UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

"Produção de material didático sob a perspectiva do Ensino por Investigação que utiliza as aves como modelo de estudo"

Beatriz Azevedo Cezila

Monografia apresentada ao Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como parte das exigências para a obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

RIBEIRÃO PRETO – SP

2016

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

"Produção de material didático sob a perspectiva do Ensino por Investigação que utiliza as aves como modelo de estudo"

Beatriz Azevedo Cezila

Monografia apresentada ao Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como parte das exigências para a obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

Nome do orientador: Prof. Dr. Marcelo Tadeu Motokane

RIBEIRÃO PRETO – SP

2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, por sempre me apoiarem em minhas decisões e ações, me permitindo seguir estritamente na Biologia por todos esses anos; sem eles, nada do que fiz antes ou durante minha graduação teria sido possível. Agradeço a meu orientador, Marcelo Tadeu Motokane, por todos os anos de apoio, tanto neste trabalho como em tantos outros. Agradeço à Ana Carla de Aquino, que reacendeu meu desejo de trabalhar com aves, me dando diversas oportunidades para isso. Agradeço a meus amigos, por sempre me ajudarem nos momentos de dificuldade, dúvida e descontração, sempre bem-vinda e necessária. Agradeço ao membros do Laboratório de Ensino de Biologia e do PIBID pelas discussões e anos de trabalho em conjunto. Por fim, agradeço a todas as minhas professoras e professores por todo o tempo e carinho, me permitindo construir e ser o que sou hoje.

“Conhecer, saber mais da interessantíssima vida das aves, é o primeiro passo para estimular o sentimento de conservar a natureza [...]”. (Helmut Sick, 1982)

RESUMO

O ensino se tornou monótono, com apenas aulas expositivas sendo utilizadas para ensinar praticamente qualquer conteúdo. Isso vem se provando ineficiente com o aumento do desinteresse, desconhecimento e evasão dos estudantes. O Ensino por Investigação procura ser um método alternativo às aulas tradicionais hoje amplamente ministradas, trazendo uma abordagem investigativa para a sala de aula, com a resolução de problemas através da utilização de diferentes estratégias de ensino. O presente trabalho tem por objetivo a produção de um material didático sob a perspectiva do Ensino por Investigação que utilize as aves como modelo explicativo. Foram produzidas cinco aulas a partir deste método, visando a Alfabetização Científica dos estudantes.

Palavras-chave: Alfabetização Científica, Ensino por Investigação, interdisciplinar, material didático, aves.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 5
DESENVOLVIMENTO..... 8
Aula 1 – O que é uma ave?..... 8
Aula 2 – Entendendo o voo das aves 13
Aula 3 – Penas, asas e o voo planado..... 18
Aula 4 – Para além da sustentação: arrasto, tração e gravidade. 25
Aula 5 – Sistematizando 33
CONCLUSÃO..... 34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 35
ANEXO.....37

INTRODUÇÃO

A educação sofreu diversas mudanças ao longo dos anos, assim como as escolas e o próprio ensino. De uma atividade quase de mímica, com discípulos, alunos ou filhos imitando determinadas habilidades que lhe seriam necessárias para sobreviver, para uma atividade de ensino do pensamento, para outra do ensino do que já havia sido feito pelas gerações passadas, até os dias de hoje, com o ensino de determinados conhecimentos selecionados por serem considerados como importantes e essenciais. Como não é mais possível se ensinar tudo a todos, adotou-se um método de ensino por áreas, e dentro dessas das coisas mais importantes. Esse ensino dividido acaba por gerar um conhecimento também dividido dentro da cabeça dos estudantes, que se tornam incapazes de relacionar o átomo da química ao átomo da física ao da biologia. Além disso, como o número de pessoas a serem ensinadas aumentou, se adotou (quase que de forma universal) um ensino expositivo, no qual o chamado aluno é um receptor raso de conhecimento e o professor o detentor do conhecimento e que irá transferi-lo para esses alunos.

Um dos grandes problemas do ensino, e consequentemente das escolas, é a "falta de interesse" dos estudantes, a "incapacidade" da maioria de compreender conteúdos considerados básicos e a consequência disso que é a evasão. Isso é algo claro para todos que tem relação com a área; o que geralmente não está claro é a causa disso tudo: os que ensinam. Sempre se culpa o estudante, sua família, seu ciclo social, sua origem; nunca se culpa o método de ensino, o professor, a instituição. As épocas mudam, e a mentalidade e o mundo dos estudantes também. Logo, é de se esperar que métodos utilizados 60, 50 ou até 10 anos atrás já não serão tão ou nada efetivos.

Ao se ensinar ciência, deve-se entender como ela é construída, ou seja, o método científico. Quando se pretende ensinar ciências de uma forma expositiva e completamente teórica, a chance de se falhar é grande, pois não é assim que cientistas trabalham. Observação, levantamento de hipóteses, testes dessas hipóteses, experiências, coleta de dados, análise desses dados... todas essas atividades são importantes, tanto para que faz ciência quanto para quem aprende a fazê-la. Um método interessante que foi desenvolvido para essa finalidade é o Ensino por Investigação voltado para a Alfabetização Científica.

O Ensino por Investigação se refere ao uso da abordagem investigativa no ensino de ciências, e geralmente é utilizando dentro de uma Sequência Didática, nesse caso chamada de Sequência Didática Investigativa (SDI), que é definida por Carvalho (2013. p. 9) como:

> Nesse contexto teórico é que propomos as sequências de ensino investigativas (SEIS), isto é, sequência de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada atividade é planejada, do ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores.

Para a produção de uma sequência investigativa, sigo a estrutura proposta também por Carvalho (2013), com a apresentação de um problema inicial, sendo contextualizado e dando subsídios para sua resolução, que após feita é seguida por uma sistematização, seja ela oral, escrita ou em forma de desenhos, gráficos, tabelas, etc. A avaliação nesses casos é feita durante toda a atividade, e também ao se analisar a própria sistematização feita pelos estudantes.

Dentro de uma abordagem investigativa, a Alfabetização Científica se torna o objetivo. Essa expressão tem alicerce na definição de alfabetização de Paulo Freire:

> "...a alfabetização é mais que o simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrever e de ler. É o domínio destas técnicas em termos conscientes. (...) Implica numa auto formação de que possa resultar uma postura interferente do homem sobre seu contexto." (p.111, 1980)

Alfabetização Científica (AC) é o "ensino de Ciências preocupado com a formação cidadã dos alunos para ação e atuação em sociedade", ou seja, ele "almeja a formação cidadã dos estudantes para o domínio e uso dos conhecimentos científicos e seus desdobramentos nas mais diferentes esferas de sua vida" (Sasseron & Carvalho, 2011). Assim como mostrado por Sasseron, diversos autores ao longo dos anos vem discutido a ideia de AC e o que se necessita para que ela seja efetivada. Assim como mencionado por Hurd (1998), um dos pontos é a contextualização, no qual o estudante deve enxergar a aplicação de determinado conhecimento na sociedade, já que a "sociedade depende dos conhecimentos que a ciência constrói, é preciso que esta mesma sociedade saiba mais sobre a ciência em si e seus empreendimentos" (Spencer, 1859), concordando assim com Wilkinson (1847), que comenta a falta de mostrar a aplicação dos trabalhos científicos, o que torna a compreensão deles mais difícil.

Em 1966, Pella e colaboradores chegaram à conclusão que, para uma pessoa ser considerada alfabetizada cientificamente, ela deve:

- Ter conhecimento das relações entre Ciência e Sociedade;

- Saber sobre a ética que monitora o cientista;
- Conhecer a natureza da ciência;
- Diferenciar Ciência e Tecnologia;
- Possuir conhecimento sobre conceitos básicos das ciências;
- Perceber e entender as relações entre as ciências e as humanidades.

Então, uma Sequência Didática Investigativa que almeja a Alfabetização Científica dos estudantes deve proporcionar um ensino interessante, envolvente, capaz de despertar o interesse dos alunos pela Ciência e de capacitá-los a entendê-la e criticá-la, inclusive dentro de suas aplicações na sociedade.

Num contexto em que se almeja a AC e que se valoriza as etapas utilizadas na ciência, um modelo de estudo se faz necessário para se estudar fenômenos da área da Biologia. As aves são um grupo de animais de fácil observação, mesmo dentro de grandes centros urbanos. Muitas espécies são diurnas e permitem grande aproximação, principalmente em locais com atrativos (como comedouros) e frequentado por pessoas. O contato com as aves é uma experiência que possui caráter lúdico, sensorial, prático e experimental, que sensibiliza as pessoas e modifica sua interação com as aves e com o meio ambiente, sendo possível de ser utilizada com qualquer faixa etária (Santos & Praça, 2015). A prática de *birdwatching* (em tradução livre, observação de aves) é amplamente difundida em outros países, como os Estados Unidos, onde um dos melhores em produção de material didático e cursos voltados à educação ambiental e cursos para formação de professores nessa área é o Cornell Lab of Ornithology, da Cornell University, que também disponibiliza vários materiais de forma gratuita (http://www.birdsleuth.org/free-resources/). No Brasil, são poucas as inciativas na área da educação, principalmente dentro do ensino básico, que propõem a observação de aves como parte do ensino (Carrilho & Batista, 2007, Oliveira & Soares, 2013, Bobato, 2013, Nogueira *et al*, 2015, Oliveira *et al*, 2012, Guedes & Gimenez, __). Material didático com esse tipo de proposta e que esteja disponível de forma gratuita é inexistente em português, e os materiais que poderiam ser utilizados para tal tem que ser adaptados pelas pessoas que queiram se utilizar dessa prática, como os Guias de Campo (muitas vezes sendo caros e pouco adequados para iniciantes) e sites como o Wikiaves (www.wikiaves.com.br).

Levando em consideração o apresentado acima, este trabalho teve por objetivo a produção de um material didático que utilizasse as aves como animal de estudo e modelo

explicativo para fenômenos biológicos, e a disponibilização desse material de forma gratuita para ser utilizado por professores de escola básica.

DESENVOLVIMENTO

Foram produzidas cinco aulas, sendo uma aula introdutória intitulada “O que é uma ave?” e quatro sequenciais com o tema interdisciplinar biologia-física na comparação do voo de aviões e aves, intituladas “Entendendo o voo das aves”, “Penas, asas e voo planado”, “Para além da sustentação: arrasto, tração e gravidade” e “Sistematizando”. As aulas foram pensadas para serem ministradas a alunos de ensino médio, mas dependendo da proposta do professor e dos conhecimentos prévios dos alunos as aulas podem ser ministradas também nos anos finais do ensino fundamental.

Aula 1 – O que é uma ave?

A primeira aula tem como finalidade o entendimento do estudante do que é uma ave, como reconhecer uma e quais características são inerentes do grupo, trazendo também conceitos complementares como animal silvestre, indivíduo e espécie, caracteres morfológicos e evolução do grupo Teropoda com origem das aves. Nesta aula também são trabalhadas habilidades de construção e análise de tabelas e autonomia na busca de informações com o uso de tecnologia, principalmente o aparelho celular.

No início é apresentado um texto de introdução, que pretende chamar a atenção e direcionar o leitor para o assunto que será abordado, frisando a facilidade de observação desses animais e que geralmente passam despercebidos. É importante dar a oportunidade ao estudante de interagir com o que está estudando na medida do possível, sendo um facilitador para que ele crie interesse pelo assunto. Dentro da Biologia, mais especificamente na Zoologia de Vertebrados, todo o contato que os alunos têm com o animal estudado é pelas fotografias dos livros didáticos; dar a chance de observar e interagir com o animal vivo, em seu ambiente natural, estimula o interesse e a curiosidade pelo animal. Por isso, é utilizada uma atividade de observação, estratégia amplamente utilizada em países como Estados Unidos, mas pouco difundida no Brasil, que possui o nome de *birdwatching* (observação de aves). Ao realizar essa observação e o preenchimento da tabela indicada, espera-se que o estudante chegue à conclusão que o texto estava correto quanto à facilidade de observação e abundância desses animais, mesmo em ambiente urbano.

O que é uma ave?

Aves são animais vertebrados que despertam o interesse do homem desde os primórdios da humanidade, por terem bela plumagem, um canto elaborado e terem os mais diversos comportamentos, sendo esses aspectos de fácil observação. Você já parou para notar quantas aves silvestres você viu durante sua vida em comparação com mamíferos, répteis e anfíbios? Caso nunca tenha parado para pensar sobre isso, pode começar agora! Nesta atividade, você irá para um local arborizado (pode ser dentro de sua escola ou uma praça próxima, sua(seu) professora(or) irá indicar) observar os animais vertebrados terrestres. Preencha a tabela abaixo com a quantidade de animais que ver de cada grupo (não imporantando se são da mesma espécie ou não). Para esta atividade, você poderá contar também os animais domésticos, mas depois trabalharemos apenas com animais silvestres.
Obs.: Mesmo sendo um mamífero, não é permitido contar seres humanos!

	Mamíferos	Aves	Répteis	Anfíbios
Número de animais vistos				

Como os termos “animal doméstico” e “animal silvestre” foram utilizados, foi necessária uma explicação complementar, para que os estudantes pudessem entender a diferença entre eles e assim não deixar dúvidas quanto à realização da atividade. É algo importante de ser ensinado também para se entender assuntos de áreas como conservação ambiental (Costa, 2007), manejo de fauna e vários textos de livros didáticos e notícias do dia-a-dia. Também foi adicionada uma explicação da diferença entre indivíduo e espécie, pois são palavras que facilmente se confundem e que, na verdade, é de fácil entendimento quando explicado de forma clara, e essencial quando se usa o Conceito Biológico de Espécie (amplamente utilizado nos livros didáticos de biologia e dentro das aulas).

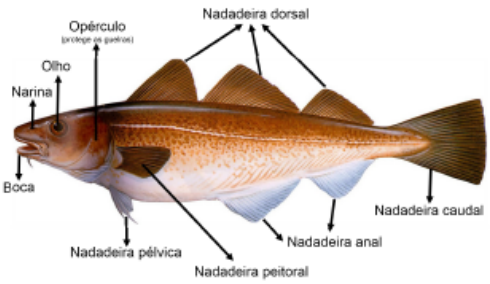
Também é adicionada uma explicação do que são os códigos (QRCode) presentes na folha, e que também estarão nas outras atividades, de forma que consigam utilizar-se desse recurso de forma rápida e prática. A utilização de celulares durante o período de aula é vetado pela lei n° 12.730, de 11/10/2007, porém sabe-se que ela é ignorada em grande parte do tempo e instituições escolares, no qual os estudantes utilizam o aparelho como uma forma de escapar da aula sem sair da sala. Porém, ao invés de obrigá-los a não utilizar o celular, o que causa revolta e desobediência, por que não permiti-los a utilização para seu próprio aprendizado? A proposta da utilização do QRCode, com links extras, vídeos e propostas de pesquisa, visa a utilização do aparelho celular e semelhantes a favor do ensino e aprendizagem, estimulando a autonomia e senso de responsabilidade dos estudantes dentro de sala de aula.

Após a realização da atividade de observação e contagem, passa-se para uma atividade de reconhecimento, na qual os estudantes deverão elencar características que estão presentes nesses animais, além das que existem em outros vertebrados terrestres. O objetivo principal desta atividade é que eles reconheçam, de forma consciente, as características presentes nas aves e que diferem de outros grupos, trabalhando as habilidades de observação, análise e seleção de características importantes e significativas para o preenchimento da tabela. Uma pequena explicação foi dada abaixo do exercício, para auxiliar na realização do mesmo, pois talvez o estudante ainda não tenha entrado em contato com os grupos animais (o que geralmente ocorre durante o ensino médio) e não saiba como descrever suas características, ou o que são elas. O objetivo secundário, e que pode ser escolhido pelo professor a ser discutido com os estudantes, é a semelhança entre os animais destes grupos e que os colocam dentro do mesmo grande grupo, como vertebrados majoritariamente terrestres. Aqui, espera-se que elenquem atributos como penas, pelos, quatro membros, bico, dentes, cauda, entre outros, sendo o número de características que podem ser citadas muito alto.

