ccMYMDhGtGymBhow4EI0z-Qt8h3waKSqlluS9Aush0J84a\\_uO-AMGvMdqsnvr5mnRazl7QaPK1TTL1I7PDfkDeWro2xpguwylLQVB1pc5i3cO](https://lh3.googleusercontent.com/proxy/L5i9HPpfeuo3WCSYCxH8P8Igi2ccMYMDhGtGymBhow4EI0z-Qt8h3waKSqlluS9Aush0J84a_uO-AMGvMdqsnvr5mnRazl7QaPK1TTL1I7PDfkDeWro2xpguwylLQVB1pc5i3cO)>. Acesso em: 22 de maio 2021.

## Peso e massa

Para determinar uma porção de matéria que um corpo possui, usamos o termo **massa**. Quanto maior for a massa do objeto, maior vai ser sua inércia. A massa é uma medida da inércia de um objeto material, já o **peso** está relacionado com a força que age sobre o objeto devido à gravidade.

A massa e o peso são diretamente proporcionais entre si. Se a massa de um objeto aumenta, seu peso também aumenta; se a massa torna-se duas vezes menor, o mesmo acontece para o peso do objeto.

No Sistema Internacional de unidades a massa tem como unidade padrão o quilograma (Kg).

Na superfície da terra, utilizamos o valor aproximado de  $9,8 \text{ m/s}^2$  para o módulo da aceleração da gravidade ( $\vec{g}$ ), sendo que essa aceleração diminui à medida que nos afastemos da superfície do planeta.

Sendo  $m$  a massa do corpo e  $\vec{g}$  a gravidade, podemos obter o peso ( $\vec{P}$ ) do corpo:

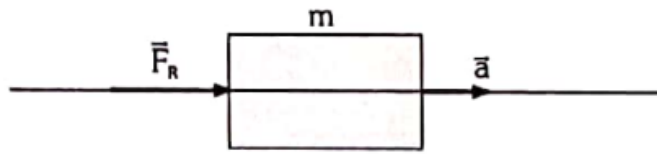
$$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$$

O peso do corpo é uma grandeza vetorial que possui direção vertical apontado para o centro da Terra e cuja intensidade varia com o valor local da aceleração da gravidade.

## Segunda Lei de Newton

Este princípio determina um equilíbrio entre a força e aceleração. Um ponto material de massa  $m$  é submetido a uma força resultante  $\vec{F}_{res}$  e obtém uma aceleração  $\vec{a}$  na mesma direção e sentido da força. Dessa forma obtemos:

$$\vec{F}_{res} = m \vec{a}$$



**Figura 22.** Segunda lei de Newton.

Fonte: BONJORNO; R.A.; et al. Física Completa: volume único. 2 ed. São Paulo, 2001.

A segunda lei de Newton nos diz que a resultante das forças que atuam em um corpo é igual ao produto de sua massa pela aceleração adquirida. E a unidade da força se dá em newton (N), de acordo com o Sistema Internacional de unidades (SI).

$$1 N = 1 Kg \cdot 1 \frac{m}{s^2}$$

### Terceira Lei de Newton

A terceira lei de newton estabelece que toda ação corresponde a uma reação, com a mesma intensidade, porém em sentidos opostos.

Pensamos em dois patinadores, A e B. Se A exerce uma força  $\vec{F}_A$  em B, este simultaneamente, reage e exerce uma força  $\vec{F}_B$  em A.

