

## A CIÊNCIA DA ANTIGUIDADE

### META

Apresentar como relacionar e usar a ciência como elemento de interpretação e intervenção da natureza

### OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:

identificar teorias da antiguidade que mostrem a) características da construção do conhecimento científico (epistemologia);

b) o significado desse conhecimento em sua ligação com a realidade dos fenômenos físicos (cognição);

contextualizar as descobertas científicas mais revolucionárias da antiguidade;

definir evolução histórica da transformação da visão dos pensadores da antiguidade acerca dos fenômenos físicos; e

identificar a genialidade de alguns pensadores que deram interpretações não óbvias, porém muito realistas, dos fenômenos físicos baseados apenas na observação e na razão;

### PRÉ-REQUISITOS

O aluno deverá tentar imaginar como viveríamos sem o conhecimento das grandes descobertas realizadas pelos cientistas.



Homens utilizando alavanca (Fonte: <http://profviseu.com>).

### INTRODUÇÃO

O físico não é um mero reproduzidor de técnicas, mas sim um profissional que deve ser autônomo e criativo, e um estudante permanente. Neste sentido, é muito importante aprender a forma de raciocinar em ciência e para isso devemos conhecer toda a riqueza histórica da pesquisa científica, por que, em que situação e de que maneira um cientista foi levado a elaborar uma determinada teoria. Obviamente não podemos apresentar todas as histórias, mas devemos discutir como se deu alguns dos momentos mais revolucionários no desenvolvimento científico da humanidade. Sendo assim, em seis aulas, iniciando por essa, iremos apresentar os principais fatos histórico-científicos ocorridos desde a pré-história até o conhecimento obtido na Física contemporânea.

Antes de de tudo iremos citar algumas das primeiras tecnologias, que apesar de parecerem simples para nós hoje em dia, revolucionaram o modo de vida das primeiras civilizações. Na aula de hoje, discutiremos o progressos obtidos na antiguidade. Iremos mostrar alguns inventos criados desde nossos primórdios até os filósofos da Grécia antiga, e que geraram tecnologias incríveis. Por exemplo, na **Mesopotâmia** e no Egito, os humanos aprenderam, entre outras coisas, a bombear água para as plantações, a transportar e levantar enormes blocos de pedra, a construir monumentos com o uso de muitas máquinas simples, como a rampa e a alavanca. Idéias simples e geniais!

Você está pronto pra saber como foi que tudo isso começou?

#### Mesopotâmia

Região entre os rios Tigre e Eufrates, atual Iraque.



Pirâmides de Gizé (Fonte: <http://www.brasilecola.com>).

## PRÉ-HISTÓRIA

A Historiografia Ocidental convencionou chamar as primeiras formas de organização social de sociedades primitivas ou de pré-históricas, ou seja, anteriores à criação da escrita. Embora não existam registros escritos relativos ao tempo pré-histórico, podemos ter uma idéia a respeito de como era o mundo nessa época através de evidências como pinturas rupestres, múmias, ferramentas, construções antigas, etc.

No princípio da existência humana na terra, nessas sociedades primitivas, cada núcleo social (famílias ou pequenos grupos de pessoas) era responsável pelo fornecimento de tudo que era necessário para a sua sobrevivência. Os homens do final do **Neolítico**, geneticamente muito próximos do homem contemporâneo, tinham uma expectativa de vida inferior a 30 anos, devido a uma existência fisicamente muito dura. Como eram caçadores-coletores dependiam de uma alimentação inconstante, e se expunham continuamente a uma natureza agressiva, que estes humanos estavam longe de controlar. Porém, como podemos perceber pela nossa civilização atual, o homo sapiens criou condições de vida excepcionalmente favoráveis para si permitindo-lhe uma vida muito mais longa que seus antepassados pré-históricos. Isso foi obtido através do desenvolvimento científico e tecnológico, que começou com a maior conquista da pré-história, o fogo, possivelmente já usado pelo homo erectus há 800.000 anos.

Duas outras grandes conquistas do homem foram a agricultura e a domesticação dos animais (cabras, bois, porcos, cavalos e aves). Ambas contribuíram imensamente com a melhoria na qualidade de vida, permitindo ao homem um aumento significativo na quantidade de produção de alimentos. O carregamento de carga no lombo de bestas e, depois, com a tração animal aumentou ainda mais a capacidade de transporte de carga. Com o aumento na produção de alimentos, criou-se a necessidade de armazenamento, e assim ocorreu um grande desenvolvimento da arte cerâmica, que é o material artificial mais antigo produzido pelo homem, existindo há cerca de dez a quinze mil anos. O ser humano pôde deixar de ser nômade para ter moradia fixa. Este fato permitiu a existência de aglomerados humanos com muito maior densidade populacional (tribos, aldeias, vilas e cidades). As primeiras cidades conhecidas apareceram na Mesopotâmia, ao longo do Rio Nilo, no Vale do Indo e na China, entre aproximadamente sete a cinco mil anos atrás.