Para realizar a atividade anterior, você foi capaz de diferenciar um mamífero de uma ave, de um réptil e de um anfíbio. Isso que dizer que você consegue reconhecer e diferenciar os integrantes desses quatro grupos. Quais atributos você utilizou para isso? Coloque os atributos de cada grupo na tabela abaixo:

	Mamíferos	Aves	Répteis	Anfíbios
Atributos				

O que posso usar como atributo? Basicamente, qualquer coisa que te chame a atenção e faça parte dos animais que você já viu, seja ao vivo ou através de fotos/vídeos, podendo ser algo visual ou sonoro. Por exemplo, se fosse dar atributos para peixes, poderia dizer que eles tem escamas, cauda, nadadeiras peitorais, nadadeira dorsal, formato hidrodinâmico, guelras, olhos, boca... e o que mais achar importante! Caso não saiba o nome de alguma coisa, pergunte à(ao) professora(or) ou faça uma pesquisa.



Depois, é dito aos estudantes para descrever, de forma clara e sucinta, uma ave, utilizando das características elencadas por eles anteriormente. Essa descrição tem por base as descrições feitas dentro da Biologia, onde não é feita uma descrição utilizando-se qualquer método ou características, e sim uma visando um objetivo, no caso a descrição de uma ave genérica; assim, eles precisam elencar quais dos atributos listados por eles são necessários para essa descrição, e fazê-la de forma que qualquer pessoa entenda do que se trata. Isso ajudará na fixação do conhecimento e irá trabalhar a habilidade de reconstrução, resumo e escrita. Uma resposta que pode ser esperada aqui é “uma ave possui duas asas, duas patas com garras, penas, bico, é capaz de cantar e provavelmente é capaz de voar”.

A partir daqui, nosso enfoque será nas aves! Baseado nos atributos que você mencionou na tabela acima, elabore um texto que seja capaz de descrever qualquer ave que você tenha observado no primeiro exercício. Ou seja: quem ler sua descrição tem que entender que se trata de uma ave, mas não ser capaz de identificar uma espécie específica.

Use este espaço como rascunho!

Depois de feita a descrição de forma individual, é feita uma discussão em grupo, de forma que eles possam argumentar sobre os atributos utilizados e sua forma de explicação, além de ter a possibilidade de ouvir outras opiniões e forma de pensar, podem trabalhar em conjunto para chegar a uma resposta que todos possam aceitar. Isso estimula o trabalho em equipe, pois todos devem contribuir para o resultado comum.

Ao término dessa atividade, se reúna com seus colegas em grupo e discutam sobre quais atributos são essenciais das aves e reelaborem a descrição conjuntamente, de forma a aperfeiçoá-la.

Em alguns momentos, irá aparecer um espaço em branco com os dizeres "Anotações, desenhos, marcações... utilize este espaço como quiser!". Este espaço foi pensado de forma que o estudante possa ter a oportunidade de anotar informações que acha importante, mas que o material não dá abertura, de forma a estimular a autonomia e dar possibilidade de um aprendizado além do proporcionado pelo material.

Anotações, desenhos, marcações... utilize este espaço como quiser!

Ao fim de cada aula, é apresentado uma área com o título de "Você sabia?". Esta vem com o intuito de trazer um assunto que se relaciona com a aula, mas que não fazia parte de seu objetivo. Fica como um material extra, que pode ser consultado de acordo

com a vontade e interesse do próprio estudante, de forma a estimular sua autonomia e dar subsídios caso ele queria saber mais sobre o que foi estudado em aula.

> Você sabia?

Aves são animais únicos, de fácil observação e que despertam muito o interesse das pessoas. Mas você sabia que a descrição feita por vocês é válida somente para a aves viventes? Várias espécies já se extinguiram, e uma grande parte delas tinham garras nas asas e dentes nos bicos! Isso porque seus antepassados também tinham essas características, e aposto que você os conhece muito bem... os dinossauros! Aves são os dinossauros que sobreviveram à grande extinção. Mas este é um assunto para outra aula... para saber mais, acesse o link: http://www.achetudoeregiao.com.br/dinossauros/aves_dinos.htm.

Aula 2 – Entendendo o voo das aves

A sequência de quatro aulas que se inicia nesta traz uma abordagem interdisciplinar, entre biologia e física, com o tema norteador "voo". A abordagem interdisciplinar é importante para que os alunos consigam relacionar informações adquiridas em diferentes disciplinas e que possam entender que existe conexão entre elas, trabalho árduo em um modelo de disciplinas que não se conversam, e que apenas passam uma matéria de forma isolada de outras.

Esta aula tem como objetivo iniciar o estudante ao assunto que será estudado, dando informações básicas sobre a morfologia e anatomia das aves relacionadas ao voo, com o conceito conjunto de homologia, que irão auxiliá-lo nas atividades subsequentes.

Na primeira parte, é mostrado um panorama da habilidade de voo nos diferentes grupos de vertebrados, tema que não será trabalhado nas aulas, mas que permite que tenham acesso à informação por meio de um link extra. É também mostrado um gráfico, que visa reafirmar a importância de se estudar o voo dentro do grupo das aves, estimulando a habilidade de leitura de gráficos e de fazer a conexão com a informação do texto atrelado a ele.

Entendendo o voo das aves

Aves são conhecidas por serem um grande grupo de animais capazes de voar (possuindo algumas poucas excessões, como mostrado no gráfico abaixo). Também existem algumas espécies dentre mamíferos, répteis, anfíbios e peixes capazes de voar, mas o fazem de uma maneira completamente diferente, que infelizmente não abordaremos aqui. Caso tenha interesse, acesse: http://fisicaebiologia.blogspot.com.br/2010/05/voo-de-animais.html

Existem cerca de 10 mil espécies de aves viventes, e apenas 0,5% delas são incapazes de voar.
Alguns exemplos são o avestruz e os pinguins.

Depois, é dada uma pequena introdução do que será feito, que é a observação em campo. Como dito anteriormente, essa observação é necessária para aumentar o interesse do estudante pelo grupo e assunto a ser estudado. Aqui, o foco da observação é outro: a habilidade de voo. Assim, são instruídos a observar exatamente essa ação, sendo necessário o entendimento pela observação de quais partes do corpo a ave precisa para realizar tal ação. Isso estimula a observação orientada, classificação de características observadas e inferência de suas funções. Nessa questão espera-se que respondam penas, asas, cauda, patas e características relacionadas.

Para começar a estudar essa fantástica característa, que fascionou por muitos anos diversas pessoas (e que levou à invenção dos aviões), vamos observar as aves com um olhar mais direcionado. Vá até um local arborizado para realizar essa observação (indicado por sua(seu) professora(a)), e nele irá escolher uma espécie para observar, focando em um indivíduo por vez. De preferência, escolha a maior ave silvestre que encontrar, pois facilitará sua observação. Caso queira identificar qual espécie estará observando, consulte um guia de campo e confirme com sua(seu) professora(or).

Obs.: A pomba-comum (*Columba livia*) foi introduzida no Brasil no século XVII, vinda da Europa. Para facilitar a atividade, essa espécie também poderá ser observada, apesar de não ser silvestre.

Primeiramente, iremos observar a ave escolhida levantando voo, voando e pousando, e responder a seguinte questão: quais partes do corpo ela utiliza para que possa voar?

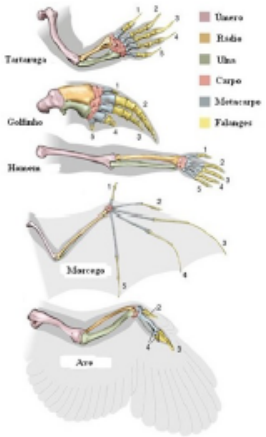
Num segundo momento, ocorre uma segunda questão, ainda relacionada à observação, mas que agora requer a utilização de uma bagagem de conhecimentos prévios sobre anatomia. Aqui, se pede para que pensem na anatomia da ave, imaginando o que estaria relacionado à morfologia que foi indicada anteriormente, de forma a terem que se utilizar de um conhecimento prévio e sem observação direta para que possam resolver a questão. De forma a facilitar o entendimento, se pede para que façam um paralelo com o próprio braço, e a razão de se poder fazer isso vem na explicação logo abaixo de homologia e analogia, de forma a que percebam que as características de um braço e uma asa são, de forma básica, as mesmas. Espera-se que respondam músculos, ossos, tendões, etc.

As partes que você pode observar das aves pertencem à sua morfologia, referente à sua região externa (pele, olhos, boca, etc). Mas as partes internas (intestino, rim, coração, etc), pertencentes à anatomia, também são essenciais para que as aves possam voar. Ainda observando e, agora, fazendo um paralelo com a movimentação de seu braço (estrutura homóloga à asa das aves), tente identificar quais são as partes internas relacionadas com o voo.

O que é homologia?

Homologia é o nome dado ao fenômeno biológico de "parentesco" entre estruturas. Estruturas homólogas são aquelas que possuem a mesma origem embriológica e indicam ancestralidade comum dentro do âmbito da evolução. Essas estruturas podem ou não ter a mesma função. A imagem ao lado apresenta o exemplo de homologia dos membros anteriores de vertebrados.

Em contrapartida, existem as estruturas análogas, que possuem função semelhante mas não possuem a mesma origem embriológica. Como um exemplo temos as asas de uma borboleta e as de uma ave.



Como última atividade, se pede para que pesquisem, por conta própria, os nomes das estruturas que foram elencadas no exercício anterior. A atividade de pesquisa em outras fontes de informação está presente pelo mesmo motivo que os QRCode: estimular a autonomia e senso de responsabilidade dos estudantes dentro de sala de aula, mostrando que os aparelhos eletrônicos (principalmente o celular) podem ser utilizados em prol de seu aprendizado. Além dos links fornecidos, eles podem procurar em outras fontes, como livros, revistas e sites; caso isso ocorra (e é de interesse que ocorra) é necessária a intervenção do docente, com instruções sobre como filtrar a informação que se encontra, quais são as fontes mais confiáveis, como identificar uma fonte como confiável, etc. A autonomia para filtrar informações corretas de diferentes fontes estimula o senso crítico dos estudantes, onde eles, além de encontrar a informação, precisam pensar em sua procedência e veracidade antes de apropriar-se dela. Além disso, esse exercício também é pensado para que percebam que existem mais estruturas do que as elencadas, e que a complexidade do sistema muscular e esquelético é grande e provavelmente maior do que imaginavam, além de esperado que façam um paralelo com os sistemas humanos, seguindo o conceito de homologia.

Agora, consultando algum material (Ex.: http://pt.slideshare.net/tiagomerlo1/noes-de-anatomia-das-aves-i-semestre-2014, slide 08 e http://pt.slideshare.net/doradino/miologia-estudos-dos-msculos-em-anatomia-comparada, slide 16), procure qual o nome dado às partes que você elencou como necessárias para o voo. Você adicionaria mais partes? Complete os esquemas que seguem, nomeando e indicando as partes necessárias para o voo de uma ave.

Esqueleto (*Columba livia*)

Musculatura (*Columba livia*)

Por fim, é dada uma revisão (por ser um tema complexo e pouco abordado dentro da biologia do ensino básico), de forma a auxiliar o entendimento e conexão dos assuntos tratados em aula, além de um material de apoio para ir além do apresentado em aula. A anatomia, da forma como é ministrada no ensino básico, aborda apenas a anatomia humana, em um viés somente de nomes de estruturas e a função de um conjunto delas. A anatomia comparada (quase) nunca é abordada; dessa forma, mesmo que o estudante saiba que "a moela existe em aves e serve para triturar alimentos" não faz ideia de onde ela se encontra, que faz parte do sistema digestório, qual o seu formato, que sua função principal se deve à ausência de dentes e que também está presente em outros organismos. Com isso, também se perde o componente evolutivo da anatomia e, consequentemente, da morfologia. A biologia comparada é essencial para se entender a evolução, que é a teoria norteadora de toda a biologia.

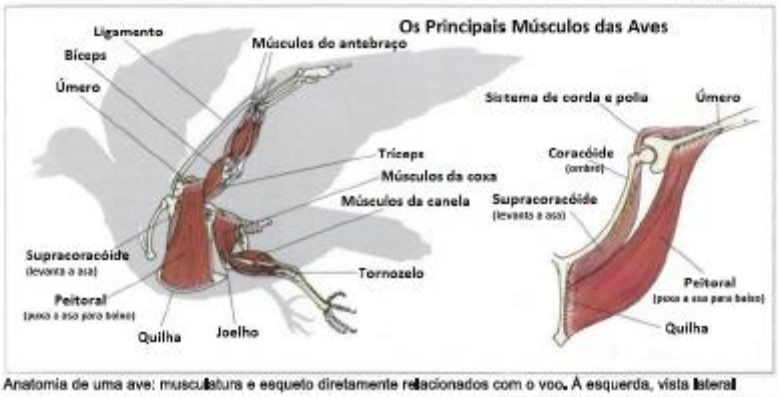
Na ala "Você sabia?" se traz um material de apoio com um assunto não tratado em aula, mas que será utilizado na próxima aula da sequência, iniciando o tema de voo

relacionado às forças físicas atuantes nele. Neste caso, o interesse do estudante é recompensado, não somente pela obtenção de conhecimento, mas pelo facilitador do entendimento da aula que se segue; entender um assunto com maior facilidade por ter se dedicado é um efeito motivador e causa a sensação de bem-estar e realização.

Sistematizando:

Os principais músculos de voo das aves são o músculo peitoral, grande e robusto, responsável pelo movimento para baixo da asa (que necessita de mais força, devido às forças físicas que agem contrariamente ao movimento, que serão explicadas em outra oportunidade) e o músculo supracoracóide, menor, responsável pelo movimento para cima da asa (que necessita menor força, pois é realizado minimizando as forças físicas contrárias ao movimento). A quilha, extensão do osso esterno, possui essa grande área de contato exatamente para ser possível a inserção desses grandes músculos.

Além disso, outras adaptações como ossos pneumáticos (característica que os torna mais leves), maior eficiência respiratória (necessária para suprir os músculos em constante atividade) e as penas, leves e resistentes, são essenciais para o voo das aves. Quer saber mais sobre os assuntos abordados na aula de hoje? Acesse:
http://locomocaoanimal.blogspot.com.br/2010/12/locomocao-no-ar.html



Anatomia de uma ave: musculatura e esqueto diretamente relacionados com o voo. À esquerda, vista lateral esquerda; à direita, vista frontal do esterno.

> Você sabia?

Esses movimentos da asa, para cima e para baixo, só proporcionam o voo pois estão relacionados à disposição das penas das asas, que mudam sua conformação de acordo com o movimento. Para planar, as penas da asa ficam uma juntinha com a outra, formando uma superfície concisa, sem aberturas, que permite às forças físicas agirem sobre ela de forma a manter a ave no ar. E é exatamente por isso que as asas dos aviões são iguais! Mas, como os aviões não batem as asas, sua forma de decolar e pousar é completamente diferente. Ficou interessado? Para saber mais como a física explica o voo planado, acesse: http://blog.hangar33.com.br/conheca-quais-sao-as-forcas-que-permitem-uma-aeronave-alcar-voo/

Aula 3 – Penas, asas e o voo planado

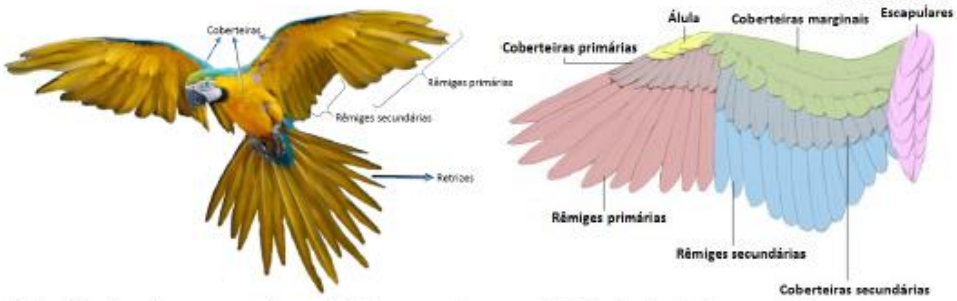
A aula se inicia com uma introdução do que é uma pena, os nomes atribuídos a cada conjunto delas, suas funções e o local da ave em que estão inseridas; também é dado um material extra para que se aprofundem no assunto se for de interesse. Essa leitura e análise de imagem tem por objetivo fazer a conexão com o assunto da aula anterior, sobre morfologia relacionada ao voo, e dar enfoque ao que será estudado na aula, que são as penas e sua relação com a aerodinâmica das aves, fazendo um paralelo com as asas dos

aviões. A intenção aqui não é a memorização de todos os nomes, e sim o entendimento de que existem penas de diferentes tipos, com diferentes funções, e por isso estudarão apenas as que tem relação direta com o voo, que são as rêmiges.