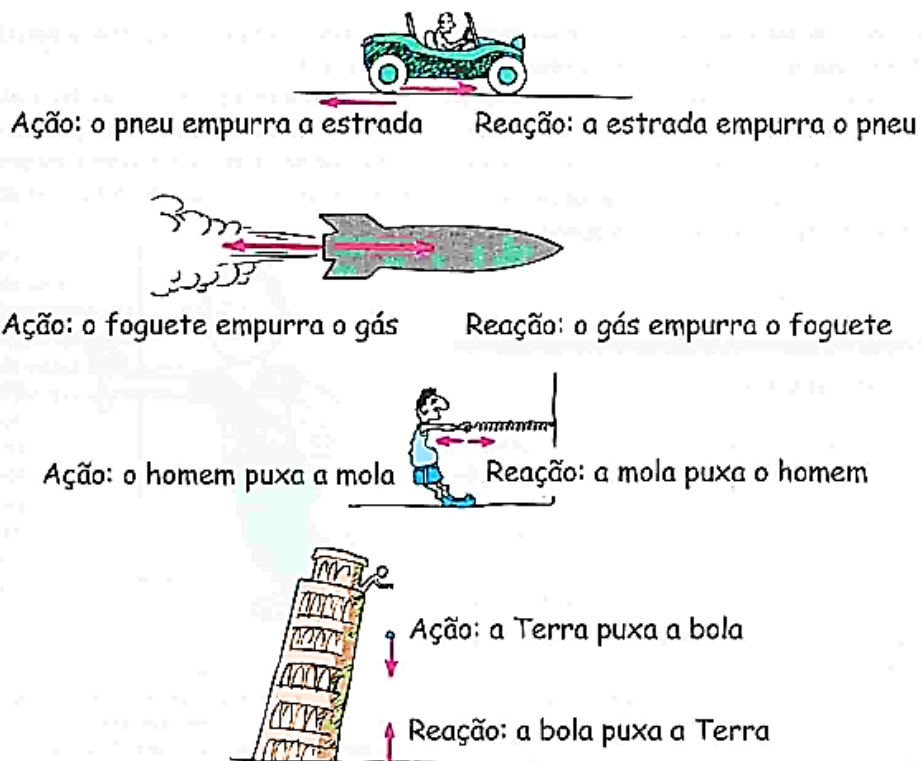


**Figura 23.** Ação e reação.

Fonte: BONJORNO; R.A.; et al. Física Completa: volume único. 2 ed. São Paulo, 2001.



Segundo a terceira lei de Newton, as forças de ação e reação retratam primeiramente que a forças  $\vec{F}_A = \vec{F}_B$ , possuem a mesma intensidade e também a mesma direção (horizontal). E, por fim, essas forças possuem sentidos contrário,  $\vec{F}_A = -\vec{F}_B$ , (o sinal negativo indica que são forças de sentidos opostos). Apesar que as forças de ação e reação terem o mesmo módulo, os resultados produzidos por elas dependerão da massa e das propriedades de cada corpo.



**Figura 24.** Exemplos de ação e reação.

Fonte: HEWITT, P. G. Física conceitual. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

## Máquinas simples

Para levantar e mover grandes pesos acima de sua capacidade muscular, o homem criou instrumentos que facilitam sua ação, ampliando a força aplicada. Esses instrumentos são denominados de máquinas simples. A máquina simples mais comum é a alavanca.

## Sistema de alavancas

No corpo, as **forças internas e externas** produzem torques por meio de um sistema de **alavancas ósseas**. Uma alavanca é uma máquina simples, composta por um bastão rígido suspenso por um ponto de pivô. A alavanca tem por função converter uma força linear em torque rotatório. O torque muscular é o produto entre a força muscular e o comprimento do braço de momento.

As forças mais importantes envolvidas nas alavancas musculoesqueléticas são aquelas geradas por músculos, pela gravidade e pelo contato físico com o ambiente.

As alavancas são classificadas em três categorias, cada uma possuindo características próprias e vantagens em relação a equilíbrio, força e velocidade: a alavanca de primeira classe ou interfixas (alavanca de equilíbrio), alavanca de segunda classe ou inter-resistentes (alavanca de força) e alavanca de terceira classe ou interpotente (alavanca de velocidade) (LIBERALI; VIEIRA, 2016).



