

# Evolução

## 1 A Natureza da Ciência

Entender como a ciência funciona permite-nos distinguir facilmente aquilo que não é ciência. Além disso, para entender a evolução biológica, ou qualquer outra ciência, é essencial começar com a natureza da ciência.

Acesse o link no ambiente virtual para conhecer o **material de referência desenvolvido pela Universidade de Berkeley, USA**, que será usado muitas vezes nesta disciplina.

### O que é ciência?



Fig. 1 Sequoias

Ciência é uma maneira particular de entender o mundo natural. Ela expande a curiosidade intrínseca com a qual nascemos e nos permite conectar o passado com o presente, como acontece com as sequoias (Figura 1).

A ciência é baseada na premissa de que nossos sentidos e as extensões desses sentidos, pelo uso de aparelhos, podem fornecer-nos informações precisas sobre o Universo. A Ciência segue “regras” muito específicas e seus resultados são sempre sujeitos a testes e, se necessário, a revisões. Mesmo com tais restrições, a ciência não exclui - às vezes até se beneficia - a criatividade e a imaginação (quando adicionadas de uma boa quantidade de lógica).

### A ciência faz três perguntas básicas

#### 1. O QUE É?

O astronauta recolhendo rochas na Lua, o físico nuclear bombardeando átomos, o biólogo marinho descrevendo uma espécie recém-descoberta, o paleontólogo escavando estratos promissores, todos estão procurando saber “O que é?”

## 2. COMO FUNCIONA?

Um geólogo comparando os efeitos do tempo em rochas lunáticas com os efeitos do tempo em rochas terrestres, o físico nuclear observando o comportamento de partículas, o biólogo marinho observando as baleias nadando e o paleontólogo estudando a locomoção de um extinto dinossauro: “Como funciona?”

## 3. COMO CHEGOU A SER ISTO?

Cada um desses cientistas tenta reconstruir as histórias de seus objetos de estudo. Quer sejam esses objetos rochas, partículas elementares, organismos marinhos ou fósseis, os cientistas estão perguntando: “Como chegou a ser isto?”



Fig. 2 Medindo T. Rex para investigar locomoção

## A Ciência funciona de formas específicas

O propósito da ciência é aprender sobre o nosso universo. A beleza da ciência emana da liberdade para explorar e imaginar. Entretanto, para maximizar a possibilidade de que no final consigamos acertar, a ciência segue orientações razoáveis. É importante manter em mente certos fundamentos:

- A Ciência baseia-se em evidências do mundo natural e essas evidências são examinadas e interpretadas pela lógica.
- A flexibilidade criativa é essencial ao pensamento científico; entretanto, a ciência segue um processo guiado por certos parâmetros.
- A Ciência é incorporada à cultura de seu tempo.

Entender como a ciência funciona permite-nos distinguir ciência do que não é ciência.

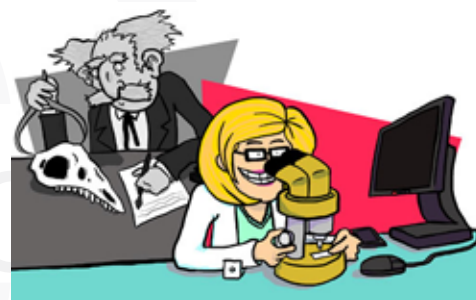


Fig. 3 Cientistas

## Ciência tem princípios

A ciência procura explicar o mundo natural e suas explicações são testadas utilizando evidências do próprio mundo natural. Pássaros e lagartos existem no mundo natural e, portanto, são abrangidos na esfera de ação da ciência.

É divertido ler sobre elfos e gnomos ou até colocá-los como estátuas em nossos jardins, mas eles não habitam o mundo natural, o que significa que não são apropriados para estudos científicos. A base de qualquer entendimento científico é a informação retirada de observações da natureza.