Entre 8.000 e 5.000 a.C., na faixa de países semi-áridos entre os rios Nilo, localizado na África e Ganges, na Ásia, o homem inventou o arado, o barco à vela, os processos de fundição de ferramentas, calendário solar, entre outros. O ábaco, que pode ser considerado como uma extensão do ato natural de se contar nos dedos, teve origem provavelmente na Mesopotâmia, há mais de 5.500 anos. Os gregos e romanos, na antiguidade, utilizavam o **ábaco** para calcular, e depois os chineses e japoneses o aperfeiçoaram.

**Neolítico**

Período da Pré-História compreendido aproximadamente entre 12000 a.C. e 4000 a.C., também chamado de idade da pedra polida.

**Ábaco**

Antigo instrumento de cálculo, formado por uma moldura com bastões ou arames paralelos, dispostos no sentido vertical, correspondentes cada um a uma posição digital (unidades, dezenas,...) e nos quais estão os elementos de contagem (fichas, bolas, contas,...) que podem fazer-se deslizar livremente.



Cena do filme A guerra do fogo (Fonte: <http://sol.sapo.pt>).

Dentre as tecnologias primitivas, para muitos cientistas a roda é o maior invento de todos os tempos. Acredita-se que seus criadores foram os povos que habitavam a antiga Mesopotâmia, atual Iraque, acerca de 5.500 anos atrás. Foi originada do rolo (um tronco de árvore), que mais tarde, transformou-se em disco.

As armas também eram de enorme importância para o homem pré-histórico, pois delas dependiam sua defesa contra predadores e a caça para sua alimentação, portanto era fundamental serem eficientes. Dentre as mais antigas e primitivas invenções feitas pelo homem podemos destacar o arco para atirar flechas, que surgiu no 9º milênio a.C.. No mesmo período surgiu também a funda ou fundíbulo, arma de arremesso constituída por uma correia ou corda dobrada, em cujo centro é colocado o objeto que se deseja lançar. O uso da funda é registrado entre povos da Antigüidade, tais como gregos e hebreus, como na célebre passagem do Antigo Testamento, em que David derrota o gigante Golias apenas com uma funda.

**O período denominado Idade da Pedra é muitas vezes usado para referir-se à toda pré-história, mas de fato é apenas um dos períodos da pré-história.**

Antes de tudo isso, houveram armas e ferramentas ainda mais primitivas, modeladas em sílex - um tipo de rocha, para cortar carne, plantas, etc. As ferramentas de pedra foram criadas possivelmente há 100.000 anos. Esse é o período denominado Idade da Pedra, que foi sucedido pela Idade do

Bronze, tendo a transição ocorrido entre 6000 e 2500 a.C.

Objetos de cobre encontrados a cerca de 8.700 a.C indicam que início do uso de metais provavelmente se deu com ele. Mas as primeiras armas e ferramentas metálicas construídas foram mesmo de bronze, provavelmente

devido a sua enorme resistência estrutural, a não corrosão atmosférica, à facilidade de fundição e uma capacidade de acabamento que permitia excelente polimento. A chamada Idade do Bronze é um período da civilização, iniciado no Oriente Médio, em que ocorreu o desenvolvimento desta liga metálica resultante da mistura de cobre e estanho.

Entre os séculos XII e X a.C., ocorreu uma rápida transição no Oriente Médio na substituição das armas de bronze para as de ferro, período denominado Idade do Ferro. Esta rápida transição talvez tenha ocorrido por causa de uma escassez de estanho e devido a uma melhoria na tecnologia de produção dos artefatos de ferro.

Durante a Idade do Ferro, observou-se que se podia obter um produto muito mais resistente aquecendo a peça de ferro forjado num leito de carvão vegetal, para então submergi-lo na água. Esse processo, chamado “carburação”, se dá pela adição de carbono ao ferro, e o produto resultante é o nosso conhecido e até hoje utilizado aço.

### Cuneiforme

Designação geral dada a certos tipos de escrita feitas com auxílio de objetos em formato de cunha.

## A ESCRITA

A linha divisória entre a pré-história e a história é atribuída ao tempo em que surgiram os registros escritos. Com a escrita, o ser humano criou uma forma de registrar suas idéias e de se comunicar. A escrita se desenvolveu de forma independente em várias regiões do planeta, incluindo o Oriente Médio, a China, o vale do rio Indo (atual Paquistão), a América Central e a bacia oriental do mar Mediterrâneo. Os sistemas de escrita evoluíram de forma autônoma e não sofreram influências mútuas. Acredita-se que o primeiro sistema escrito tenha sido o **cuneiforme**, originado em cerca de 3.500 a.C, com os babilônios na Suméria, no sul da Mesopotâmia, para necessidades como o registro de cabeças de gado.