**Figura 25.** Alavanca interfixa, inter-resistente e interpotente.

Fonte: <[https://2.bp.blogspot.com/-MpwWZ5pztLM/WAi4diDohgl/AAAAAAAAAFPI/P-cl1ukNyfEQAP9VzV\\_J9ruTqNJI3Wv9ACLcB/s640/Q42%2BF03.png](https://2.bp.blogspot.com/-MpwWZ5pztLM/WAi4diDohgl/AAAAAAAAAFPI/P-cl1ukNyfEQAP9VzV_J9ruTqNJI3Wv9ACLcB/s640/Q42%2BF03.png)>. Acesso em: 22 de maio 2021.

**Interfixa** – o apoio encontra-se entre a força e a resistência. Podemos encontrar essa alavanca no corpo humano, no movimento do músculo tríceps. Esse modelo de alavanca é o mais apropriado para transmitir velocidade e pouca força;

**Interpotente** – a força atua entre o ponto de apoio e a resistência. É o caso do músculo bíceps. Essa alavanca é um dos tipos mais comuns no corpo humano. Os músculos se encontram próximos à articulação e permitem a execução de movimentos rápidos e amplos, embora com sacrifício da força;

**Inter-resistente** – a resistência encontra-se entre o ponto de apoio e a força. É o caso dos músculos da face posterior da perna, que se unem ao calcanhar e proporcionam a suspensão do corpo na ponta dos pés. Esse exemplo de alavanca sacrifica a velocidade para ganhar força.

As alavancas mais existentes no corpo humano são as alavancas interfixas, que se encontram nas articulações posturais do organismo, e as interpotentes, essenciais nos movimentos do esqueleto humano.



**Figura 26.** Alavancas no corpo humano.

Fonte: <<https://files.passeidireto.com/bcb23d55-9a8b-4010-9b9b-cba1abde5848/bg3.png>>. Acesso em: 22 de maio 2021.

## Produção dos modelos de próteses para membros inferiores em bonecas.

A produção dos modelos de próteses para bonecas foi o problema proposto aos alunos na aplicação do projeto. Os materiais utilizados e sua confecção partiram de estudos e criação dos próprios alunos.

### Materiais utilizados

Quatro bonecas com quatro graus de amputação diferentes.

- Amputação transfemoral (amputação da coxa);
- Desarticulação do joelho;
- Amputação transtibial (amputação da panturrilha);
- Amputação de pé;



**Figura 27.** Foto das quatro bonecas com os quatro diferentes tipos de amputações.

Materiais para a confecção das próteses.

- Massinha de modelar;
- Massa de biscuit;
- Argila;
- Tinta (para acabamentos e personalização);

- Fio de cobre, para articulações;
- Molas de diferentes materiais, para construir a articulação do joelho;
- Papel alumínio, para colocar no coto da boneca, para depois da prótese pronta poder tirar da boneca;
- Palito de madeira.

## **Produção**

Primeiramente, obter as quatro bonecas e submeter cada uma a um grau de amputação diferente. Após as bonecas já amputadas, se torna necessário a introdução das bonecas durante as aulas, para que os alunos já se tornem familiarizado com o problema proposto.

Quando iniciar a parte da produção dos protótipos de próteses, divida a turma em grupos, com a quantidade de bonecas disponível. Nesse projeto, a turma foi dividida em quatro grandes grupos.

Com os grupos divididos, distribua as bonecas. Cada aluno será responsável pela produção de um protótipo de cada grau de amputação. Após todos dos grupos terminarem de produzir o seu protótipo, será necessário a troca de bonecas com o outro grupo que já terminou também a sua produção.

Para que consigam retirar a prótese do coto da boneca e outro aluno possa confeccionar a sua prótese, é necessário o envelopamento do coto com papel alumínio, para que a massinha escolhida pelo aluno para a produção do seu modelo não fique colada na boneca.

As próteses para a bonecas dos graus de amputação transtibial (amputação da panturrilha) e de amputação de pé são um pouco mais rápidas de produzir, pois não há a necessidade de produção de uma articulação. Para as próteses da amputação transfemoral (amputação da coxa) e da desarticulação do joelho existe a obrigação de produzir uma articulação de joelho no protótipo. Essa articulação pode ser feita com pequenas molas coladas no copo das próteses ou como um engate com fio de cobre, fazendo a união do copo com o restante da perna da prótese.