A ciência supõe que podemos aprender sobre o mundo natural juntando evidências percebidas pelos nossos sentidos e suas extensões. Uma flor ou uma rocha pode ser diretamente observada sem auxílio de aparelhos. Mas, usando tecnologia, nós podemos expandir os sentidos humanos para observar fenômenos invisíveis, como eletricidade e campos magnéticos, e objetos, como bactérias e galáxias longínquas.



Fig. 4 Pássaro e lagarto



Fig. 5 Elfos e gnomos não são objetos científicos

Sonhos, aparições e alucinações, por outro lado, podem parecer reais, mas não derivam e tampouco são extensões dos nossos sentidos. O teste final de qualquer compreensão conceitual só existe quando apoiado em materiais e observações reais. Sem evidência só é possível especular.

## Ciência é um processo

### Ideias científicas são desenvolvidas através do raciocínio

Inferências são conclusões lógicas baseadas em fatos observáveis. Muito do que sabemos de estudos científicos é baseado em inferências de informações, sem importar se o objeto de estudo é uma estrela ou um átomo. Ninguém jamais viu o interior de um átomo; ainda assim, nós sabemos, por inferência, o que há lá. Átomos foram desmontados e seus componentes, determinados. A história da vida na Terra foi, da mesma forma, inferida através de múltiplas linhas de evidência.

### Afirmações científicas baseiam-se em testar explicações contra observações do mundo natural e rejeitar aquelas que falharem no teste

Explicações científicas são avaliadas usando evidências do mundo natural. As evidências podem vir de várias fontes: um controlado experimento laboratorial, um estudo de anatomia ou gravações de radiação vindas do espaço, para não citar mais. Explicações que não batem com as evidências são descartadas ou modificadas e testadas novamente.

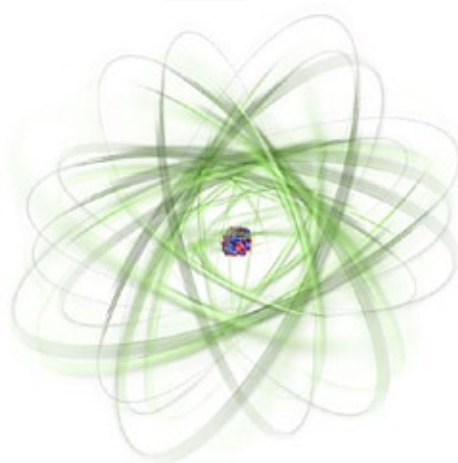


Fig. 6 Átomo. Ninguém jamais viu o interior de um átomo mas nós sabemos o que há lá.



Fig. 7 Eras históricas  
Ninguém viveu ao longo da história, mas sabemos que ela ocorreu.

## Afirmações científicas são sujeitas à revisão externa e reprodução

Revisão externa por especialistas é parte integral de empreendimentos científicos genuínos e acontece continuamente em todas as áreas da ciência. O processo de revisão inclui exames das informações e da coerência de outros cientistas. Ela tenta identificar explicações alternativas e reproduzir observações e experimentos.

## No mercado das ideias, a explicação mais simples tem vantagem. Esse princípio é conhecido como parcimônia.

Considere essas observações:

- Uma observação mais aprofundada de caracóis, nautilóides, lulas, polvos e sépia revela a similaridade básica do formato do corpo de cada um (veja abaixo).
- A concha de um nautilus e de seus parentes extintos, as ammonites, é similar à concha de um caracol.
- Os tentáculos de um polvo, quando examinados cuidadosamente, podem ser vistos como sendo um pé modificado de caracol.
- O estômago de todos os membros desse grupo tem a mesma disposição de partes.