Penas, asas e o voo planado

As penas são estruturas essenciais para que a ave voe. Nesta aula, iremos relacionar os conhecimentos adquiridos na aula passada sobre anatomia e morfologia das aves com a parte mais importante para seu voo: as asas e as penas contidas nelas.

As asas são os membros anteriores das aves, que possuem diversas adaptações relacionadas ao seu hábito voador. Uma das estruturas essenciais para o voo são as penas, principalmente as chamadas penas de voo. As penas de voo são também chamadas de rêmiges, e são divididas em primárias e secundárias. As outras penas da asa, que tem funções de proteção e isolamento térmico, são chamadas de coberteiras. Caso tenha interesse, acesse: http://www2.ibb.unesp.br/Museu_Escola/Ensino_Fundamental/Animais_JD_Botanico/aves/aves_biologia_geral_penas.htm



Indicação dos tipos de penas em uma Arara-canindé (*Ara ararauna*). ; Vista de cima (dorsal) da asa esquerda de uma ave.

Tipos de penas: Rêmiges são as penas encontradas na asa, as retrizes são encontradas na cauda e as penas de controno, semiplumas e plumas são encontradas por todo o corpo, também chamdas de coberteiras.

Logo em seguida, é dada uma atividade de observação de vídeos, nos quais aves estão em voo planado em *slow motion* (câmera-lenta). Nele, os estudantes tem que analisar a disposição das penas (e, consequentemente, das asas) durante o voo, de forma a essa resposta ser necessária para a realização da questão que se segue. Novamente, o uso da tecnologia aparece à favor da aprendizagem. Vídeos são extremamente úteis para se entender ações, que muitas vezes causam dúvidas quando são representadas por imagens. O *slow motion* é ainda mais eficiente nesse aspecto, pois mostra uma realidade inalcançável aos olhos humanos, mas ainda assim existente e presente, e por isso prendendo a atenção e aumentando o interesse pelo tema.

Para que possa observar como as penas das asas se comportam durante o voo, assista a estes vídeos: https://www.shutterstock.com/pt/video/clip-2482715-stock-footage-adult-eagle-soaring-in-a-cloudy-sky.html?src=search/jjnCbt87LJ2Cx9vlmPjUxw:1:0/gg e https://www.shutterstock.com/pt/video/clip-6450935-stock-footage-bald-eagle.html?src=rel/2482715:2/3p. Observe, principalmente, a disposição das rêmiges primárias e secundárias das asas.

IMPORTANTE: A partir de agora, quando for mencionada a palavra "penas", estaremos nos referindo somente as rêmiges primárias e secundárias das asas, pois são as que estão mais relacionadas com o voo.

A primeira questão pede uma descrição do que foi observado nos vídeos, tanto em formato de texto como de desenho, permitindo ao aluno trabalhar diferentes formas de expressão e descrição. Espera-se aqui que descrevam que as penas estão juntas e formam uma superfície concisa, sem aberturas, durante a batida de asa para baixo e, durante a batida para cima, as penas ficam separas, formando vãos entre elas. A segunda questão está voltada para o entendimento do que foi descrito, pedindo para que pensem sobre o que foi observado e o motivo desse fenômeno acontecer dessa forma. A resposta aqui deve ocorrer das formas mais variadas possíveis, sendo um momento de reconhecimento das concepções prévias dos estudantes, que será desconstruída ao longo das aulas.

Como as penas estão dispostas em relação umas às outras e ao corpo da ave, durante o voo dessas aves? Descreva em forma de texto e faça um desenho, indicando também a direção do vento em relação à asa.

Por que as penas se posicionam dessa forma durante o voo dessas aves?

Logo após, é dada uma explicação de que existem diferentes tipos de voo, e uma introdução à relação que será feita entre o voo das aves e dos aviões, deixando claro as suas diferenças. Um conceito extra, o de voo batido e voo planado, é apresentado, já que é um conceito praticamente nunca trabalho em sala de aula, nem no âmbito da biologia nem no da física. De forma geral, a não ser em forma de citação, não se trabalha diferentes tipos de voo, e acaba parecendo que só existe um tipo, ou que não existe uma

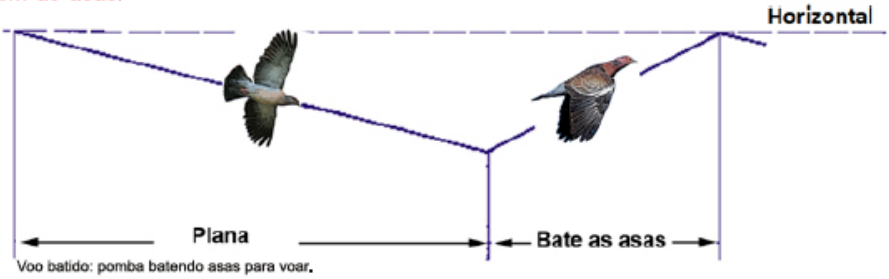
classificação. Todos funcionam da mesma forma básica, mas suas peculiaridades são importantes para o entendimento do tema quando se trabalha com um modelo da engenharia e outro biológico.

Para poder explicar com mais detalhes porque isso acontece, temos que entender como as forças físicas agem sobre as penas e a asa como um todo. Para facilitar este entendimento, nada melhor do que fazer comparações com objetos de maior conhecimento: os aviões! Por incrível que possa parecer, mesmo o modo de voo sendo completamente diferente entre uma ave e um avião (já que ele não bate suas asas), as forças físicas que agem em ambos é a mesma, e da mesma forma, durante o voo planado.

O que é o voo planado?

Existem diversas classificações para os modos de voo de uma ave, mas as duas principais são o voo batido e o voo planado. O voo batido é aquele que se utiliza da força produzida pelo movimento das asas para cima e para baixo para se manter no ar (literalmente, o "bater de asas"). Já o voo planado é aquele que se utiliza da força do vento para se manter no ar, assim como os aviões. As aves podem voar das duas formas, mas os aviões apenas planam, pois não batem as asas.

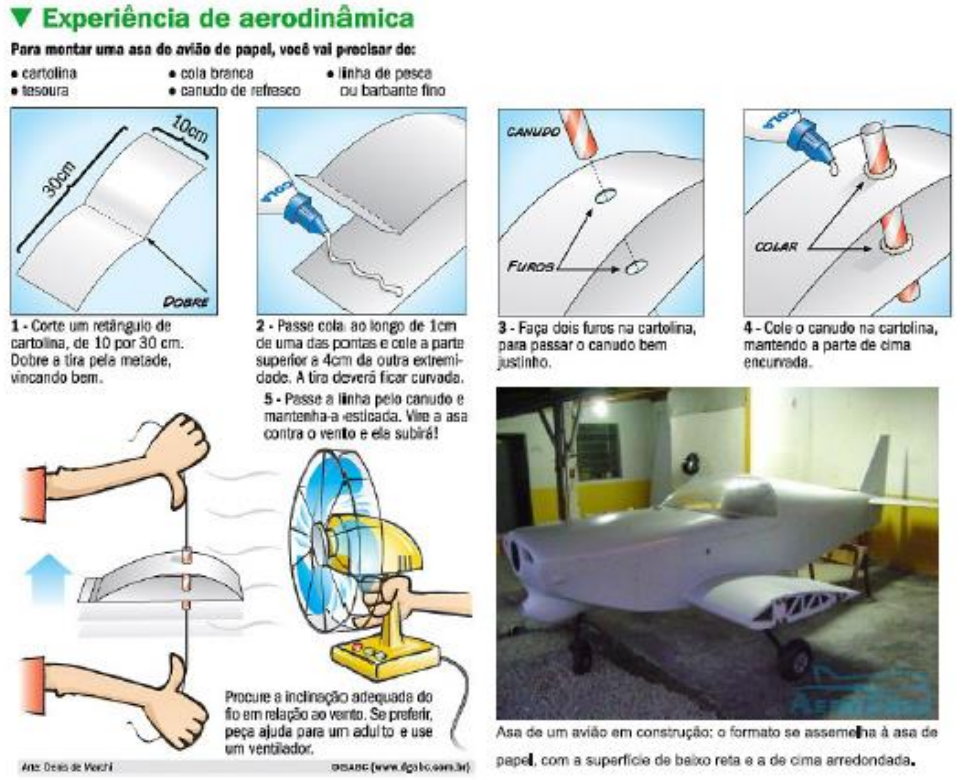
Voo planado: avião planador.



Voo batido: pomba batendo asas para voar.

A seguir, como mencionado, o foco será no voo planado e nos aviões. Como início da atividade, é dado um experimento de simples e barata realização, que é a fabricação de uma réplica de asa em cartolina, de preferência, pois papel sulfite ou mais leves tendem a tornar mais difícil o entendimento das forças físicas atuantes. Aqui, por meio do vento na asa, se pode manipular a variável do ângulo de ataque, e assim entender qual é a posição da asa ao subir, descer ou para se manter na mesma altitude. A utilização de experimentos em sala de aula é de extrema importância para o aprendizado, pois permite ao aluno ver e reconhecer o que está escrito em um livro-texto, mexer nas variáveis disponíveis e entender como essa mudança afeta o resultado. Experimentação geralmente possui muitas barreiras no âmbito da biologia, pois cada organismo acaba tendo uma resposta diferente e que pode demorar dias, mas no âmbito da física os resultados são instantâneos, podem ser reproduzidos várias vezes em um curto período de tempo e os resultados serão sempre os mesmos, o que facilita o entendimento pelo estudante do fenômeno. Se o experimento for bem executado, os estudantes devem observar que, ao inclinar a parte anterior para cima, a asa sobre e, ao inclinar para baixo, ela desce, mantendo-se estável ao ficar perpendicular ao vento.

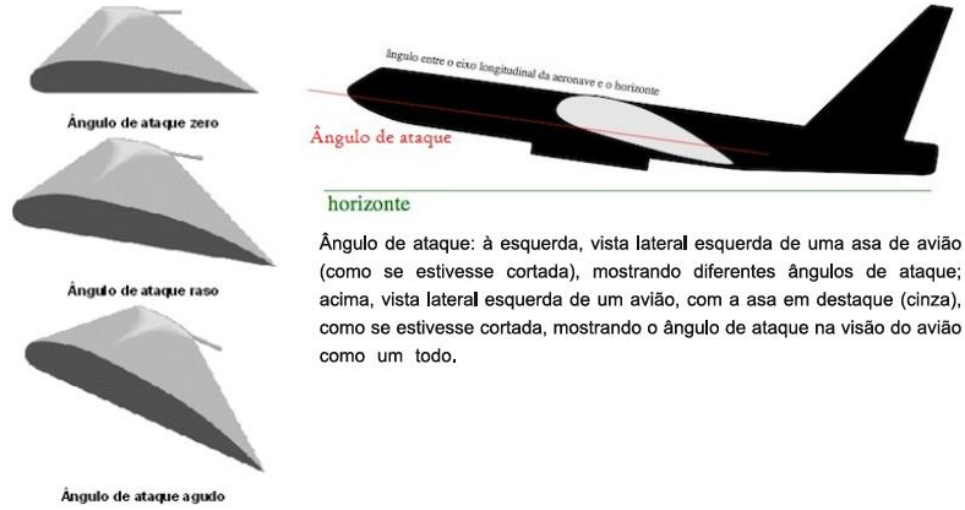
Como início desta atividade, faremos um pequeno experimento, que irá imitar uma asa frente a uma corrente de vento. Siga as instruções da imagem abaixo para criar e utilizar seu modelo de asa:



O que você teve que fazer para que a asa subisse? E para que ela descesse ou se estabilizasse?

Logo depois, é dada uma explicação do que ele acaba de observar e descrever, de forma a melhorar o entendimento e aumentar o vocabulário específico sobre o assunto. Assim como mencionado na introdução, um dos objetivos dessas aulas é a Alfabetização Científica, e um de seus eixos é “possuir conhecimento sobre conceitos básicos das ciências”, e para isso se necessita do vocabulário utilizado dentro da ciência. Com isso, o estudante se torna capaz de entender e explicar, a partir do vocabulário específico, os conceitos científicos.

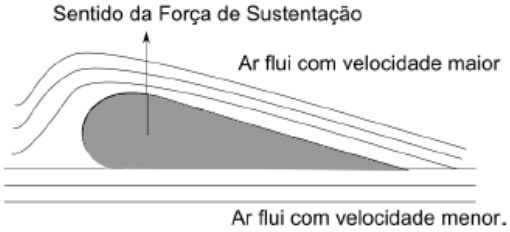
O que você acaba de fazer foi mudar o que chamamos de Ângulo de Ataque. Por mais complicado que seja o nome, é simplesmente a angulação da asa em relação ao eixo horizontal, como mostra a figura abaixo:



Ângulo de ataque: à esquerda, vista lateral esquerda de uma asa de avião (como se estivesse cortada), mostrando diferentes ângulos de ataque; acima, vista lateral esquerda de um avião, com a asa em destaque (cinza), como se estivesse cortada, mostrando o ângulo de ataque na visão do avião como um todo.

A atividade seguinte está relacionada ao entendimento da relação do ar com a disposição da asa do avião. Por meio da análise dos vídeos, de forma a melhor visualizar o comportamento do ar, da informação escrita e dos dados do experimento realizado pelo estudante, este terá que explicar como se dá a sustentação nas diferentes ações do avião: decolagem, pouso e planeio, utilizando o vocabulário específico adquirido, novamente de forma a aperfeiçoar a habilidade de interpretação e descrição de fenômenos observados. A resposta esperada é que um ângulo de ataque raso é utilizado para decolar, o ângulo zero para planar, e que eles tenham dificuldade para entender o ângulo utilizado para o pouso, que é o agudo; isso acontece porque a aterrissagem é um conjunto de manobras no avião, que é a diminuição da velocidade juntamente com a perda de sustentação gradativa e acionamento de flaps. Infelizmente estas aulas não irão abordar essas manobras, mas o link extra na sessão “Você sabia?” traz essas informações. A percepção de que eles necessitam de mais informações para responder à questão leva à vontade de querer pesquisar sobre o assunto e adquirir informações suficientes para tal, por isso espera-se que neste exercício os próprios estudantes aleguem essa falta de informação e peçam para que possam ir atrás de outras, seja em sites, livros ou revistas.

Esse ângulo é o responsável por fazer o avião decolar (além da propulsão feita pelas turbinas, necessária por outro motivo, e explicado em outra oportunidade). A asa de um avião é feita de forma a ficar reta na parte de baixo (chamada de intradorso) e mais arredondada na parte de cima (extradorso). Quando o ar passa por essa asa, suas partículas passam mais rapidamente pela parte de cima do que pela parte de baixo, causando uma diferença de pressão, que se torna maior na parte de baixo, resultando em uma força de ascensão de baixo para cima. Quanto menor o ângulo de ataque (em direção a "zero"), maior a sustentação que a asa tem, e quanto maior o ângulo (em direção a "agudo"), menor é essa sustentação, o que também diminui sua velocidade.



À esquerda, comportamento do ar em relação à asa; à direita, asa direita de um avião.

Para visualizar melhor o descrito acima, assita aos vídeos:
- https://www.youtube.com/watch?v=eir0l8_z5ww, que mostra o comportamento do ar frente a uma asa; e
- https://www.youtube.com/watch?v=Cl7yyeC8OZg, que explica a sustentação frente ao formato da asa.

Logo após respondida a questão, é dado um fechamento à aula, de forma a prepará-los para o que será estudado na próxima aula da sequência: as outras forças físicas principais (tração, arrasto e gravidade) e o voo batido das aves.