Juntamente com a escrita cuneiforme, uma das mais antigas formas de escrita são os hieróglifos, que se originaram no Antigo Egito. Desenhos representam idéias simples, podendo ser associados de modo a originar idéias mais complexas. Assim, um olho com certos traços embaixo significava “choro” e duas pernas significavam “correr”.



Hieróglifos egípcios (Fonte: <http://www.historiadomundo.com.br>).

Mais próximo do nosso, o alfabeto grego foi inicialmente escrito mediante um silabário, conhecido como linear B. Por volta do século IX a.C. o alfabeto grego teve seu desenvolvimento para letras que são utilizadas até hoje no grego moderno, na Matemática, etc. Bem como os alfabetos aramaico, hebraico e arábico, e diversos outros, acredita-se que esse alfabeto grego seja baseado no alfabeto fenício - alfabeto semítico, surgido após 1750 a.C. na Babilônia. No alfabeto **semítico**, o primeiro com 22 letras, não havia vogais, que foram introduzidas pelos gregos e levadas depois para outras línguas da família indo-européia, como o latim e em consequência o português.

Com o decorrer do tempo os símbolos utilizados na escrita rudimentar tornaram-se mais abstratos, terminando por evoluir em símbolos sem aparente relação aos caracteres originais. A letra m, por exemplo, vem de um hieróglifo egípcio que retratava ondas na água. Aquela figura, portanto, com o tempo, veio a representar não somente a idéia de água, mas também o som “m”. Esses registros eram inicialmente feitos nas paredes dos templos e túmulos. Só por volta de 2200 a.C. os egípcios desenvolveram a técnica do papiro, um dos mais velhos antepassados do papel para registrar sua escrita.

Com a invasão de vários povos estrangeiros ao longo da sua história, essas formas de língua e escrita locais foram se alterando, incorporando novos elementos, até desaparecerem. Daí você pode me perguntar: “Então como foi que os pesquisadores puderam decifrar os hieróglifos?” No século XIX, tropas de Napoleão encontraram no Egito uma pedra (a pedra de Roseta), que continha gravado um mesmo texto em três alfabetos diferentes, um deles em hieróglifos mais antigos, outro por hieróglifos de uma forma popular tardia (o hierático) e o terceiro texto em grego antigo, língua bem conhecida no Ocidente atual. A decifração então pode ser feita pela comparação dos textos.

## MATEMÁTICA E ASTRONOMIA DAS GRANDES CIVILIZAÇÕES ANTIGAS

O estudo dos movimentos celestes se iniciou há milênios, sobretudo no Egito e Babilônia da Antigüidade. Egito e Babilônia chegaram a edificar uma Matemática e uma Astronomia capazes de dar conta de uma considerável variedade de fenômenos astronômicos. O legado destas antigas culturas forneceu importantes alicerces aos progressos da Mecânica na subsequente cultura grega antiga, que na seqüência construiu muitas das bases de nossa ciência.

A civilização egípcia antiga teve uma longa estabilidade, que permitiu um registro de dados astronômicos por milênios; dados esses que foram posteriormente reinterpretados por Ptolomeu e, quinze séculos depois, por Copérnico. Para os egípcios, o céu era um preciso calendário regente dos ciclos agrícolas anuais.

Lembre-se que o Calendário é o sistema de medição do tempo que se necessita para a vida civil, dividindo o tempo em dias, semanas, meses e anos. Você sabe como são feitas essas divisões?

As divisões do calendário estão baseadas nos movimentos aparentes do sol e da lua. Um dia é a média de tempo necessária para uma rotação da terra no seu eixo. O ano está baseado no tempo necessário para uma rotação da terra à volta do sol, e é chamado o ano solar. O mês era calculado pelos povos antigos como o tempo entre duas luas cheias, ou o número de dias necessários para que a lua desse uma volta ao redor da terra. (29,5 dias). Esta medida chamada de mês lunar, resultava num ano lunar (de 12 meses) de 354 dias, cerca de 11 dias mais curta que o ano solar. Hoje, sabemos que um ano solar tem exatamente 365 dias, 5 horas, 48 minutos e 45,5 segundos. Nosso calendário atual é denominado Calendário Gregoriano (é também chamado Calendário Cristão porque considera a data do nascimento de Cristo como a data de começo). As datas da Era Cristã são designadas por AD (anno Domini, ou ano do nascimento) e DC (depois de Cristo).