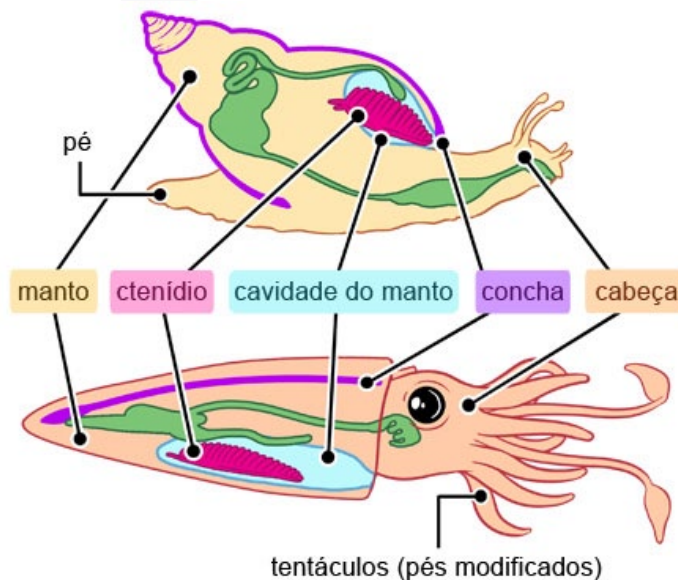


Fig. 8 Caracol e lula

Uma possível explicação é a de que esses animais adquiriram, independentemente, órgãos equivalentes através de uma considerável série de coincidências, mas a explicação mais provável é a de que esses animais herdaram órgãos similares através de ancestralidade comum. Isso é parcimônia.



Fig. 9 Polvo. Ancestralidade comum é a explicação parcimoniosa para as similaridades entre esse polvo e seus parentes. Imagem cortesia de Gustav Pauley.



## Não existe “O” método científico

Se você for a feiras de ciência ou ler revistas científicas, pode ter a impressão de que ciência não é nada mais que a sequência: “perguntas – hipóteses – procedimentos – informações - conclusões”.

Mas essa é raramente a maneira como os cientistas trabalham. Grande parte do pensamento científico, seja ele feito enquanto caminha, no banho, no laboratório ou enquanto se escava um fóssil, envolve contínuas observações, perguntas, múltiplas hipóteses e ainda mais observações. Ela dificilmente se conclui e nunca se “prova”.



Imagem de trabalho de campo científico cortesia de David Smith, UCMP

Fig. 10 Cientistas em trabalho de campo escavando um fóssil. Imagem de trabalho de campo científico cortesia de David Smith, UCMP.



Fig 11 Estereótipo científico

Juntar toda a ciência num mesmo pacote “O método científico”, com seu estereótipo de um cientista com jaleco branco e frascos borbulhantes, deturpa muito o que os cientistas passam grande parte do seu tempo fazendo. Especialmente aqueles que estão envolvidos em ciência histórica trabalham de maneira bastante diferente, onde perguntar, investigar e criar hipóteses podem ocorrer em qualquer ordem.

## Teorias são essenciais para o pensamento científico

Teorias são explicações generalizadas que esclarecem algum aspecto da natureza, são baseadas em evidências, permitem que cientistas façam previsões válidas e são testadas de todas as formas. Teorias são defendidas, modificadas ou substituídas quando novas evidências aparecem. Teorias dão aos cientistas quadros dentro dos quais possam trabalhar. Importantes teorias científicas, como a teoria celular, teoria da gravidade, teoria da

evolução e teoria das partículas são todas grandes ideias dentro das quais cientistas testam hipóteses específicas.

A definição científica de “teoria” não pode ser confundida com a maneira como o termo é comumente utilizado, significando uma suposição ou um pressentimento. Em ciência, uma teoria significa muito mais e é muito bem fundamentada. A “Teoria da Evolução” é uma teoria embasada, internamente consistente e muito testada a explicação de como decorreu a história da vida na Terra – não um palpite. Entender o papel da teoria na ciência é fundamental para cientistas e vital para os cidadãos bem informados.