Após todas os modelos de próteses serem fabricados, elas devem ser deixadas para secar e, após isso, começar a personalização dos modelos. Nesta etapa, os

alunos poderão desfrutar ainda mais de sua imaginação para conseguir personalizar os quatro protótipos de próteses produzidos por eles.

## Produção Textual

Este trabalho é uma apresentação concisa do conteúdo, vídeos e textos, destacando-se os elementos mais importantes e a sua opinião.


## Conclusão

Este material de apoio ao professor de Ciências foi confeccionado com o intuito de auxiliar a prática pedagógica, oferecendo um passo a passo para a implementação dessa proposta didática.

Neste produto, buscou-se introduzir temas de biologia e física relacionados ao Sistema Locomotor, por meios de textos e vídeos, preparando os alunos para a resolução do problema proposto no projeto, que foi a criação de protótipos de próteses de membros inferiores para bonecas. Para isso, utilizou-se a metodologia PBL - Aprendizagem Baseada em Problemas, que foca na construção de soluções para problemas a partir de conhecimentos obtidos pelos estudantes.

Esta proposta foi dividida em sete momentos, cada momento possuindo o seu próprio objetivo. Iniciou-se o primeiro momento com a apresentação do projeto e a realização do questionário de conhecimento prévio. O segundo momento se deu com a inserção dos vídeos da olimpíadas e paraolimpíadas. No terceiro momento foi utilizado texto e um vídeo relacionados a próteses. O quarto momento foi destinado aos conteúdos de biologia e física relacionados ao sistema locomotor. O quinto momento foi de estudo sobre a história e evolução das próteses de membros inferiores e a produção textual. No último momento ocorreu a produção dos modelos de próteses de membros inferiores para bonecas.

Quanto à importância desse produto, acredito que esse tema vai auxiliar bastante o professor de ciências na busca de novos artifícios a serem trabalhados na sala de aula e a autonomia do estudante.



## Referências Bibliográficas

ANDRADE FILHO, E.P.; PEREIRA, F.C.F. Anatomia Geral. INTA - Instituto Superior de Teologia Aplicada, 1ª edição, Sobral/2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde. Departamento de Gestão da Educação na Saúde. Projeto de Profissionalização dos Trabalhadores da Área de Enfermagem. 2. ed. rev., 1.a reimpr. - Brasília: Ministério da Saúde; Rio de Janeiro: Fiocruz, 2003.

BONJORNO; R.A.; et al. Física Completa: volume único. 2 ed. São Paulo, 2001.

CAMARA, M. ANATOMIA E FISIOLOGIA HUMANA. Instituto Formação. Cursos Técnicos Profissionalizantes, 2014.

CORRÊA, M.C.S.M. Anatomia e Fisiologia. Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia - Paraná - Educação a Distância, e- Tec. 2011.

FINOCCHIARO, José et al. Manual de Prevenção das Lombalgias. São Paulo, Lex Editora, 1978.

GRAY'S Anatomia clínica para estudantes /Richard L. Drake, Wayne Vogl, Adam W. M. Mitchell; ilustrações Richard Tibbitts e Paul Richardson. - Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física 1, 8. ed. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora S/A, 2008.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de física, volume I: mecânica. Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. - Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HEWITT, P. G. Física conceitual. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

IIDA, Itiro. Ergonomia – projeto e produção. São Paulo: Edgard Blucher, 1990. 465 p.

LACERDA, R.A.M.V. Apostila de anatomia e fisiologia humanas. Faculdade e Escola Técnica Egídio José da Silva - FATEGÍDIO, 2009.

LIBERALI, R.; VIEIRA, S.P. Cinesiologia e biomecânica. UNIASSELVI, 2016.

SNELL, Richard S. Neuroanatomia clínica. 7<sup>a</sup>. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2011.

SOBOTTA, Atlas de Anatomia Humana, volume 2 / editado por R. Putz e R. Pabst, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.