Com base nas informações da páginas anteriores, na observação das aves voando, dos vídeos e do experimento feito, responda: qual seria o ângulo de ataque de um avião decolando, planando e pousando? Junte-se em grupo com seus colegas e discutam. Se for necessário, realizem novamente o experimento e assistam novamente o vídeo.

_____
_____
_____
_____
_____
_____

Para entender as forças físicas que agem sobre os objetos em voo foram necessários anos de pesquisa por parte de físicos e biólogos, de forma a utilizar modelos animais para a produção de uma máquina capaz de voar. Mas, ainda assim, é impossível copiar completamente a natureza. Na próxima aula, você verá como as aves se utilizam das forças físicas para que consigam decolar, planar e pousar, de forma ainda mais eficiente que um avião – e, claro, algumas estruturas que fazem toda a diferença.

A seção do “Você sabia?” traz um material extra com informações sobre a dirigibilidade dos aviões, assunto não abordado na sequência, mas também de extrema importância para se entender as manobras feitas durante o voo.

> Você sabia?

O primeiro avião a voar foi o 14bis, de Santos Dumont. Para a época, foi um grande salto para o desejo humano de voar. Mas este voo foi um voo curto, devido a falta de dirigibilidade, que permite ao piloto mudar a direção do avião, fazer uma meia-volta e gira em torno de si mesmo, o que chamaríamos hoje de "manobrar". Os construtores de aviões modernos desenvolveram diferentes mecanismos para permitir a dirigibilidade das aeronaves, como os flaps, spoliers, ailerons, slats... ficou interessado? Acesse este site apra saber mais sobre a dirigibilidade dos aviões modernos: http://sabordevoar.blogspot.com.br/2012/03/informacao-24-movimentos-de-um-aviao.html

Aula 4 – Para além da sustentação: arrasto, tração e gravidade.

Esta aula é uma continuação direta da aula três, na qual são explicadas as outras três principais forças físicas que agem durante o voo, que complementam a sustentação: arrasto, tração e gravidade. Além disso, é trabalhado também o voo batido, não presente em aviões mas essencial para as aves e para a transposição do modelo físico para o modelo biológico.

No início, é dada uma introdução do que será visto na primeira parte da aula, e em seguida uma explicação que retoma o voo planado visto na aula anterior, agora dando outros exemplos e com vídeos ilustrativos, de forma a melhorar o entendimento do conteúdo da aula anterior e dar espaço para a tirada de dúvidas antes de se iniciar o novo conteúdo.

Para além da sustentação: arrasto, tração e gravidade

Além da sustentação, necessária para manter o avião ou a ave no ar, existem outras forças físicas que agem durante o voo planado, sobre as quais falaremos nesta aula: tração, gravidade e arrasto.

É fácil entender como um condor ou um avião planador decolam: em ambos os casos, se necessita de um local alto e da força do vento. O condor literalmente salta de um penhasco e utiliza a velocidade do vento para começar a planar; e o planador é levado até um local alto e dali decola. Como mostram os videos abaixo, em ambos os casos, não existe autonomia do avião ou da ave para levantar voo. Mas estes são casos à parte; a maioria das aves e aviões possuem mecanismos que os proporcionam a velocidade necessária para iniciar seu voo.

Condor: https://www.youtube.com/watch?v=zA_L1eQnHBg
(entre 2 min e 3:40 min)
Avião planador: https://www.youtube.com/watch?v=OpemglwS8XA

Em seguida, são mostrados outros dois vídeos de uma ave e de um avião levantando voo, com a pergunta do mecanismo utilizado por cada um para tal. Essa observação é necessária para se entender qual é a fonte de tração de cada um, e que será

usada no experimento seguinte. Aqui, espera-se que respondam que, para os aviões, o mecanismo são os motores e, nas aves, as asas e músculos associados.

Para responder à questão abaixo, assista a estes dois vídeos:

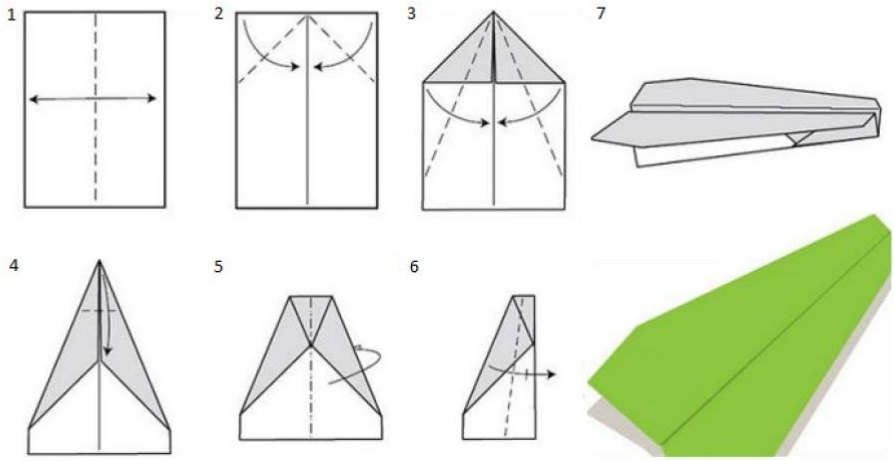
Ave levantando voo – https://www.youtube.com/watch?v=GCb9-PKs8Gc

Avião levantando voo – https://www.youtube.com/watch?v=4hIqknozr4E

Qual é o mecanismo utilizado pela ave para iniciar um voo planado? E qual o mecanismo utilizado pelo avião?

O experimento que se segue tem por objetivo o maior contato com o assunto abordado, trabalhando-se a construção de um experimento, sua realização com a manipulação de uma variável (tração imposta ao avião de papel), a coleta dos dados e o preenchimento e análise da tabela resultante. Espera-se que respondam, na questão que se segue à tabela, que quanto maior a força imposta ao avião, mais longo será o voo.

Agora, vamos realizar um experimento: construa um avião de papel, seguindo as instruções abaixo. Se já estiver acostumado a construir um outro tipo de avião de papel que seja capaz de voar em linha reta, pode ser também utilizado.



Depois de constrído o avião, faça uma linha no chão com uma fita crepe e marque-a a cada 30 centímetros, de forma a fazer uma grande régua no chão. Faça isso de um lado a outro do cômodo, de forma a possuir pelo menos 2 metros. Agora, lance o avião várias vezes na mesma direção da régua, de forma a começar com nenhuma força (apenas solte o avião com a mão parada) e vá aumentando aos poucos a força que utiliza. Marque a distância a que chegou o avião a cada lançamento na tabela abaixo.

Lançamento	1	2	3	4	5
Distância					

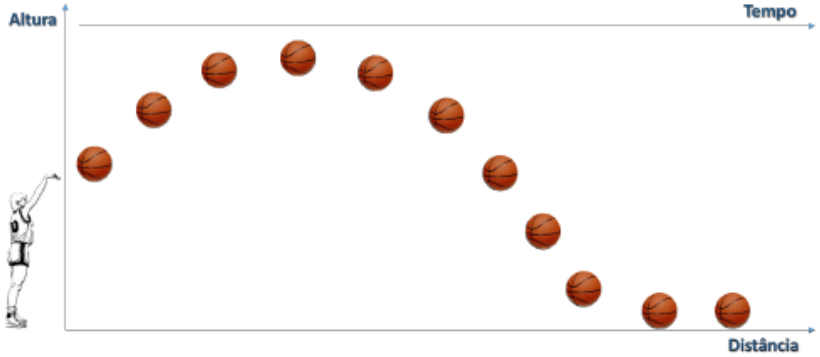
O que aconteceu quando você somente soltou o avião? E quando foi jogando cada vez mais forte?

A seguir, é explicada, utilizando termos próprios da física, o fenômeno que acabaram de observar. Por ser um tema de difícil entendimento e que não é abordado no currículo do ensino básico, a todo momento nesta aula será dada uma explicação de cada fenômeno que observaram. Logo em seguida, é dada uma continuidade ao tema, com questões para interpretar, de outra forma, o experimento feito. Além disso, é pedido que façam um gráfico, de forma a demonstrar uma parte do experimento, que seria um dos lançamentos do avião. Com isso, se é trabalhado tanto a realização de tabelas quanto de gráficos, sem necessariamente trabalhar somente com números, o que por muitas vezes dificulta o entendimento do estudante.

Para que uma ave ou um avião possam iniciar o voo, eles precisam de uma força de tração. Essa força gerada empurra o ar para trás, e este empurra o avião ou a ave para frente. Quanto maior a força de tração, consequentemente maior será a velocidade (ver: 2ª Lei de Newton, princípio fundamental da dinânimca). Quanto maior for a velocidade, maior será a sustentação. E quanto maior a sustentação, mais longo é o voo, e mais longe a ave ou o avião vai, assim como o avião de papel!

Mas essas são somente as forças que impulsionam o avião ou a ave para frente e para cima: sustentação e tração. Assim como diz a 3ª Lei de Newton, para toda ação há sempre uma reação oposta. Então, se existe uma força para cima, existe uma para baixo, e se há uma força para frente, existe uma para trás.

Antes de dar nomes à essas forças contrárias, você já deve ter percebido que elas existem: quando o avião de papel foi lançado, o que aconteceu quando se passou um determinado tempo? Construa um gráfico, assim como no modelo abaixo, de forma a representar a posição do avião em relação ao solo (altura) e à régua (distância) no tempo, representando apenas um lançamento.



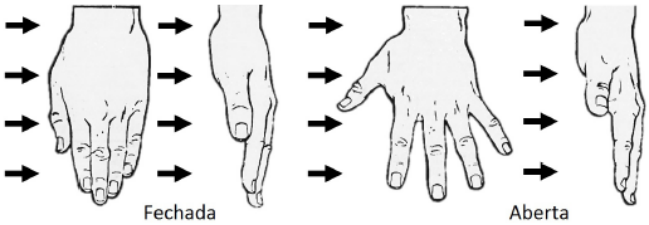
Após a construção do gráfico, é dada uma explicação do fenômeno observado, a gravidade. Depois, é pedido que façam um experimento, de forma a entenderem como funciona o arrasto. Para este experimento, pode ser utilizado um aquário ou uma bacia funda para sua realização; caso não seja possível, pode ser feito como um experimento de lápis e papel. Espera-se que respondam que a locomoção é mais difícil dentro da água, e a explicação para isso pode ser das mais diversas.

Construa seu gráfico aqui!

O que você acabou de fazer foi mostrar, graficamente, a ação da força da gravidade, que puxa os objetos em direção ao solo; ou seja, é a força contrária à sustentação. A ação da gravidade depende também da massa, ou seja, do peso. Então, quanto mais pesado for o avião ou a ave, maior terá que ser sua força de tração para alçar voo.

Façamos agora outro experimento: é mais fácil passar a mão através da água ou do ar? É mais fácil fazer isso com ela aberta ou fechada? Em qual posição, horizontal ou vertical? Por que isso acontece?

As setas indicam a direção em que a mão está se movendo.
Da esquerda para a direita: horizontal fechada; vertical fechada; horizontal aberta; vertical aberta.



É dada uma explicação posterior do experimento, introduzindo os termos da física como viscosidade, fluido e arrasto, além das variáveis da superfície do objeto que interferem no arrasto, como tamanho, forma e aspereza. Logo em seguida, é dada uma pergunta sobre a aerodinâmica dos aviões, que deve ser respondida baseada nas informações que foram vistas nesta e na aula anterior. Espera-se que relacionem o formato da asa com a minimização do arrasto e aumento da sustentação, por exemplo.

A diferença entre os meios aquoso e aéreo se dá pela sua viscosidade, que é a resistência de um flúido em escoar. Dentro da física, tanto o ar quanto a água são chamados de flúidos, e a água é mais viscosa que o ar. A resistência do ar (ou seja, sua viscosidade) é o que gera o arrasto, força contrária à tração. A força do arrasto depende, além da viscosidade do flúido, da textura e formato do que o está atravessando. Quanto maior for a superfície de contato e mais áspera, maior é o arrasto, e quanto menor a superfície de contato e mais lisa, menor é o arrasto.

Sabe-se que os aviões possuem características que facilitam na sua aerodinâmica. Baseando-se em todas as informações vistas até agora, responda: quais são essas características? E qual é o motivo (relacionado às forças físicas) de cada um delas ser utilizada pelos fabricantes de aviões?

_____
_____
_____
_____
_____

Como continuação, faz-se uma transposição do modelo físico (aviões) para o modelo biológico (o voo das aves). Para iniciar a atividade, é dada uma questão para relembrar o que foi visto em outras aulas, na forma de descrição, e é dada uma informação extra que se relaciona com a evolução biológica, o conceito de economia de energia por parte da ave. Caso os alunos tenham dificuldade em entender este conceito, ele pode ser trabalhado com uma exploração adicional e/ou outros exemplos, como uma atividade de uma SD produzida pelo grupo LINCE, no qual os peixes com maior ou menor grau de gordura tinham que atravessar um caminho mais longo, e isso interferiu na sobrevivência das populações. Espera-se aqui que respondam características relacionadas com a aerodinâmica da ave, principalmente relacionadas com as asas e a cauda.

Agora que você já viu muitos aspectos do voo dos aviões, é hora de partir para a base de tudo isso: o voo das aves!

Mas, antes de começar, precisamos primeiro indicar alguns aspectos importantes. Assim como os aviões, as aves possuem características que as ajudam na hora de voar. Indique essas caracaterísticas no desenho abaixo, podendo indicar com setas ou cores determinadas partes do corpo se achar necessário. Lembre-se sempre que: as aves precisam economizar energia; assim como o combustível de um avião não é infinito, a energia da ave (fornecida pelo alimento) também não. Então, as caracaterísticas listadas, além de estarem relacionadas ao voo, também devem estar relacionadas à economia de energia pela ave.

Com as características elencadas, é passado para o próximo tema, o voo batido, não presente nos aviões mas essencial às aves. É dada também uma breve revisão da aula dois, de forma a reforçar as características elencadas acima. Dois vídeos são dados, ambos de aves voando em *slow motion*, que devem ser analisados na questão específica da disposição das penas, de forma a responder à questão fazendo correlações entre informações.

Com essas características em mente, iremos analisar a principal diferença entre as aves e os aviões: o estilo de voo. Enquanto os aviões conseguem apenas realizar o voo planado, as aves são capazes de realizar também o voo batido. Esse voo batido geralmente é utilizado para decolar, pousar e aumentar ou permanecer em determinada altitute, ações realizadas pelo trabalho conjunto das asas e do motor nos aviões e somente pelas asas nas aves.

Como foi visto em aulas passadas, o “motor” da ave são suas asas, sustentadas pelos poderosos músculos peitoral e supracoracóide, que assosciados com as remiges são os principais responsáveis por fornecer a tração necessária para levantar voo.

Assista a esses dois vídeos, que mostram diferentes aves, de diferentea ângulos, levantando voo em *slow motion* (câmera-lenta) e responda à questão que segue:

Para que possa observar como as penas das asas se comportam durante o voo, assista a estes vídeos: https://www.youtube.com/watch?v=UFiYSHFh4qM&index=42&list=PLtra-MWzlvZG_TnFr7Ea05qDP0Vt5siKb e https://www.youtube.com/watch?v=VTVigNA3KCY (este entre 2:30min e 5min). Observe, principalmente, a mudança de disposição das rêmiges primárias e secundárias das asas, durante o movimento para baixo e para cima delas.

A questão seguinte pede, novamente, para se fazer a relação entre forças físicas e morfologia e posição, agora das penas. Espera-se que respondam baseado, principalmente, no conceito de sustentação e arrasto.

Como as rêmiges estão dispostas em relação umas às outras e ao corpo da ave, durante o movimento para baixo da asa? E durante o movimento para cima? Ligue as informações das colunas externas com as caixas do centro:

Dispostas uma sobre as outras, formando uma superfície concisa, sem aberturas.	Movimento para baixo	Dispostas horizontalmente em relação ao corpo.
Dispostas uma longe da outra, formando várias aberturas.	Movimento para cima	Dispostas verticalmente em relação ao corpo.