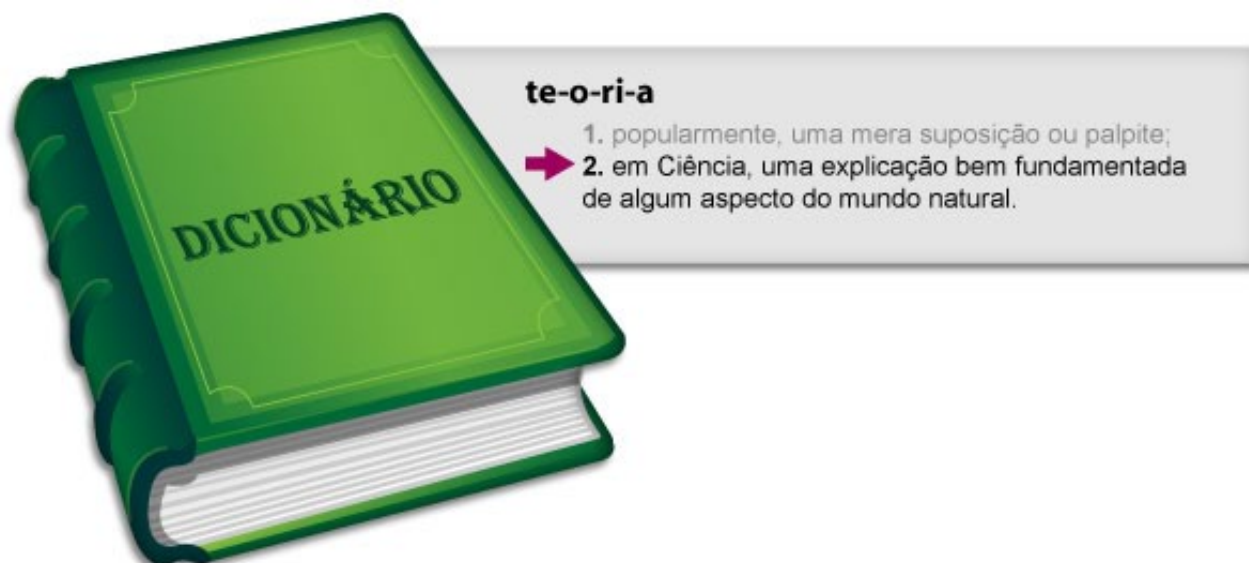


Fig. 12 Definições de teoria

## Características da ciência

### Conclusões em ciência são confiáveis, apesar de provisórias

Ciência é sempre um trabalho em andamento e suas conclusões são sempre provisórias. Mas, assim como “teoria”, a palavra “provisório” tem um significado especial quando inserida no contexto científico. Conclusões científicas não são provisórias no sentido de serem temporárias até alguém aparecer com a resposta certa. Conclusões científicas têm seu conteúdo objetivo e sua racionalização bem fundamentada, e são provisórias apenas no sentido de que toda ideia está aberta à análise e teste. Em ciência, a efemeridade de ideias como a natureza dos átomos, células, estrelas ou a história da Terra mostra o anseio dos cientistas de modificar suas ideias conforme surjam novas evidências.

## Ciência não é democrática

Ideias científicas estão sujeitas à análise de qualquer um, seja de longe ou de perto, mas nunca há votação. Se a questão das placas tectônicas tivesse sido decidida democraticamente quando foi apresentada pela primeira vez no início do século XX, nós não teríamos, hoje, nenhuma explicação para grande parte da superfície terrestre. Ideias científicas são aceitas ou rejeitadas com base em evidências.

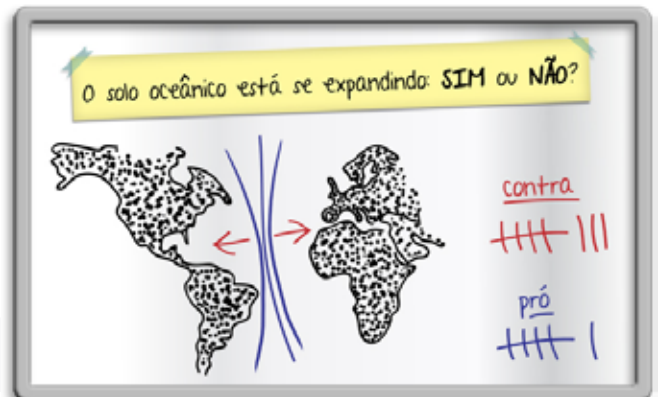


Fig. 13 Ciência é baseada em evidências, não fatos

## Ciência não é dogmática

Nada na indústria ou na literatura científica necessita de fé. Pedir a alguém que aceite ideias puramente por fé, mesmo quando essas ideias são apresentadas por especialistas, não é científico. Enquanto na ciência é necessário fazer algumas suposições, como a ideia de que temos de confiar em nossos sentidos, explicações e conclusões são aceitas somente quando são bem fundamentadas e continuam a resistir à análise científica.