Os egípcios sabiam que ao longo do ano mudavam as constelações visíveis, então o aparecimento de Sírius antes do nascer do sol, por exemplo, anunciava a estação das chuvas. O Calendário Egípcio consistia de 12 meses com 30 dias cada e mais 5 dias adicionais sagrados ao final do ano (365 dias), ou seja, apenas cerca de 6 horas mais curto que o ano solar. Assim, a cada 4 anos, o primeiro dia do ano egípcio se antecipava em um dia em relação à respectiva primavera. Após 120 anos, essa defasagem já era de um mês. Somente após 1460 anos haveria a correspondência novamente, ciclo este chamado de ano helíaco, pois era medido pela constelação helíaca. Foi Ptolomeu o principal compilador da astrologia da Antiguidade para o Ocidente, que em 238 a.C. sugeriu a inserção de um dia a cada 4 anos para compensar a defasagem (sabe aquele dia a mais no nosso calendário correspondente ao ano bissexto? Pois é, ele mesmo!). No entanto, este procedimento só foi adotado entre 26 e 33 a.C. Assim adaptado, passou a ser denominado de Calendário Alexandrino. Além da evidente importância na cronologia histórica, esse calendário contém uma grande massa de dados astronômicos, registrando os ciclos lunares, eclipses e outros eventos astronômicos que deram base à astronomia subsequente, chegando até

Copérnico, cerca de 1500 anos depois, para sustentar a teoria heliocêntrica do sistema solar.

O Calendário Chinês é um dos mais antigos registros cronológicos que há na história dos povos. Nele cada ano recebe o nome de um dos 12 animais: galo, cão, porco, rato, búfalo, tigre, gato, dragão, serpente, cavalo, cobra e macaco. Esse calendário foi introduzido em 2.637 a.C., baseado nas fases da lua, com 12 meses. Cada mês podia ter 29 ou 30 dias e o ano tinha 354 ou 355 dias.



Calendário chinês Fonte:(<http://loucuramental.com>).



### ATIVIDADES

Comente alguns problemas que você observa com as divisões no nosso calendário.

## COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

O calendário Gregoriano, apesar de ser utilizado quase universalmente na atualidade, apresenta algumas deficiências. Uma delas é a diferença na duração dos meses (28, 29, 30 ou 31 dias) e o fato de que a semana, que é utilizada como unidade de tempo de trabalho, não esteja integrada nos meses, de tal forma que o número de dias trabalhados durante um mês pode variar entre 24 e 27. Além disso, nos países cristãos, a data em que se comemora a Páscoa é determinada por critério lunissolar, que pode acarretar variação de dias e conseqüentemente alterar atividades educacionais, comerciais, de turismo etc. Outro inconveniente é o de não existir um ano zero, o que obriga uma operação matemática estranha, para calcular a diferença em anos de um fato ocorrido antes do nascimento de Cristo, em comparação com outro, ocorrido na era cristã. Existem várias propostas para solucionar essas questões, nenhuma delas ainda adotada.

E os símbolos matemáticos, por que surgiram?

Pense bem, como efetuar cálculos rápidos e precisos com pedras, nós ou riscos em um osso? Difícil? Eles também achavam!

Foi a partir dessa necessidade imediata que estudiosos do Antigo Egito passaram a representar a quantidade de objetos de uma coleção através de desenhos – símbolos. Sua criação foi um passo muito importante para o desenvolvimento da Matemática.

A geometria egípcia se desenvolveu pela necessidade da demarcação das terras e se estendeu no projeto de suas obras de arquitetura, como as pirâmides, construídas ao redor de 3000 a.C., que tinham faces orientadas para os pontos cardeais com precisão de  $1/10$  de grau. A maior delas, com 160 m de altura (49 andares), é chamada Grande Pirâmide. Existem muitas idéias diferentes sobre o modo de construção daquela pirâmide, mas uma certeza podemos ter, a ciência egípcia foi fundamental para construí-la.

Os egípcios desenvolveram uma aritmética cujo sistema de numeração era decimal (porque eram feitos agrupamentos de dez em dez, como o nosso), mas não posicional. Ao

**No sistema posicional um mesmo símbolo representa valores diferentes, dependendo da posição ocupada. Na escrita dos números que usamos atualmente, a ordem dos algarismos é muito importante. Se tomarmos um número, como por exemplo: 123, e trocarmos os algarismos de lugar, vamos obter números completamente diferentes. Por exemplo: 132; 213; 231; 312; 321.**

escrever os números, os egípcios não se preocupavam com a ordem dos símbolos; existiam símbolos específicos para unidade, dezena, centena, tal qual nos algarismos romanos. Um dos registros desse conhecimento é o Papiro Rhind, documento matemático egípcio, de cerca de 1.650 a.C., no qual um escriba de nome Ahmes ensina as soluções de 85 problemas de aritmética e geometria.

Na Babilônia da Antigüidade foram desenvolvidas uma Matemática e uma Astronomia consideravelmente mais complexa do que a egípcia. Um sistema de numeração sexagesimal (base 60) e posicional era adotado desde os mais antigos registros babilônicos conhecidos, ao redor do terceiro milênio a.C. O sistema posicional babilônico não possui apenas os números inteiros, mas frações sexagesimais, análogas aos nossos décimos, centésimos, milésimos, notação que simplifica consideravelmente os cálculos. Ainda na Babilônia, surgiu, após 1750 a.C., uma linguagem matemática mais abstrata, que se aproxima da álgebra: símbolos passam a denotar variáveis genéricas, desvinculadas de valores numéricos (os nossos “x” das equações). Isto possibilitou a resolução de equações de forma generalizada, independente de números particulares.