Depois de observar o vídeo e fazer as relações acima, responda com base na ação das forças físicas: Porque as penas se posicionam dessa forma durante a batida de asa para baixo? E para cima?

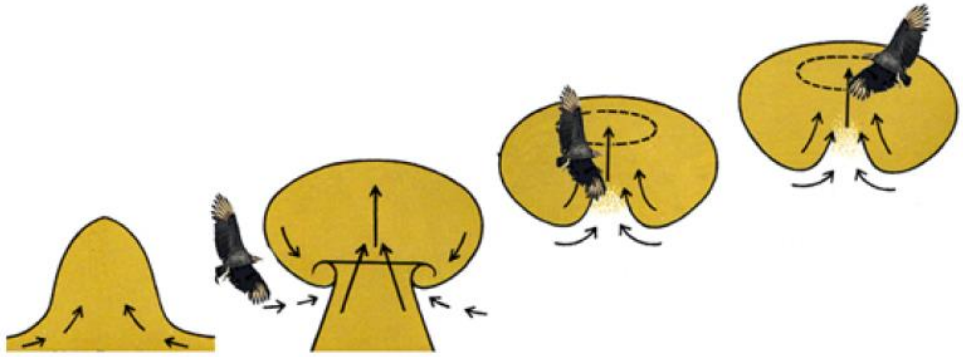
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Por fim, é dado um exercício no qual se compara o voo planado e o voo batido das aves, no qual é pedido para descrever como é o voo e a estratégia utilizada, sempre utilizando os conceitos físicos aplicados à morfologia das aves. Ainda, como forma de interpretação do texto, pede-se para relacionar o tipo de voo ao ambiente onde a ave vive.

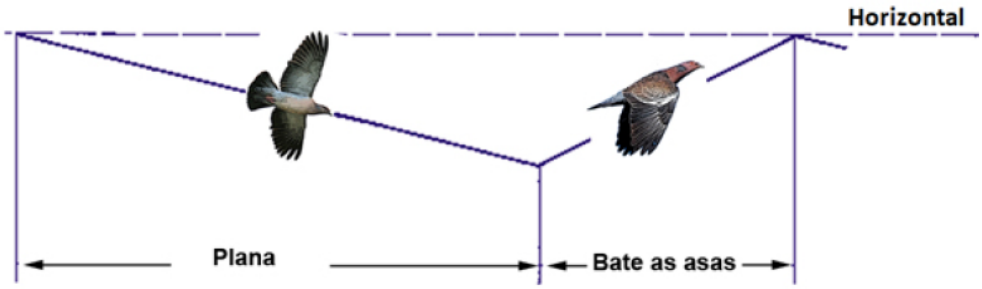
Após levantar voo, vem também a dificuldade em se manter no ar. Como visto, a ação da gravidade puxa a ave em direção ao solo, mesmo que esta se mantenha com as asas esticadas a fim de aumentar sua sustentação. As aves se utilizam de dois mecanismos para não perder altitude (ou para subir ainda mais): correntes de vento e propulsão das asas.

As correntes de vento geralmente são usadas por aves pesadas, grandes, que gastariam muita energia batendo frequentemente suas asas. Essas correntes de vento são ascendentes (do solo para cima) e são usadas como força motriz no voo. Essas aves recebem o nome de planadoras devido a esse comportamento, sendo alguns exemplos os gaviões, urubus, gansos e gaivotas.

Já aves menores, que voam em ambientes restritos, com pouca área aberta (como florestas, que possuem muitos obstáculos), se utilizam da força de tração das asas para se manter no ar ou aumentar sua altitude. Faça uma análise das duas figuras abaixo e, juntamente com o que viu nos videos em *slow motion*, responda ao que se segue:



A região amarela indica a corrente de ar, e as setas a direção do ar.



O eixo horizontal indica a distância, e o vertical a altitude.

Descreva cada um dos tipos de voo e sua estratégia para se manter no ar, relacionando-os com as informações do texto e dos vídeos. Descreva também o ambiente em que cada ave provavelmente vive, relacionado com seu estilo de voo.

O texto final é uma pequena explicação do exercício anterior e uma finalização da aula, explicando um dos aspectos que faltaram ser tratados e que é importante, a dirigibilidade.

No "Você sabia?" é tratada novamente a questão da evolução das aves, agora voltada para a origem e evolução do voo, explicadas sucintamente no link disponível.

Como você pode perceber, o tipo de voo sempre está relacionado com as diferentes características de cada ave e do ambiente em que ela vive. Assim como os aviões foram projetados para voar em ambientes amplos, muitas aves sofreram seleção natural de forma que se adaptaram a ambientes fechados e com muitos obstáculos.

Um dos motivos pelos quais o 14bis (primeiro avião a voar) não foi muito longe é que, mesmo possuindo a sustentação e a leveza, não possuia a dirigibilidade, que confere aos aviões e aves a possibilidade de mudar de direção, girar e dar meia-volta, habilidades extremamente desenvolvidas em aves de ambientes fechados. Para poder manobrar, vários mecanismos são utilizados, como a cauda, asas, álula... e todos tem correspondentes nas aeronaves modernas. Mas isso fica para outra oportunidade.

> Você sabia?

O voo é uma habilidade incrível e que fascina os seres humanos desde seus primórdios. E existem algumas perguntas que já foram feitas a respeito, e que talvez você também tenha se feito: Por que as aves voam? Quando elas começaram a voar? Durante a evolução do grupo, qual foi a primeira ave a voar? Essas e outras perguntas ficam para outra aula... se quiser saber mais, acesse: http://www.avesderapinabrasil.com/materias/ori-gem_aves.htm e divirta-se!

Aula 5 – Sistematizando

Como término da sequência e uma forma de sistematizar todo o conhecimento adquirido nela, esta aula propõe a criação de um diagrama em grupo. Esta aula não deve ser utilizada como única forma de avaliação para os alunos, sendo que esta deve ser feita ao longo de toda a sequência, sendo somente mais uma forma de avaliação e não a única. O trabalho em grupo neste caso ajuda na produção de um diagrama mais completo, pois os conhecimentos dos alunos se somam e misturam e, dessa forma, não somente recordam e fixam ainda mais o conhecimento adquirido, mas podem tirar dúvidas restantes e aprender melhor algo que possa ter ficado para trás. A exposição também é importante para que todos os grupos e estudantes de outras salas possam ter acesso a essa informação, além de demonstrar, para os estudantes, que seu trabalho é importante.

Sistematizando

Agora que você já aprendeu muitas coisas sobre as aves, sua habilidade de voo e como isso foi utilizado para a fabricação dos aviões, é hora de ver o resultado de seu aprendizado! Esta atividade foi pensada para que você possa colocar tudo o que aprendeu em um único lugar, de forma resumida e organizada, para que outras pessoas também possam aprender!

Você irá agora construir, em grupo, um diagrama. Solte sua imaginação e faça da forma que preferir, desde que possua os seguintes aspectos: desenho das estruturas, conceito, explicação do conceito e associação das forças físicas com as estruturas, sempre com foco nas aves. O diagrama abaixo serve apenas como um guia, não sendo uma regra. Utilize uma folha sulfite ou de caderno como rascunho e depois faça a versão final em cartolina. Divirta-se!

https://www.facebook.com/PapoDePrimata/photos/a.432498143511072.1073741827.370397739721113/1156668267760719/?type=3&hc_ref=NEWSFEED

CONCLUSÃO

O ensino se tornou algo monótono. Existe uma receita para todas as matérias, uma forma correta e eficiente de transmitir o conhecimento e que funciona para qualquer realidade de qualquer escola. Ou é assim que grande parte dos docentes e instituições pensam.

Cada escola é única. Cada classe é única. Cada estudante é único. Uma estratégia que funcionou no 2ºB talvez não funcione no 2ºC, sendo o inverso também verdadeiro. É necessário que pensemos nos estudantes, na classe, na escola, aonde todos estão inseridos, qual é a realidade do momento para eles, para que assim possamos produzir aulas de qualidade.

O uso de apenas aulas expositivas (muitas vezes não dialogadas) é o principal causador do desinteresse e do aprendizado defasado dos estudantes. Utilizar outras estratégias de ensino de forma a diversificar as aulas tende a melhorar esses aspectos, como gráficos, tabelas, vídeos, textos, poemas, imagens, diagramas, experimentos, etc.

O Ensino por Investigação é um método que pretende a utilização de diferentes estratégias dentro da proposta investigativa. Ele é uma proposta ainda pouco utilizada no ensino no Brasil, apesar de muitas vezes mostrar resultados melhores do que o modelo tradicional de aula expositiva utilizada amplamente no ensino. Isso é o que me mostrou meus dois anos de trabalho dentro do PIBID, que apesar de pouco documentados, me mostraram uma forma diferente de preparar e ministrar uma aula, e que uma inovação dentro da sala de aula faz diferença. O *feedback* dos estudantes aqui é essencial, pois além do conhecimento adquirido que apresentam e demonstram através do melhoramento das respostas, da escrita e da argumentação, da participação em aula e na resolução dos exercícios, também não faltam elogios, dizendo que a aula é interessante, que prende a atenção, que não querem que o método da aula volte ao antigo e, principalmente, que querem ter aulas. Foram esses estudantes que me inspiraram na produção desse material, e a vontade deles de ter mais aulas em um método diferente me inspiraram na hora de produzir um material que pudesse ser utilizado por outros professores, em praticamente qualquer escola. Por isso, a ideia principal deste trabalho, além de disponibilizar um material alternativo para as aulas, é mostrar que existem (e espero que existam mais no futuro) outras alternativas à receita de aula existente, e que inovar pode trazer resultados melhores do que os existentes hoje.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOBATO, R. Dinossauros ainda vivem? Observação de Aves e Evolução – um estudo de caso. Trabalho de Conclusão de Curso para Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade do Paraná, 2013.

Brasil. Lei nº 12.730, de 11 de julho de 2007.

CARRILHO, A. C. & BATISTA, D. B. A conservação do Papagaio-de-cara-roxa (Amazona brasiliensis) no estado do Paraná – uma experiência de educação ambiental no ensino formal. Sociedade de Investigações Florestais, v. 31, n. 1, p. 113-122, 2007.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: _____. (Org.) Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula. Editora: Cengage Learning, 2013.

COSTA, R. G. A. Observação de aves como ferramenta didática para educação ambiental. Revista Didática Sistêmica, v. 6, p. 33-44, 2007.

GUEDES, J. V. & GIMENES, M. R. Utilização do Estudo de Aves como forma de otimizar o aprendizado de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental em uma escola municipal de Ivinhema (MS). PIBID.

HURD, P. D. Scientific Literacy: New Minds for a Changing World, Science Education, v. 82, n. 3, p. 407-416, 1998.

MOTOKANE, M. T., Sequências Didáticas Investigativas e argumentação no ensino de ecologia. Revista Ensaio, Belo Horizonte, v.17, n. Especial, p. 115-137, 2015.

NOGUEIRA, M. L., PIRANDA, E. M., SILVA, M. B., ILHA, I. M. N., PALUDETTO, N. A. & BENITES, V. A. Observação de aves e atividades lúdicas no ensino de ciências e Educação Ambiental no Pantanal (MS). Revista brasileira de educação ambiental, v. 10, n. 2, p. 187-203, 2015.

OLIVEIRA, D. K., ANTUNES, M. S. & SOARES, B. M. Saída de Campo - Atividade que Possibilita uma Diversidade de Conteúdos no Meio Ambiente. II Congresso Internacional de Educação Científica e Tecnológica, 2012.

OLIVEIRA, D. K. & SOARES, B. M. Aves como ferramenta sensibilizadora e formadora em experiências educativas. Vivências, v. 9, n. 16, p. 89-99, 2013.

SANTOS, D. R. M. & PRAÇA, A. V. S. Conhecimento da Avifauna pelos Alunos do Ensino Médio do Instituto Marcos Freitas (IMF) Unidade Duque de Caxias (Rio de Janeiro, Brasil). Atualidades Ornitológicas, v. 187, p. 55-60, 2015.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização Cientifica: uma revisão bibliográfica. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

O que é uma ave?

Aves são animais vertebrados que despertam o interesse do homem desde os primórdios da humanidade, por terem bela plumagem, um canto elaborado e terem os mais diversos comportamentos, sendo esses aspectos de fácil observação. Você já parou para notar quantas aves silvestres você viu durante sua vida em comparação com mamíferos, répteis e anfíbios? Caso nunca tenha parado para pensar sobre isso, pode começar agora! Nesta atividade, você irá para um local arborizado (pode ser dentro de sua escola ou uma praça próxima, sua(seu) professora(or) irá indicar) observar os animais vertebrados terrestres. Preencha a tabela abaixo com a quantidade de animais que ver de cada grupo (não imporantando se são da mesma espécie ou não). Para esta atividade, você poderá contar também os animais domésticos, mas depois trabalharemos apenas com animais silvestres. Obs.: Mesmo sendo um mamífero, não é permitido contar seres humanos!

	Mamíferos	Aves	Répteis	Anfíbios
Número de animais vistos				

Columba livia (pombo-comum):

Exótico Introduzido

Gallus gallus (galinha):

Doméstico

Furnarius rufus (joão-de-barro):

Silvestre

O que é um animal silvestre?

Chamamos de animais silvestres aqueles pertencentes à fauna nativa do país, que não são exóticos introduzidos (vindo de outros países) ou domesticados (como galinhas, cães, gatos, etc). Para saber mais, acesse: http://www.beanimal.com.br/index.php/2010/05/20/voce-sabe-a-diferenca-entre-animal-silvestre-domestico-e-exotico/

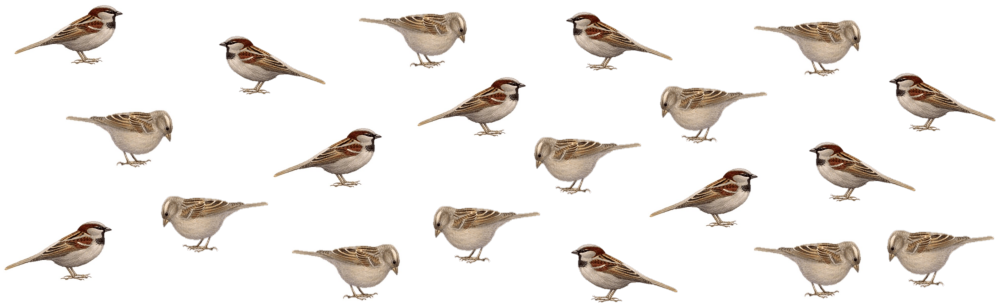
Você sabia?

Este é um QRCode, uma espécie de código de barras utilizado como link. Para acessar sua informação, é necessário possuir um aplicativo scaniador (por exemplo, QR Code Reader) em um celular com câmera. Baixe o aplicativo e teste nesta imagem!

Indivíduo x espécie

Frequentemente se utiliza espécie como sinônimo de indivíduo, mas são conceitos completamente diferentes. Espécie se refere a todos os animais pertencentes e reconhecidos como fazendo parte desse grupo, e indivíduo é apenas um único animal. Para facilitar, aqui vai um exemplo:

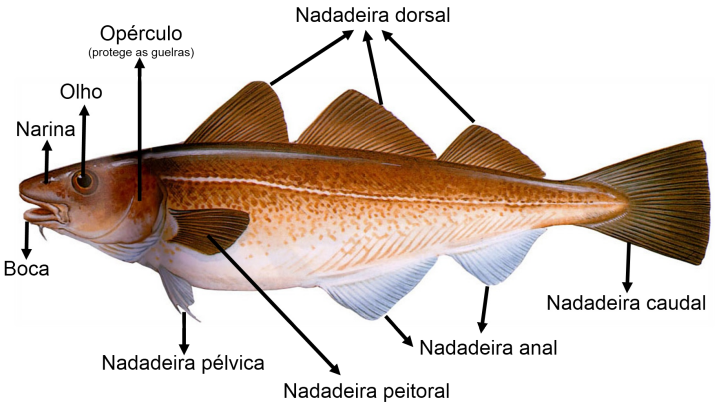
Existem 20 pardais em um terreno baldio. Todos eles pertencem à mesma espécie, *Passer domesticus*, mas cada um dos 20 é um único indivíduo. Ou seja: temos 20 indivíduos, mas apenas uma espécie no terreno.