Fig. 14 Flores

## Ciência não pode tomar decisões morais ou estéticas

Cientistas podem deduzir as relações entre plantas floríferas a partir de sua anatomia, DNA e fósseis, mas eles não podem cientificamente dizer que uma rosa é mais bonita que uma margarida. Sendo humanos, cientistas fazem julgamentos morais e estéticos, assim como todo cidadão do planeta, mas essas decisões não são parte da ciência.

## Ciência existe em um contexto cultural

A ciência não é sempre uma ascensão direta em direção à verdade.

Apesar dos meticulosos esforços daqueles que a praticam, a ciência às vezes acontece aos trancos e barrancos. Em alguns casos, as ideias científicas que dominaram uma época em particular foram, mais tarde, reconhecidas como imprecisas e incompletas.

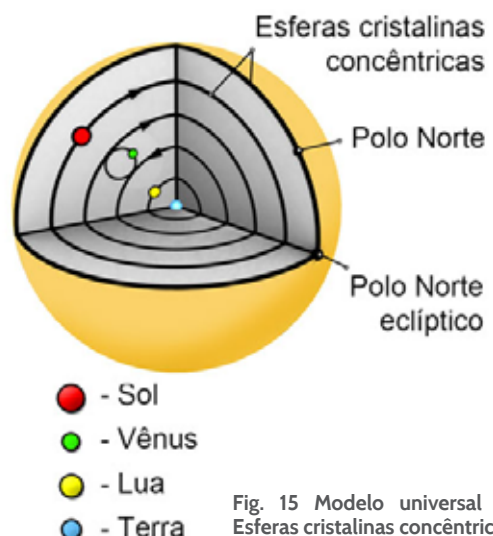


Fig. 15 Modelo universal de Esferas cristalinas concêntricas

- Antes de Galileu desafiar o sistema, o geocentrismo era a regra. O modelo do Universo Geocêntrico, representado à direita, persistiu por séculos até que, finalmente, as pessoas começaram a aceitar que a Terra não é o centro do Universo.
- Especiação foi primeiramente descrita como um processo gradual, mas, recentemente, ficou claro que, sob algumas condições, a especiação pode ocorrer de forma relativamente rápida.
- As ideias de Alfred Wegener sobre deriva continental não foram levadas a sério até que mecanismos viáveis para o movimento dos continentes comesçassem a ser reconhecidos.

## A ciência corrige a si mesma

Às vezes, as pessoas cometem erros. Ocasionalmente, cientistas são varridos numa corrente de ideias que os leva a enganos. Mas erros, equívocos e enganos são corrigidos pela própria comunidade científica. Algumas vezes, as correções levam anos, décadas ou até séculos. Uma melhor compreensão pode decorrer de novas tecnologias ou mudanças de perspectiva, mas cedo ou tarde uma maior aproximação da verdade aparece. O fato de que hipóteses antigas caem por terra enquanto novas as substituem não significa que a ciência seja inválida como maneira de se reunir conhecimento. Plasticidade de pensamento é a essência do processo científico.

Por exemplo, nos último 100 anos, os livros de texto inicialmente agrupavam todos os seres vivos em 2 reinos até chegarem, mais recentemente, a retratar as conexões da vida como 3 domínios.