Apesar de a geometria babilônica ter sido bastante desenvolvida, sua Astronomia era essencialmente numérica e não geométrica. Ou seja, eles faziam tabelas detalhadas dos movimentos dos corpos celestes e desenvolviam métodos para prever seus futuros movimentos, sem se preocupar com a geometria subjacente. Eles perceberam que os movimentos do sol e da lua influenciam a vida sobre a Terra, e assim concluíram que todos os astros teriam algum tipo de influência em suas vidas. Os astros representavam divindades vivas que se moviam no céu estático. Os sacerdotes tinham por obrigação manter o calendário em ordem e utilizavam a Astronomia para fazer predições sobre os destinos da nação.

São atribuídas a civilização chinesa grandes realizações, como a descoberta da orientação natural dos ímãs, por volta do ano 2000 a.C., e por consequência, a invenção da bússola. Porém, pelo fato de que os chineses se interessavam mais por literatura e arte, sua Matemática e Ciência sofreram um atraso. O sistema de numeração chinês de “barras” (I, II, III, IIII, ...) era decimal. Não podemos precisar a idade deste sistema de numeração, porém sabe-se que ele é anterior ao sistema de notação posicional. Já a astronomia na China tem uma longa história. Com o propósito de fornecer uma boa quantidade de luz solar, casas de aproximadamente 4000 a.C eram orientadas a uma posição coincidente com a culminação da constelação Yingshi (Pegasus) logo após o solstício de inverno. Em 2608 a.C., o imperador chinês Houng-Ti construiu um observatório para elaborar um calendário. Astrônomos chineses faziam anotações cuidadosas sobre as “estrelas novatas” que apareciam repentinamente entre as estrelas fixas. Eles foram os primeiros a registrar uma supernova nos Anais Astrológicos do Houhanshu, em 185

d.C. Por volta de 2377 a.C., sob o império do chinês Yao, o ciclo zodiacal (do grego que significa círculo de animais) foi dividido em 28 constelações.

Grandes civilizações também se desenvolveram na mesoamérica. A civilização maia existiu entre os séculos IV a.C e IX a.C. Eles foram excepcionais astrônomos e mapearam as fases e cursos de diversos corpos celestes (eclipses solares e movimentos dos planetas). Muitos de seus templos tinham janelas e miras demarcatórias (e provavelmente outros aparatos) para acompanhar e medir o progresso das rotas dos objetos observados. Os avançados conhecimentos que possuíam sobre astronomia e matemática lhes permitiram criar um calendário cíclico de notável precisão, muito superior ao calendário gregoriano levado pelos espanhóis durante sua conquista. Os maias desenvolveram, ainda, independentemente o conceito de zero, e usavam um sistema de numeração de base 20. Inscrições mostram que trabalhavam com somas de até centenas de milhões.



Vale sagrado dos incas, no Peru (Fonte: <http://juliano-paes.vilabol.uol.com.br>).

O Império Inca foi um estado-nação que existiu na América do Sul a cerca de 3000 a.. C. até à invasão dos conquistadores espanhóis. Profundos conhecedores de diversas áreas, principalmente de Astronomia, os soberanos Incas escolhiam datas como Solstício de Inverno para realizarem sacrifícios em agradecimento a seus deuses. A civilização inca possuía uma engenharia fabulosa, mesmo quando medida pelos padrões de hoje. Veja por exemplo, a construção da cidade de Machu Picchu no Peru, que indica precisos conhecimentos de Engenharia, Matemática e Astronomia. Apesar de não possuírem um sistema de escrita, desenvolveram o quipu, que era

constituído por um cordão a que se liga a cordões menores de diferentes cores. Os quipus eram destinados a manterem estatísticas permanentemente atualizadas, como os recenseamentos da população. Os números eram dados por nós e as significações pelas cores. Saliente-se que, para além de utilizarem o sistema decimal, os incas conceberam o equivalente do zero: um intervalo maior entre os nós, ou seja, um sítio vazio.

Uma das mais importantes civilizações da Antigüidade foi, sem dúvida, a Romana. Algumas de suas estradas e de seus edifícios têm mais de 2.000 anos, perdurando até aos dias de hoje. Em 735 a.C., segundo a lenda, Romulus e Remus fundaram a cidade de Roma, iniciando-se, então, o calendário Romano. Segundo esse calendário, o ano civil constava de 304 dias divididos em 10 meses dos quais seis tinham 30 dias e quatro, 31. Apesar da importância desse império, seu sistema de numeração não era muito eficiente para fazer cálculos. Os algarismos romanos usavam como símbolos numéricos as próprias letras do alfabeto e eram baseados em sete números-chave que eram somados quando apareciam juntos. Mesmo apresentando dificuldades para efetuar cálculos, os algarismos romanos foram usados na Europa durante muitos séculos, e ainda hoje são utilizados, por exemplo, no nome dos papas (ex. João Paulo II).