Para realizar a atividade anterior, você foi capaz de diferenciar um mamifero de uma ave, de um réptil e de um anfíbio. Isso que dizer que você consegue reconhecer e diferenciar os integrantes desses quatro grupos. Quais atributos você utilizou para isso? Coloque os atributos de cada grupo na tabela abaixo:

	Mamíferos	Aves	Répteis	Anfíbios
Atributos				

O que posso usar como atributo? Basicamente, qualquer coisa que te chame a atenção e faça parte dos animais que você já viu, seja ao vivo ou através de fotos/vídeos, podendo ser algo visual ou sonoro. Por exemplo, se fosse dar atributos para peixes, poderia dizer que eles tem escamas, cauda, nadadeiras peitorais, nadadeira dorsal, formato hidrodinâmico, guelras, olhos, boca... e o que mais achar importante! Caso não saiba o nome de alguma coisa, pergunte à(ao) professora(or) ou faça uma pesquisa.



A partir daqui, nosso enfoque será nas aves! Baseado nos atributos que você mencionou na tabela acima, elabore um texto que seja capaz de descrever qualquer ave que você tenha observado no primeiro exercício. Ou seja: quem ler sua descrição tem que entender que se trata de uma ave, mas não ser capaz de identificar uma espécie específica.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Use este espaço como rescunho!

Ao término dessa atividade, se reúna com seus colegas em grupo e discutam sobre quais atributos são essenciais das aves e reelaborem a descrição conjuntamente, de forma a aperfeiçoá-la.

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Anotações, desenhos, marcações... utilize este espaço como quiser!

> Você sabia?

Aves são animais únicos, de fácil observação e que despertam muito o interesse das pessoas. Mas você sabia que a descrição feita por vocês é válida somente para a aves viventes? Várias espécies já se extinguiram, e uma grande parte delas tinham garras nas asas e dentes nos bicos! Isso porque seus antepassados também tinham essas características, e aposto que você os conhece muito bem... os dinossauros! Aves são os dinossauros que sobreviveram à grande extinção. Mas este é um assunto para outra aula... para saber mais, acesse o link: http://www.achetudoeregiao.com.br/dinossauros/aves_dinos.htm.

Entendendo o voo das aves

Aves são conhecidas por serem um grande grupo de animais capazes de voar (possuindo algumas poucas excessões, como mostrado no gráfico abaixo). Também existem algumas espécies dentre mamíferos, répteis, anfíbios e peixes capazes de voar, mas o fazem de uma maneira completamente diferente, que infelizmente não abordaremos aqui. Caso tenha interesse, acesse: http://fisicaebiologia.blogspot.com.br/2010/05/voo-de-animais.html

Existem cerca de 9 mil espécies de aves viventes, e apenas 0,5% delas são incapazes de voar. Alguns exemplos são o avestruz e os pinguins.

Para começar a estudar essa fantástica característa, que fascionou por muitos anos diversas pessoas (e que levou à invenção dos aviões), vamos observar as aves com um olhar mais direcionado. Vá até um local arborizado para realizar essa observação (indicado por sua(seu) professora(a)), e nele irá escolher uma espécie para observar, focando em um indivíduo por vez. De preferência, escolha a maior ave silvestre que encontrar, pois facilitará sua observação. Caso queira identificar qual espécie estará observando, consulte um guia de campo e confirme com sua(seu) professora(or).

Obs.: A pomba-comum (*Columba livia*) foi introduzida no Brasil no século XVII, vinda da Europa. Para facilitar a atividade, essa espécie também poderá ser observada, apesar de não ser silvestre.

Primeiramente, iremos observar a ave escolhida levantando voo, voando e pousando, e responder a seguinte questão: quais partes do corpo ela utiliza para que possa voar?

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

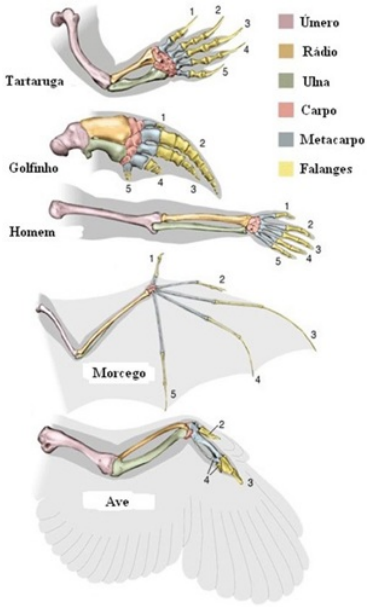
As partes que você pode observar das aves pertencem à sua morfologia, referente à sua região externa (pele, olhos, boca, etc). Mas as partes internas (intestino, rim, coração, etc), pertencentes à anatomia, também são essenciais para que as aves possam voar. Ainda observando e, agora, fazendo um paralelo com a movimentação de seu braço (estrutura homóloga à asa das aves), tente identificar quais são as partes internas relacionadas com o voo.

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

O que é homologia?

Homologia é o nome dado ao fenômeno biológico de "parentesco" entre estruturas. Estruturas homólogas são aquelas que possuem a mesma origem embriológica e indicam ancestralidade comum dentro do âmbito da evolução. Essas estruturas podem ou não ter a mesma função. A imagem ao lado apresenta o exemplo de homologia dos membros anteriores de vertebrados.

Em contrapartida, existem as estruturas análogas, que possuem função semelhante mas não possuem a mesma origem embriológica. Como um exemplo temos as asas de uma borboleta e as de uma ave.

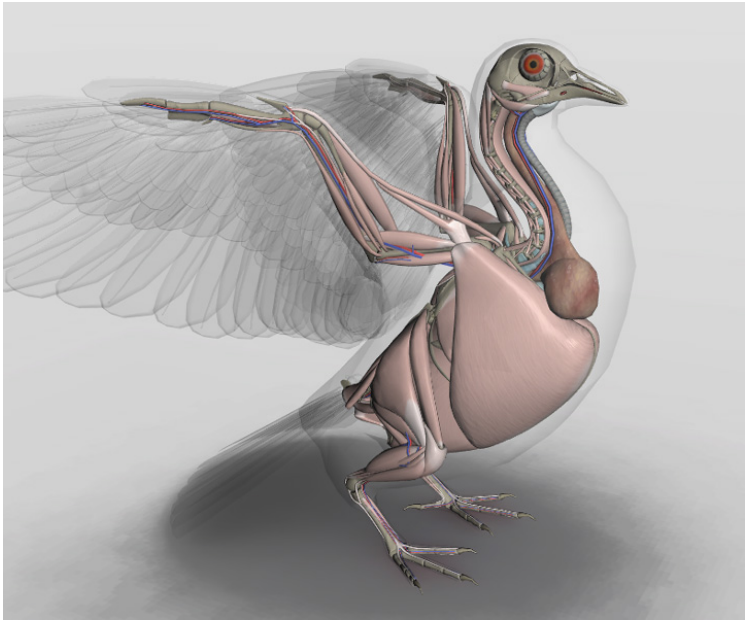


Anotações, desenhos, marcações... utilize este espaço como quiser!

Agora, consultando algum material (Ex.: http://pt.slideshare.net/tiagomerlo1/noes-de-anatomia-das-aves-i-semestre-2014, slide 08 e http://pt.slideshare.net/doradino/miologia-estudos-dos-msculos-em-anatomia-comparada, slide 16), procure qual o nome dado às partes que você elencou como necessárias para o voo. Você adicionaria mais partes? Complete os esquemas que seguem, nomeando e indicando as partes necessárias para o voo de uma ave.

Esqueleto (*Columba livia*)

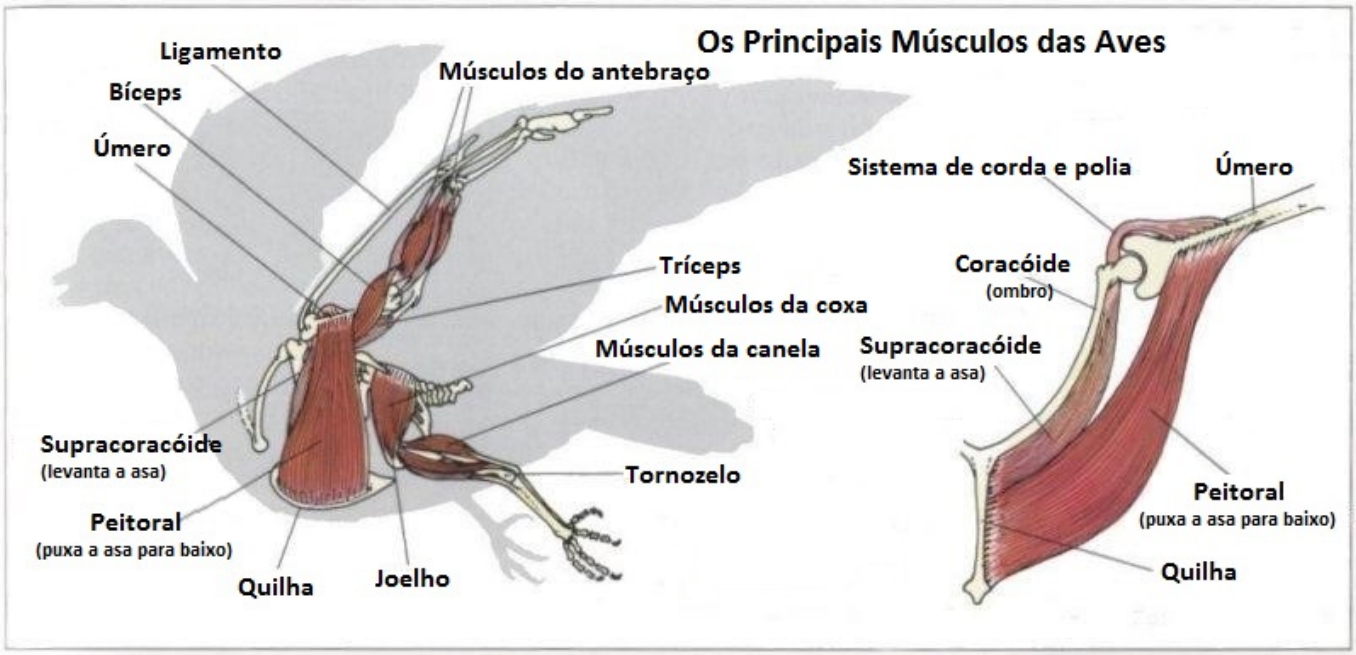
Musculatura (*Columba livia*)



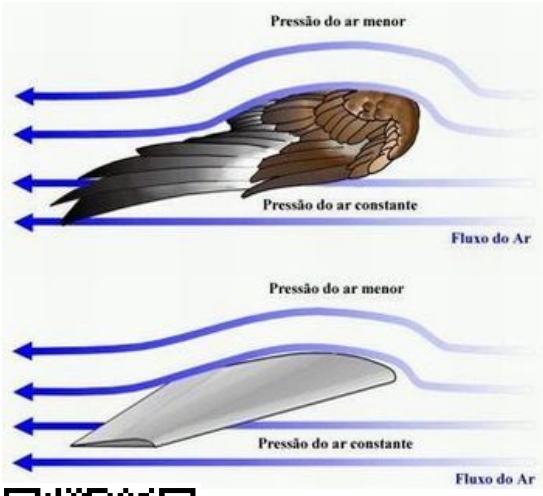
Sistematizando:

Os principais músculos de voo das aves são o músculo peitoral, grande e robusto, responsável pelo movimento para baixo da asa (que necessita de mais força, devido às forças físicas que agem contrariamente ao movimento, que serão explicadas em outra oportunidade) e o músculo supracoracóide, menor, responsável pelo movimento para cima da asa (que necessita menor força, pois é realizado minimizando as forças físicas contrárias ao movimento). A quilha, extensão do osso esterno, possui essa grande área de contato exatamente para ser possível a inserção desses grandes músculos.

Além disso, outras adaptações como ossos pneumáticos (característica que os torna mais leves), maior eficiência respiratória (necessária para suprir os músculos em constante atividade) e as penas, leves e resistentes, são essenciais para o voo das aves. Quer saber mais sobre os assuntos abordados na aula de hoje? Acesse: http://llocomocaoanimal.blogspot.com.br/2010/12/locomocao-no-ar.html



Anatomia de uma ave: musculatura e esqueto diretamente relacionados com o voo. À esquerda, vista lateral esquerda; à direita, vista frontal do esterno.



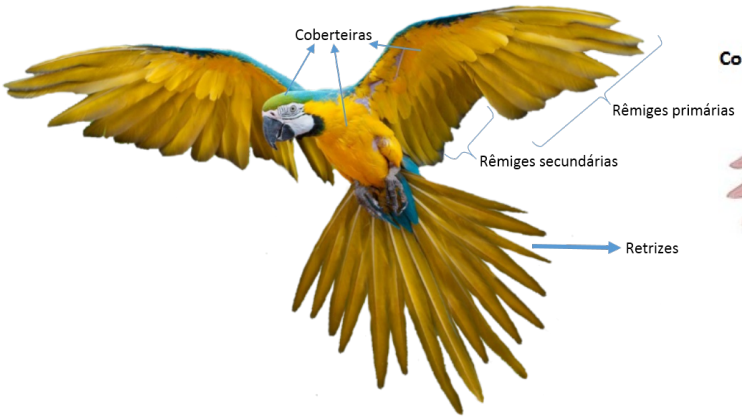
> Você sabia?

Esses movimentos da asa, para cima e para baixo, só proporcionam o voo pois estão relacionados à disposição das penas das asas, que mudam sua conformação de acordo com o movimento. Para planar, as penas da asa ficam uma juntinha com a outra, formando uma superfície concisa, sem aberturas, que permite às forças físicas agirem sobre ela de forma a manter a ave no ar. E é exatamente por isso que as asas dos aviões são iguais! Mas, como os aviões não batem as asas, sua forma de decolar e pousar é completamente diferente. Ficou interessado? Para saber mais como a física explica o voo planado, acesse: http://blog.hangar33.com.br/conheca-quais-sao-as-forcas-que-permitem-uma-aeronave-alcar-voo/

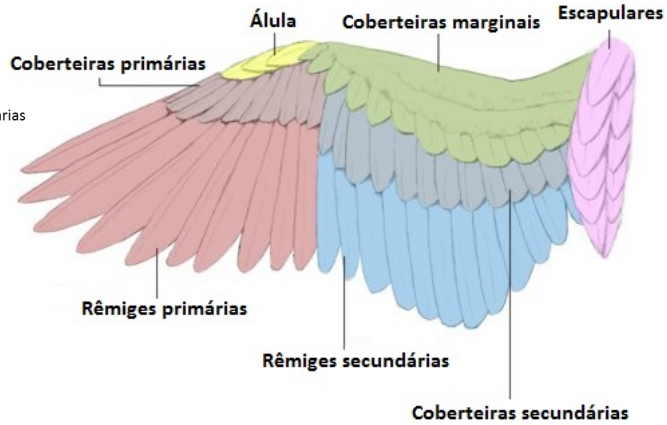
Penas, asas e o voo planado

As penas são estruturas essenciais para que a ave voe. Nesta aula, iremos relacionar os conhecimentos adquiridos na aula passada sobre anatomia e morfologia das aves com a parte mais importante para seu voo: as asas e as penas contidas nelas.

As asas são os membros anteriores das aves, que possuem diversas adaptações relacionadas ao seu hábito voador. Uma das estruturas essenciais para o voo são as penas, principalmente as chamadas penas de voo. As penas de voo são também chamadas de rêmiges, e são divididas em primárias e secundárias. As outras penas da asa, que tem funções de proteção e isolamento térmico, são chamadas de coberteiras. Caso tenha interesse, acesse: http://www2.ibb.unesp.br/Museu_Escola/Ensino_Fundamental/Animais_JD_Botanico/aves/aves_biologia_geral_penas.htm



Indicação dos tipos de penas em uma Arara-canindé (*Ara ararauna*).



; Vista de cima (dorsal) da asa esquerda de uma ave.

Tipos de penas: Rêmiges são as penas encontradas na asa, as retrizes são encontradas na cauda e as penas de contorno, semiplumas e plumas são encontradas por todo o corpo, também chamdas de coberteiras.