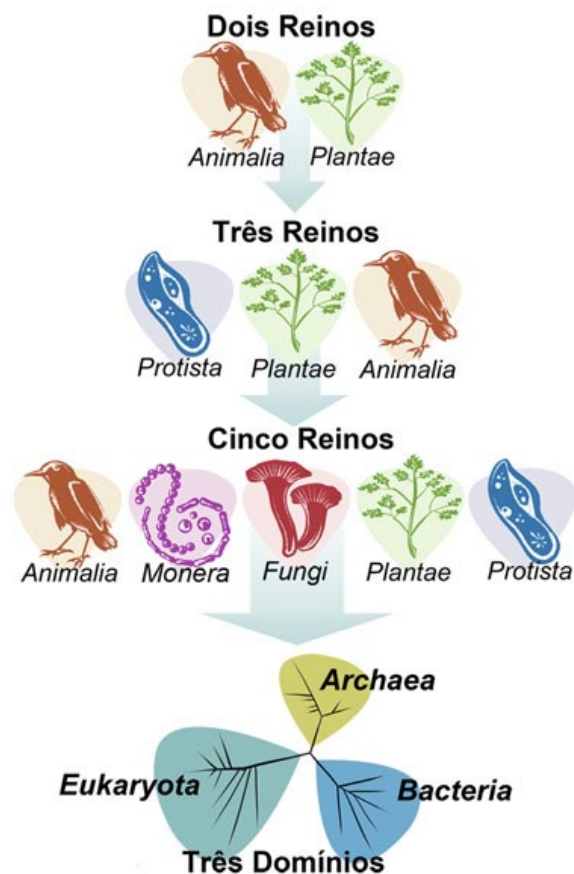


Fig. 16 Diferentes propostas de agrupamento dos seres vivos

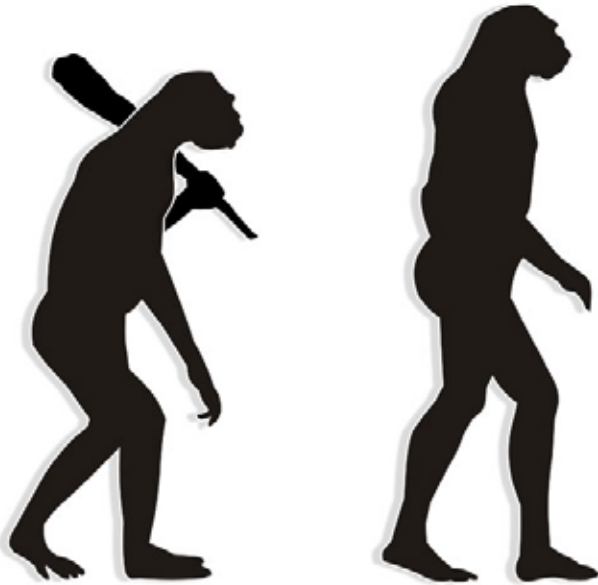


## A ciência é um empreendimento humano Todas as fragilidades humanas estão presentes entre os cientistas. Isso inclui:

- **Apaixonar-se por sua própria hipótese** e tornar-se tão apegado a ela a ponto de se recusar a considerar informações novas ou conflitantes. O episódio da fusão a frio em 1990, que implicava a obtenção de energia ilimitada a partir da fusão do hidrogênio a baixas temperaturas, deveria servir de aviso para aqueles que querem se tornar heróis científicos instantâneos.

- **Preconceitos**

Um século atrás, as pessoas visualizavam o ancestral humano com pernas curvadas, clava nas mãos, mas com matéria cinza suficiente para construir ferramentas e controlar o fogo. Desenhos de “homens das cavernas” continuam a preservar esse engano. Contudo, descobertas das últimas décadas, como o *Australopithecus afarensis*, mostram que mesmo ancestrais humanos muito antigos ficavam eretos, tinham pés e pernas bem parecidos com os nossos, mas tinham cérebros apenas um pouco maior que o de um chimpanzé. A ciência, cedo ou tarde, supera preconceitos e mal entendidos que são devidos a influências culturais e preconceitos pessoais. Esse é um dos poderes do empreendimento científico.



“Homem das cavernas”  
**Curvado**

“*Australopithecus afarensis*”  
**Ereto**

Fig. 17 “Homem da caverna” Encurvado e *Australopithecus afarensis* Ereto