Matemáticos de todo o mundo estavam em busca de símbolos mais simples e mais apropriados que os algarismos romanos para representar os números. E como resultado dessas pesquisas, aconteceu uma das mais notáveis invenções de toda a história da Matemática. Os hindus, que viviam no vale do Rio Indo, onde hoje é o Paquistão, conseguiram desenvolver um sistema de numeração que reunia as diferentes características vantajosas dos antigos sistemas. Tratava-se de um sistema posicional decimal, chamado atualmente de algarismos indu-arábicos. Eles também foram os criadores do número zero (chamado de “vazio”), fundamental para uma numeração posicional. Os dez símbolos, criados foram: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

Os árabes tiveram um papel muito importante na história da ciência, pois eles traduziram, fielmente, diversos textos científicos, como os clássicos gregos de Apolônio, Arquimedes, Euclides, Ptolomeu e outros, que estariam perdidos para nós devido a destruição dos textos originais durante a Idade Média.

## A GRÉCIA ANTIGA

A civilização grega é considerada por muitos como a principal matriz da civilização ocidental. Com os gregos nasceu a Filosofia. Grécia Antiga é o termo geralmente usado para descrever o mundo grego e áreas próximas como Chipre, Anatólia, sul da Itália, da França e costa do mar Egeu, desde cerca de 1600 a.C. até 323 a.C., quando se deu a morte de Alexandre o Grande. Os gregos fundaram diversas cidades, cada qual mantendo sua

independência, com seus reis e regulamentos próprios. Apesar disso, os gregos percebiam que faziam parte de um único povo.



(www.trilhaseaventuras.com.br)

A visão que os gregos tinham do mundo os distinguiu dos demais povos da Antigüidade. Os conhecimentos anteriores aos gregos foram obtidos na tentativa de resolver problemas práticos e confundiam-se ainda com os mitos e a religião. Herdeiros de um longo processo de desenvolvimento cultural, ocorrido nas regiões próximas do Mediterrâneo, os gregos tentaram explicar o mundo através unicamente da razão, colocando-a acima dos seus mitos e utilizando-a como instrumento a serviço do próprio homem. Os gregos deram um enorme salto ao formular racionalmente os princípios explicativos do movimento, da constituição da matéria, do peso, do comportamento da água etc. Porém, a passagem da consciência mítica e religiosa para a consciência racional e filosófica não foi feita de um salto. Esses dois tipos de consciência coexistiram na sociedade grega. Além disso, os gregos valorizavam muito as idéias e muito pouco a experimentação.

As referências mais antigas relativas à concepção de mundo da Grécia antiga estão na *Ilíada* e na *Odisséia*, criadas por Homero em data anterior a 700 a.C.. Na *Odisséia*, o mundo é descrito como um grande disco circular, cercado por um gigantesco rio, o Okeanos. Sobre a Terra, existe a região do éter, acima da qual passam os planetas. Na *Ilíada*, os homens possuem uma certa “independência” de seus atos em relação aos Deuses, sendo senhores de suas ações. A **Teogonia**, de Hesíodo (séc. VIII a.C.), do mesmo período que a *Odisséia*, possui uma descrição da criação do universo (cosmogonia), que teria surgido a partir de um desordenado “caos” original.

### Teogonia

(Em grego, theos, deus + genea, origem) conjunto de deidades\* que formam a mitologia de um povo. É também considerada doutrina sobre a origem dos deuses e, quase sempre, a origem do mundo.

### Mitologia

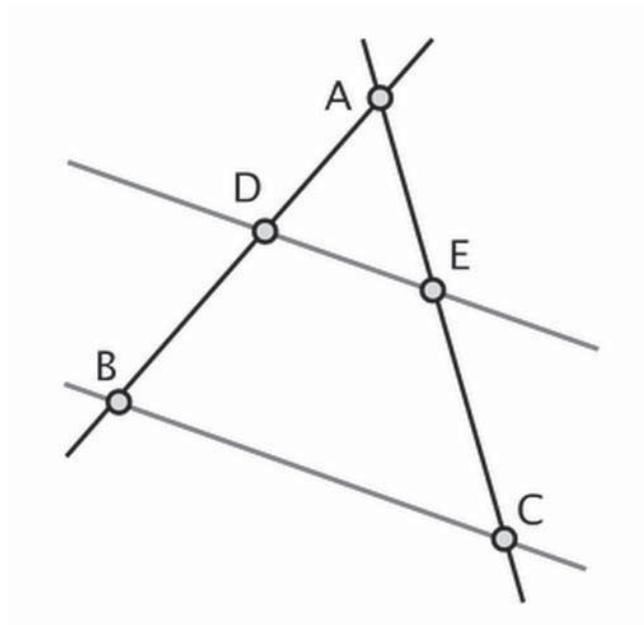
Estudo dos mitos: lendas e/ou histórias de uma cultura em particular creditadas como verdadeiras e que constituem um sistema religioso ou de crenças específicos.