Para que possa observar como as penas das asas se comportam durante o voo, assista a estes vídeos: https://www.shutterstock.com/pt/video/clip-2482715-stock-footage-adult-eagle-soaring-in-a-cloudy-sky.html?src=search/jjnCbt87LJ2Cx9vlmPjUxw:1:0/gg e https://www.shutterstock.com/pt/video/clip-6450935-stock-footage-bald-eagle.html?src=rel/2482715:2/3p. Observe, principalmente, a disposição das rêmiges primárias e secundárias das asas.

IMPORTANTE: A partir de agora, quando for mencionada a palavra "penas", estaremos nos referindo somente as rêmiges primárias e secundárias das asas, pois são as que estão mais relacionadas com o voo.

Como as penas estão dispostas em relação umas às outras e ao corpo da ave, durante o voo dessas aves? Descreva em forma de texto e faça um desenho, indicando também a direção do vento em relação à asa.

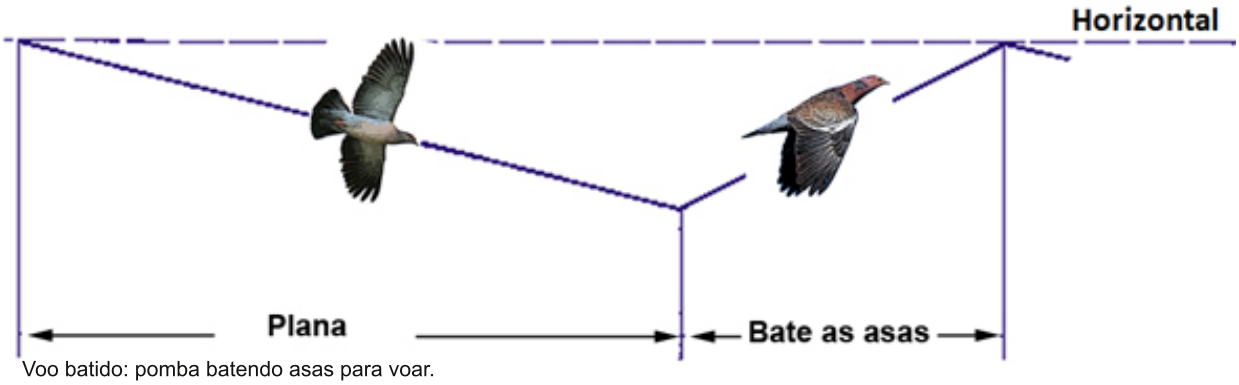
Por que as penas se posicionam dessa forma durante o voo dessas aves?

Para poder explicar com mais detalhes porque isso acontece, temos que entender como as forças físicas agem sobre as penas e a asa como um todo. Para facilitar este entendimento, nada melhor do que fazer comparações com objetos de maior conhecimento: os aviões! Por incrível que possa parecer, mesmo o modo de voo sendo completamente diferente entre uma ave e um avião (já que ele não bate suas asas), as forças físicas que agem em ambos é a mesma, e da mesma forma, durante o voo planado.

O que é o voo planado?

Existem diversas classificações para os modos de voo de uma ave, mas as duas principais são o voo batido e o voo planado. O voo batido é aquele que se utiliza da força produzida pelo movimento das asas para cima e para baixo para se manter no ar (literalmente, o “bater de asas”). Já o voo planado é aquele que se utiliza da força do vento para se manter no ar, assim como os aviões. As aves podem voar das duas formas, mas os aviões apenas planam, pois não batem as asas.

Voo planado: avião planador.



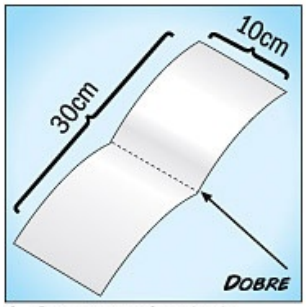
Voo batido: pomba batendo asas para voar.

Como início desta atividade, faremos um pequeno experimento, que irá imitar uma asa frente a uma corrente de vento. Siga as instruções da imagem abaixo para criar e utilizar seu modelo de asa:

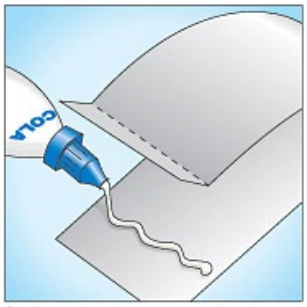
▼ Experiência de aerodinâmica

Para montar uma asa de avião de papel, você vai precisar de:

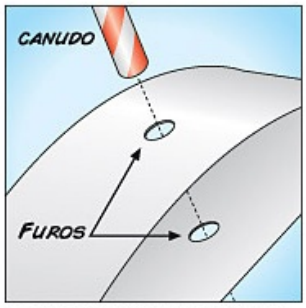
- cartolina
- tesoura
- cola branca
- canudo de refresco
- linha de pesca ou barbante fino



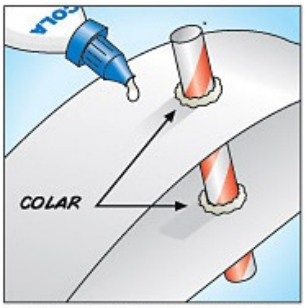
1 - Corte um retângulo de cartolina, de 10 por 30 cm. Dobre a tira pela metade, vincando bem.



2 - Passe cola ao longo de 1cm de uma das pontas e cole a parte superior a 4cm da outra extremidade. A tira deverá ficar curvada.



3 - Faça dois furos na cartolina, para passar o canudo bem justinho.



4 - Cole o canudo na cartolina, mantendo a parte de cima encurvada.

5 - Passe a linha pelo canudo e mantenha-a esticada. Vire a asa contra o vento e ela subirá!

Arte: Denis de Marchi — DGABC (www.dgabc.com.br)

Asa de um avião em construção: o formato se assemelha à asa de papel, com a superfície de baixo reta e a de cima arredondada.

O que você teve que fazer para que a asa subisse? E para que ela descesse ou se estabilizasse?

_____

_____

_____

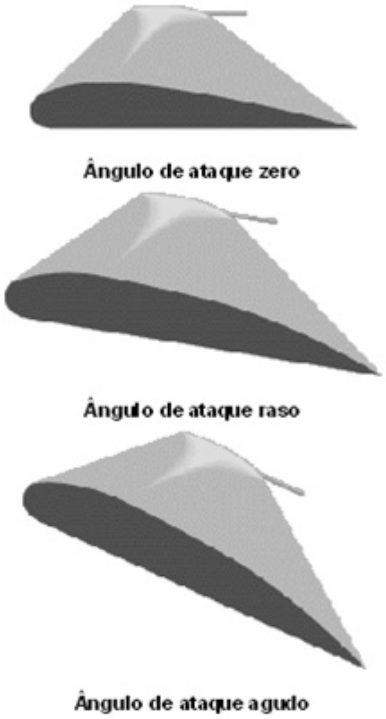
_____

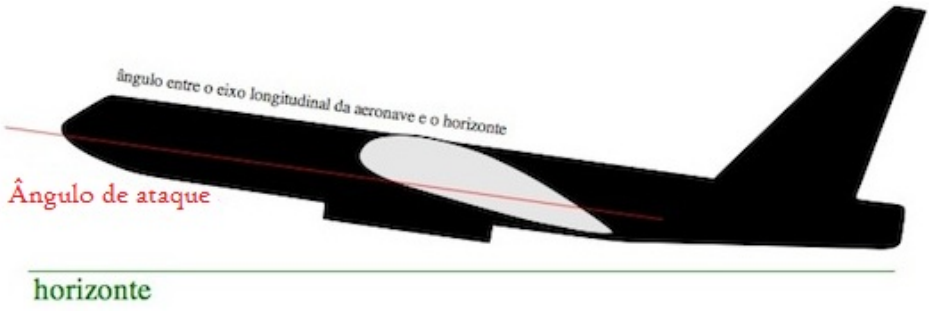
_____

_____

Anotações, desenhos, marcações... utilize este espaço como quiser!

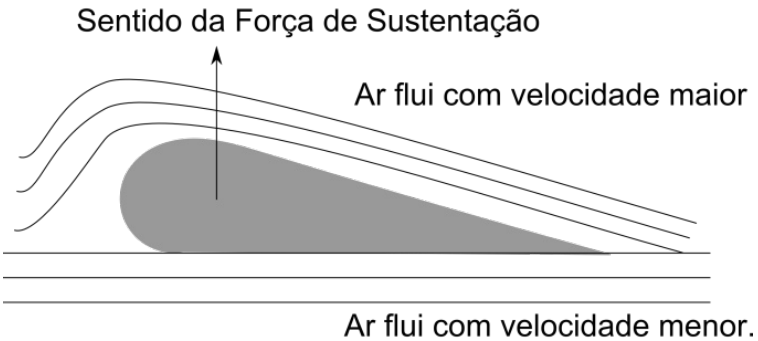
O que você acaba de fazer foi mudar o que chamamos de Ângulo de Ataque. Por mais complicado que seja o nome, é simplesmente a angulação da asa em relação ao eixo horizontal, como mostra a figura abaixo:





Ângulo de ataque: à esquerda, vista lateral esquerda de uma asa de avião (como se estivesse cortada), mostrando diferentes ângulos de ataque; acima, vista lateral esquerda de um avião, com a asa em destaque (cinza), como se estivesse cortada, mostrando o ângulo de ataque na visão do avião como um todo.

Esse ângulo é o responsável por fazer o avião decolar (além da propulsão feita pelas turbinas, necessária por outro motivo, e explicado em outra oportunidade). A asa de um avião é feita de forma a ficar reta na parte de baixo (chamada de intradorso) e mais arredondada na parte de cima (extradorso). Quando o ar passa por essa asa, suas partículas passam mais rapidamente pela parte de cima do que pela parte de baixo, causando uma diferença de pressão, que se torna maior na parte de baixo, resultando em uma força de ascensão de baixo para cima. Quanto menor o ângulo de ataque (em direção a "zero"), maior a sustentação que a asa tem, e quanto maior o ângulo (em direção a "agudo"), menor é essa sustentação, o que também diminui sua velocidade.



À esquerda, comportamento do ar em relação à asa; à direita, asa direita de um avião.

Para visualizar melhor o descrito acima, assita aos vídeos:

- https://www.youtube.com/watch?v=eir0l8_z5ww, que mostra o comportamento do ar frente a uma asa; e
- https://www.youtube.com/watch?v=Cl7yyeC8OZg, que explica a sustentação frente ao formato da asa.

Com base nas informações da páginas anteriores, na observação das aves voando, dos vídeos e do experimento feito, responda: qual seria o ângulo de ataque de um avião decolando, planando e pousando? Junte-se em grupo com seus colegas e discutam. Se for necessário, realizem novamente o experimento e assistam novamente o vídeo.

_____
_____
_____
_____
_____
_____

Para entender as forças físicas que agem sobre os objetos em voo foram necessários anos de pesquisa por parte de físicos e biólogos, de forma a utilizar modelos animais para a produção de uma máquina capaz de voar. Mas, ainda assim, é impossível copiar completamente a natureza. Na próxima aula, você verá como as aves se utilizam das forças físicas para que consigam decolar, planar e pousar, de forma ainda mais eficiente que um avião – e, claro, algumas estruturas que fazem toda a diferença.

Anotações, desenhos, marcações... utilize este espaço como quiser!

> Você sabia?

O primeiro avião a voar foi o 14bis, de Santos Dumont. Para a época, foi um grande salto para o desejo humano de voar. Mas este voo foi um voo curto, devido a falta de dirigibilidade, que permite ao piloto mudar a direção do avião, fazer uma meia-volta e gira em torno de si mesmo, o que chamaríamos hoje de "manobrar". Os construtores de aviões modernos desenvolveram diferentes mecanismos para permitir a dirigibilidade das aeronaves, como os flaps, spoliers, ailerons, slats... ficou interessado? Acesse este site apra saber mais sobre a dirigibilidade dos aviões modernos: http://sabordevoar.blogspot.com.br/2012/03/informacao-24-movimentos-de-um-aviao.html

Para além da sustentação: arrasto, tração e gravidade

Além da sustentação, necessária para manter o avião ou a ave no ar, existem outras forças físicas que agem durante o voo planado, sobre as quais falaremos nesta aula: tração, gravidade e arrasto.

É fácil entender como um condor ou um avião planador decolam: em ambos os casos, se necessita de um local alto e da força do vento. O condor literalmente salta de um penhasco e utiliza a velocidade do vento para começar a planar; e o planador é levado até um local alto e dali decola. Como mostram os videos abaixo, em ambos os casos, não existe autonomia do avião ou da ave para levantar voo. Mas estes são casos à parte; a maioria das aves e aviões possuem mecanismos que os proporcionam a velocidade necessária para iniciar seu voo.

Condor: https://www.youtube.com/watch?v=zA_L1eQnHBg
(entre 2 min e 3:40 min)
Avião planador: https://www.youtube.com/watch?v=OpemglwS8XA

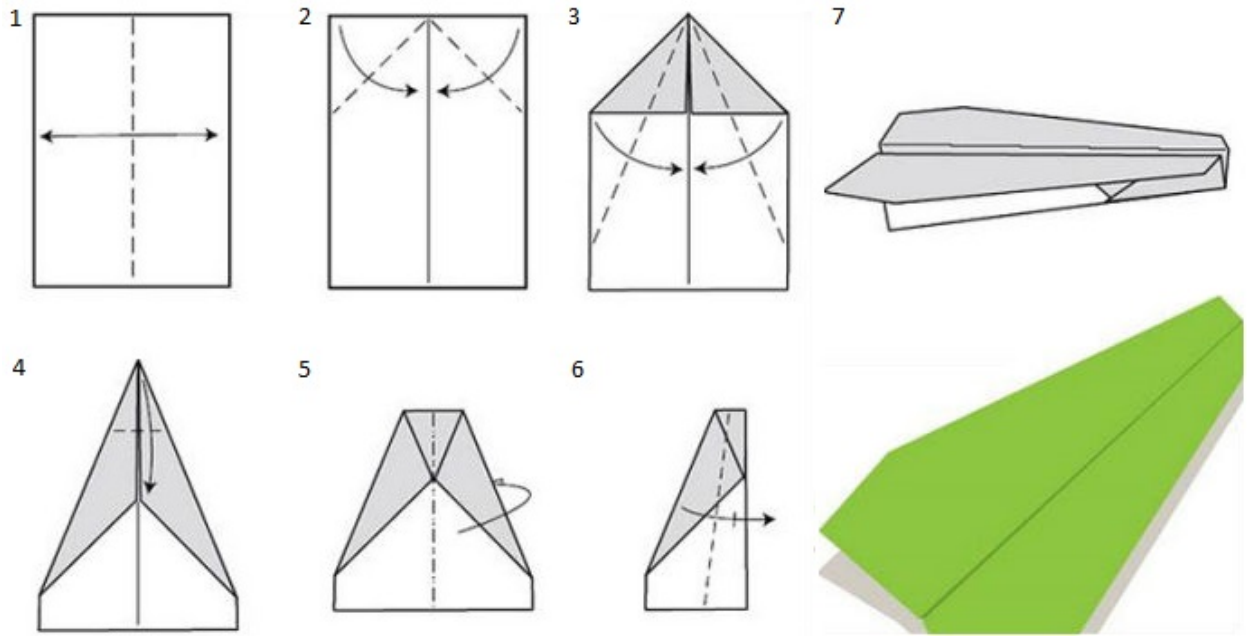
Para responder à questão abaixo, assista a estes dois vídeos:

Ave levantando voo – https://www.youtube.com/watch?v=GCb9-PKs8Gc
Avião levantando voo – https://www.youtube.com/watch?v=4hIqknozr4E

Qual é o mecanismo utilizado pela ave para iniciar um voo planado? E qual o mecanismo utilizado pelo avião?

_____
_____
_____
_____

Agora, vamos realizar um experimento: construa um avião de papel, seguindo as instruções abaixo. Se já estiver acostumado a construir um outro tipo de avião de papel que seja capaz de voar em linha reta, pode ser também utilizado.



Depois de constrído o avião, faça uma linha no chão com uma fita crepe e marque-a a cada 30 centímetros, de forma a fazer uma grande régua no chão. Faça isso de um lado a outro do cômodo, de forma a possuir pelo menos 2 metros. Agora, lance o avião várias vezes na mesma direção da régua, de forma a começar com nenhuma força (apenas solte o avião com a mão parada) e vá aumentando aos poucos a força que utiliza. Marque a distância a que chegou o avião a cada lançamento na tabela abaixo.

Lançamento	1	2	3	4	5
Distância					

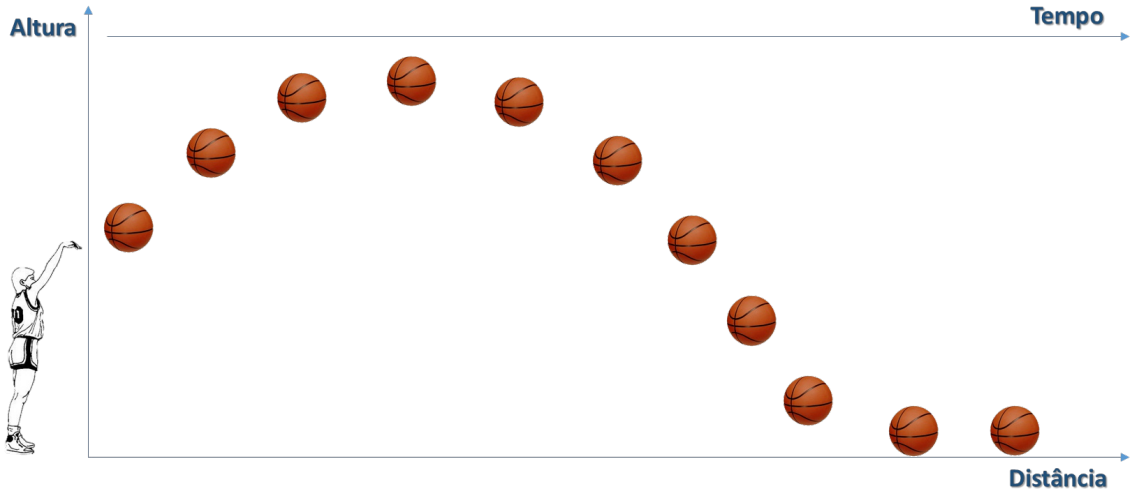
O que aconteceu quando você somente soltou o avião? E quando foi jogando cada vez mais forte?

_____
_____
_____
_____
_____

Para que uma ave ou um avião possam iniciar o voo, eles precisam de uma força de tração. Essa força gerada empurra o ar para trás, e este empurra o avião ou a ave para frente. Quanto maior a força de tração, consequentemente maior será a velocidade (ver: 2ª Lei de Newton, princípio fundamental da dinânimca). Quanto maior for a velocidade, maior será a sustentação. E quanto maior a sustentação, mais longo é o voo, e mais longe a ave ou o avião vai, assim como o avião de papel!

Mas essas são somente as forças que impulsionam o avião ou a ave para frente e para cima: sustentação e tração. Assim como diz a 3ª Lei de Newton, para toda ação há sempre uma reação oposta. Então, se existe uma força para cima, existe uma para baixo, e se há uma força para frente, existe uma para trás.

Antes de dar nomes à essas forças contrárias, você já deve ter percebido que elas existem: quando o avião de papel foi lançado, o que aconteceu quando se passou um determinado tempo? Construa um gráfico, assim como no modelo abaixo, de forma a representar a posição do avião em relação ao solo (altura) e à régua (distância) no tempo, representando apenas um lançamento.

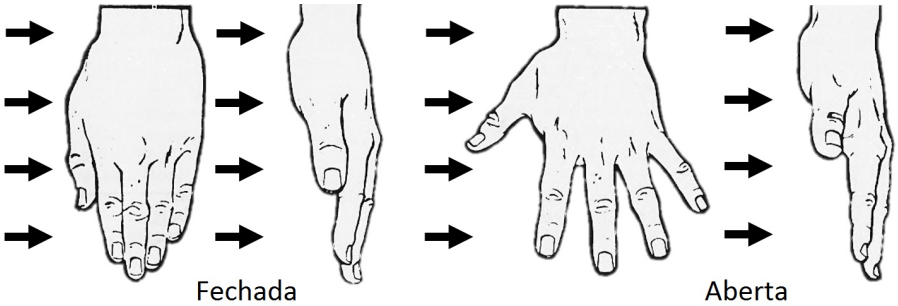


Construa seu gráfico aqui!

O que você acabou de fazer foi mostrar, graficamente, a ação da força da gravidade, que puxa os objetos em direção ao solo; ou seja, é a força contrária à sustentação. A ação da gravidade depende também da massa, ou seja, do peso. Então, quanto mais pesado for o avião ou a ave, maior terá que ser sua força de tração para alçar voo.

Façamos agora outro experimento: é mais fácil passar a mão através da água ou do ar? É mais fácil fazer isso com ela aberta ou fechada? Em qual posição, horizontal ou vertical? Por que isso acontece?

As setas indicam a direção em que a mão está se movendo.
Da esquerda para a direita: horizontal fechada; vertical fechada; horizontal aberta; vertical aberta.



A diferença entre os meios aquoso e aéreo se dá pela sua viscosidade, que é a resistência de um flúido em escoar. Dentro da física, tanto o ar quanto a água são chamados de flúidos, e a água é mais viscosa que o ar. A resistência do ar (ou seja, sua viscosidade) é o que gera o arrasto, força contrária à tração. A força do arrasto depende, além da viscosidade do flúido, da textura e formato do que o está atravessando. Quanto maior for a superfície de contato e mais áspera, maior é o arrasto, e quanto menor a superfície de contato e mais lisa, menor é o arrasto.

Sabe-se que os aviões possuem características que facilitam na sua aerodinâmica. Baseando-se em todas as informações vistas até agora, responda: quais são essas características? E qual é o motivo (relacionado às forças físicas) de cada um delas ser utilizada pelos fabricantes de aviões?

Agora que você já viu muitos aspectos do voo dos aviões, é hora de partir para a base de tudo isso: o voo das aves!

Mas, antes de começar, precisamos primeiro indicar alguns aspectos importantes. Assim como os aviões, as aves possuem características que as ajudam na hora de voar. Indique essas caracaterísticas no desenho abaixo, podendo indicar com setas ou cores determinadas partes do corpo se achar necessário. Lembre-se sempre que: as aves precisam economizar energia; assim como o combustível de um avião não é infinito, a energia da ave (fornecida pelo alimento) também não. Então, as caracaterísticas listadas, além de estarem relacionadas ao voo, também devem estar relacionadas à economia de energia pela ave.

Com essas características em mente, iremos analisar a principal diferença entre as aves e os aviões: o estilo de voo. Enquanto os aviões conseguem apenas realizar o voo planado, as aves são capazes de realizar também o voo batido. Esse voo batido geralmente é utilizado para decolar, pousar e aumentar ou permanecer em determinada altitute, ações realizadas pelo trabalho conjunto das asas e do motor nos aviões e somente pelas asas nas aves.

Como foi visto em aulas passadas, o “motor” da ave são suas asas, sustentadas pelos poderosos músculos peitoral e supracoracóide, que assosciados com as remiges são os principais responsáveis por fornecer a tração necessária para levantar voo.

Assista a esses dois vídeos, que mostram diferentes aves, de diferentea ângulos, levantando voo em *slow motion* (câmera-lenta) e responda à questão que segue:

Para que possa observar como as penas das asas se comportam durante o voo, assista a estes vídeos: https://www.youtube.com/watch?v=UFiYSHFh4qM&index=42&list=PLtra-MWzIvZG_TnFr7Ea05qDP0Vt5siKb e https://www.youtube.com/watch?v=VTVigNA3KCY (este entre 2:30min e 5min). Observe, principalmente, a mudança de disposição das rêmiges primárias e secundárias das asas, durante o movimento para baixo e para cima delas.

Como as rêmiges estão dispostas em relação umas às outras e ao corpo da ave, durante o movimento para baixo da asa? E durante o movimento para cima? Ligue as informações das colunas externas com as caixas do centro:

Dispostas uma sobre as outras, formando uma superfície concisa, sem aberturas.	Movimento para baixo	Dispostas horizontalmente em relação ao corpo.
Dispostas uma longe da outra, formando várias aberturas.	Movimento para cima	Dispostas verticalmente em relação ao corpo.

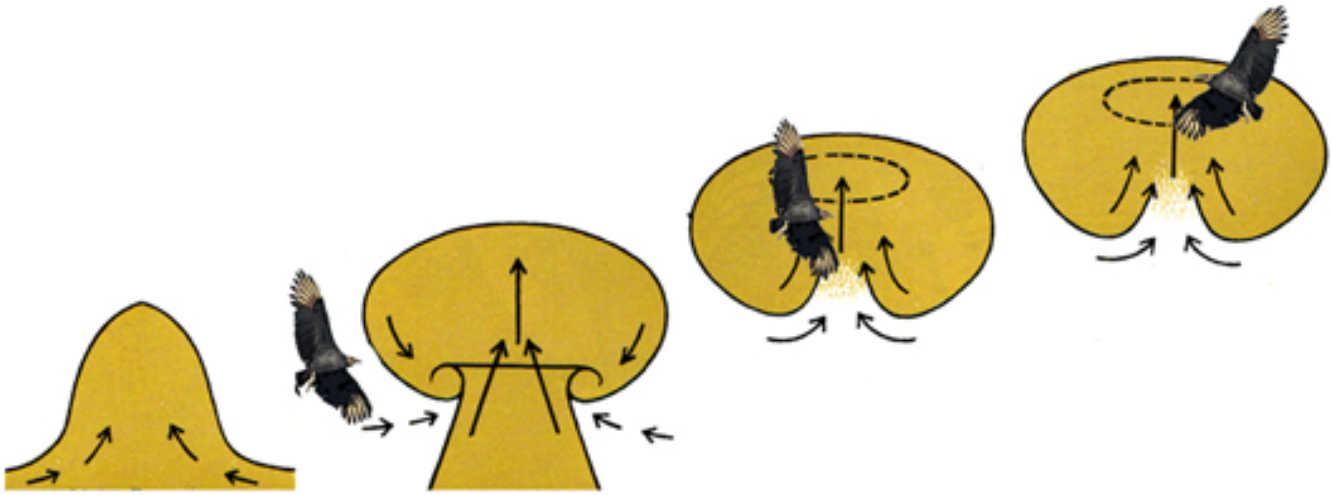
Depois de observar o vídeo e fazer as relações acima, responda com base na ação das forças físicas: Porque as penas se posicionam dessa forma durante a batida de asa para baixo? E para cima?

_____
_____
_____
_____
_____
_____

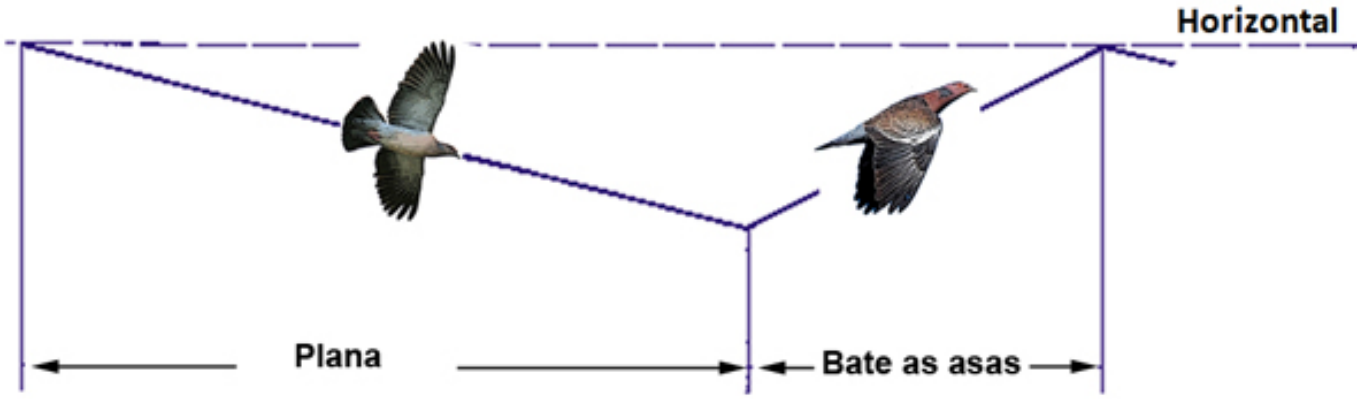
Após levantar voo, vem também a dificuldade em se manter no ar. Como visto, a ação da gravidade puxa a ave em direção ao solo, mesmo que esta se mantenha com as asas esticadas a fim de aumentar sua sustentação. As aves se utilizam de dois mecanismos para não perder altitude (ou para subir ainda mais): correntes de vento e propulsão das asas.

As correntes de vento geralmente são usadas por aves pesadas, grandes, que gastariam muita energia batendo frequentemente suas asas. Essas correntes de vento são ascendentes (do solo para cima) e são usadas como força motriz no voo. Essas aves recebem o nome de planadoras devido a esse comportamento, sendo alguns exemplos os gaviões, urubus, gansos e gaivotas.

Já aves menores, que voam em ambientes restritos, com pouca área aberta (como florestas, que possuem muitos obstáculos), se utilizam da força de tração das asas para se manter no ar ou aumentar sua altitude. Faça uma análise das duas figuras abaixo e, juntamente com o que viu nos videos em *slow motion*, responda ao que se segue:



A região amarela indica a corrente de ar, e as setas a direção do ar.



O eixo horizontal indica a distância, e o vertical a altitude.

Descreva cada um dos tipos de voo e sua estratégia para se manter no ar, relacionando-os com as informações do texto e dos vídeos. Descreva também o ambiente em que cada ave provavelmente vive, relacionado com seu estilo de voo.

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Como você pode perceber, o tipo de voo sempre está relacionado com as diferentes características de cada ave e do ambiente em que ela vive. Assim como os aviões foram projetados para voar em ambientes amplos, muitas aves sofreram seleção natural de forma que se adaptaram a ambientes fechados e com muitos obstáculos.

Um dos motivos pelos quais o 14bis (primeiro avião a voar) não foi muito longe é que, mesmo possuindo a sustentação e a leveza, não possuia a dirigibilidade, que confere aos aviões e aves a possibilidade de mudar de direção, girar e dar meia-volta, habilidades extremamente desenvolvidas em aves de ambientes fechados. Para poder manobrar, vários mecanismos são utilizados, como a cauda, asas, álula... e todos tem correspondentes nas aeronaves modernas. Mas isso fica para outra oportunidade.

> Você sabia?

O voo é uma habilidade incrível e que fascina os seres humanos desde seus primórdios. E existem algumas perguntas que já foram feitas a respeito, e que talvez você também tenha se feito: Por que as aves voam? Quando elas começaram a voar? Durante a evolução do grupo, qual foi a primeira ave a voar? Essas e outras perguntas ficam para outra aula... se quiser saber mais, acesse: http://www.avesderapinabrasil.com/materias/ori-gem_aves.htm e divirta-se!

Sistematizando

Agora que você já aprendeu muitas coisas sobre as aves, sua habilidade de voo e como isso foi utilizado para a fabricação dos aviões, é hora de ver o resultado de seu aprendizado! Esta atividade foi pensada para que você possa colocar tudo o que aprendeu em um único lugar, de forma resumida e organizada, para que outras pessoas também possam aprender!

Você irá agora construir, em grupo, um diagrama. Solte sua imaginação e faça da forma que preferir, desde que possua os seguintes aspectos: desenho das estruturas, conceito, explicação do conceito e associação das forças físicas com as estruturas, sempre com foco nas aves. O diagrama abaixo serve apenas como um guia, não sendo uma regra. Utilize uma folha sulfite ou de caderno como rascunho e depois faça a versão final em cartolina. Divirta-se!

https://www.facebook.com/PapoDePrimata/photos/a.432498143511072.1073741827.370397739721113/1156668267760719/?type=3&hc_ref=NEWSFEED