### Depósitos aluviais

Deposição de sedimentos ao longo das várzeas dos rios e córregos trazidos pela água.

A busca de explicações na natureza, e não na **mitologia**, iniciou-se na escola jônica. Ela abandona as explicações religiosas até então vigentes e busca, através da razão e da observação, um novo sentido para o universo. A escola jônica surgiu na cidade de Mileto (colônia grega, na Ásia Menor, atual Turquia), que por estar em contato constante com as antigas civilizações orientais, tinha uma cultura cosmopolita. Três grandes filósofos dessa cidade foram Tales, Anaximandro e Anaxímenes.

Tales de Mileto (640-548 a.C.) é considerado o primeiro filósofo ocidental. É dele a idéia de um elemento fundamental de que seriam feitas todas as coisas (a água), ou seja, todas as substâncias seriam diferentes formas do elemento água: vapor, terra, água. A Terra seria um disco circular flutuando num oceano. Esta teoria estava baseada em observações ordinárias sobre os materiais como, por exemplo, a fusão do gelo e os **depósitos aluviais** de sedimentos, que sugerem uma condensação da água em terra. Atribui-se também a Tales a primeira medida de tempo exata utilizando-se o relógio solar, a observação de que o âmbar friccionado atrai corpos leves e a construção de calendários astronômicos que continham informações meteorológicas. Ele foi o primeiro astrônomo a explicar o eclipse do Sol (585 a.C.) ao verificar que a Lua é iluminada por esse astro. Tales ao se aposentar, resolveu dedicar-se apenas à Matemática e acabou por estabelecer os primeiros postulados básicos da geometria (Você deve se lembrar do Teorema de Tales da geometria, não?)



Teorema de Tales.

Seguidores de Tales, embora discordassem quanto à “substância primordial” que constituía a essência do universo, concordavam com ele no que diz respeito à existência de um “princípio único” para essa natureza primordial. Anaximandro (610-545 a.C.), discípulo de Tales, observando a existência de fósseis marinhos e conchas em regiões então secas, concluiu que a vida provinha do mar (o que se constata na paleontologia). Para Anaximandro, a Terra tinha o formato de um cilindro e era circundada por várias rodas cósmicas, imensas e cheias de fogo; o Universo era eterno e infinito e um número infinito de mundos teriam existido antes do nosso. Após sua existência, eles se dissolveram na matéria primordial e posteriormente outros mundos tornaram a nascer. Anaximandro, contudo, não acreditava em nenhum Deus, para ele todos os ciclos de criação, evolução e destruição eram fenômenos naturais. Algumas de suas idéias são muito semelhantes a opiniões e teorias da Física atual.

Anaxímenes (585-528 a.C.) concordava com Anaximandro quanto a matéria primordial, e com as características desse princípio. Mas postulou que o elemento primário fosse o ar, de onde tudo se originaria por condensações ou rarefações. Segundo Anaxímenes, a Terra teria sido formada primeiro, e dela, ergueram-se as estrelas. O Sol seria plano e largo como uma folha. A Terra também seria plana e estaria boiando no ar, com o firmamento girando em torno dela.



Busto de Anaxímenes. (Fonte: <http://www.stenudd.com>).

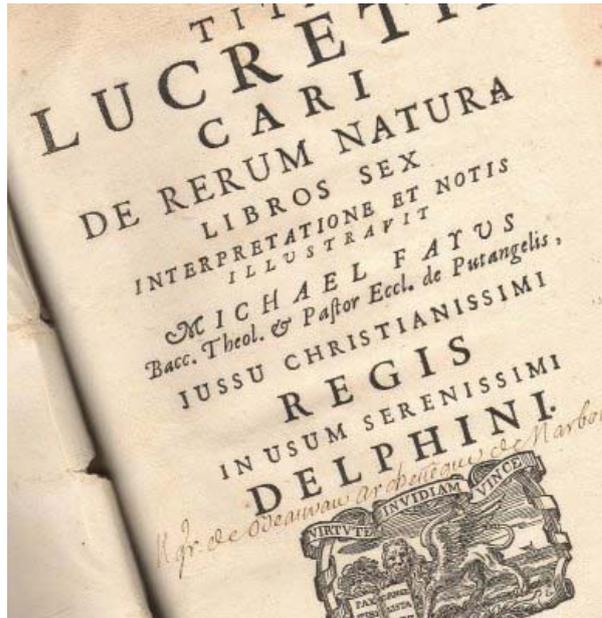
Um aspecto importante da escola Jônica é a idéia de que o céu, de uma forma ou de outra, seria formado por uma matéria semelhante à da Terra, ou seja, os fenômenos terrestres ou celestes obedeceriam essencialmente às mesmas leis.

Não há certeza se a teoria atômica foi concebida por Demócrito de Abdera (460 - 370 a.C.) ou por seu mestre Leucipo (500 a.C.), e a ligação estreita entre ambos dificulta a identificação do que foi pensado por um ou por outro. Parece que as idéias atomistas iniciaram com Leucipo, em meados do século V a.C., que supunha que a matéria de todas as coisas seria constituída por partículas microscópicas chamadas átomos que se movimentavam incessantemente no vácuo. Os átomos seriam indivisíveis, rígidos e impenetráveis, sempre estiveram e sempre estariam animados de movimento. A constituição atômica justificaria as diferenças de densidades dos corpos e as transformações que se processam no mundo seriam consequências das mudanças no tempo das distâncias entre os átomos. Existiriam também, variações na forma e tamanho dos átomos, embora fossem todos constituídos por uma mesma substância.

Demócrito de Abdera acreditava estarem os átomos em constante e violenta agitação, chocando-se constantemente uns com os outros, e transmitindo o movimento nestes choques. Os átomos maiores tenderiam a ficar em regiões mais baixas, constituindo a terra, enquanto os menores e mais leves constituiriam o ar. Do ponto de vista da cosmologia, os atomistas acreditavam que o espaço seria infinito, com um infinito número de mundos produzidos por uma aglomeração de átomos que giram em vórtices ou redemoinhos. Veja você que esta idéia tem certa semelhança com as galáxias que hoje conhecemos. Não é fantástico?!

Para Epicuro (342 -271 a.C.) a representação vulgar do mundo, com seus deuses, seria um obstáculo para serenidade. Segundo ele, todas as doutrinas filosóficas, salvo o atomismo, participavam dessas superstições. Em seus ensinamentos, Epicuro excluía qualquer explicação metafísica da realidade, não procurando nada, nem invocando outra origem das coisas além da natureza. O atomismo foi posteriormente sistematizado e continuado em Roma por Lucrécio (98-55 a.C.), em sua obra *De Natura Rerum* (A Natureza das coisas), em que a idéia de atomismo é também aplicada para a luz e o som. O atomismo formulado na Antigüidade deixa pouca ou nenhuma margem para a intervenção divina, sendo posteriormente considerado heresia pela Igreja Católica durante a Idade Média.

Como você pode perceber, as bases de nosso atomismo foram fundadas durante a Antigüidade Clássica. Embora não tenham existido nesse período elementos experimentais para comprovar ou desmentir esta teoria sobre a estrutura da matéria, ela serviu para lançar as bases de um atomismo que voltaria a surgir na Renascença, em particular a teoria cinética dos gases de Boyle e a teoria atomista da luz proposta por Descartes e por Newton.



(Fonte: <http://alunos.files.wordpress.com>).

Outra linha de pensamento da Grécia Antiga foi liderada por Pitágoras (571 – 496 a.C.). A escola pitagórica tinha o caráter de um movimento religioso muito peculiar, em que a Geometria e a Matemática possuíam um papel privilegiado. Os números e figuras geométricas possuíam poderes especiais, sendo o próprio Criador do Universo um geômetra. Importantes resultados na Matemática e Geometria, em particular o teorema “de Pitágoras”, são atribuídos a essa linha de pensamento. No que concerne à estrutura do Universo, acreditavam ser inteiramente regido por “harmonia e número”. Apesar de certos detalhes da concepção pitagórica do mundo parecerem ingênuos, a crença na existência de uma ordem Matemática subjacente à natureza é essencial à Física e está implícita na busca de modelos e equações gerais da natureza.

Sócrates, (470 a.C. - 399 a.C.) filósofo ateniense e um dos mais importantes ícones da tradição filosófica ocidental, abraçou muitas das idéias dessa escola, buscando provas da existência de um plano inteligente que existiria na construção do Universo. Acredita-se que tenha sido o fundador da atual Filosofia Ocidental. Interessou-se menos pelo mundo dos fenômenos naturais e mais pelo mundo das idéias a ele subjacentes. Segundo sua doutrina, o verdadeiro conhecimento humano é essencialmente a herança de uma vida anterior em um mundo imaterial. Sócrates sempre dizia que sua sabedoria era limitada a sua própria ignorância. A fonte mais importante de informação sobre Sócrates são os diálogos de seu discípulo Platão, visto que ele mesmo não deixou obra escrita.

**“A virtude não vem da riqueza, mas sim a riqueza da virtude, bem como tudo o que é bom para o homem, na vida particular ou pública”.**

**Platão**

Platão (427 a.C. — 347 a.C.), mestre de Aristóteles, compilou a doutrina de Sócrates, dando continuidade aos trabalhos desenvolvidos pelos pitagóri-

### Efemeridade

De efêmero, que dura pouco.

### Perene

Duradouro, permanente, eterno.

### Premissa

Princípio que dá base a um raciocínio.

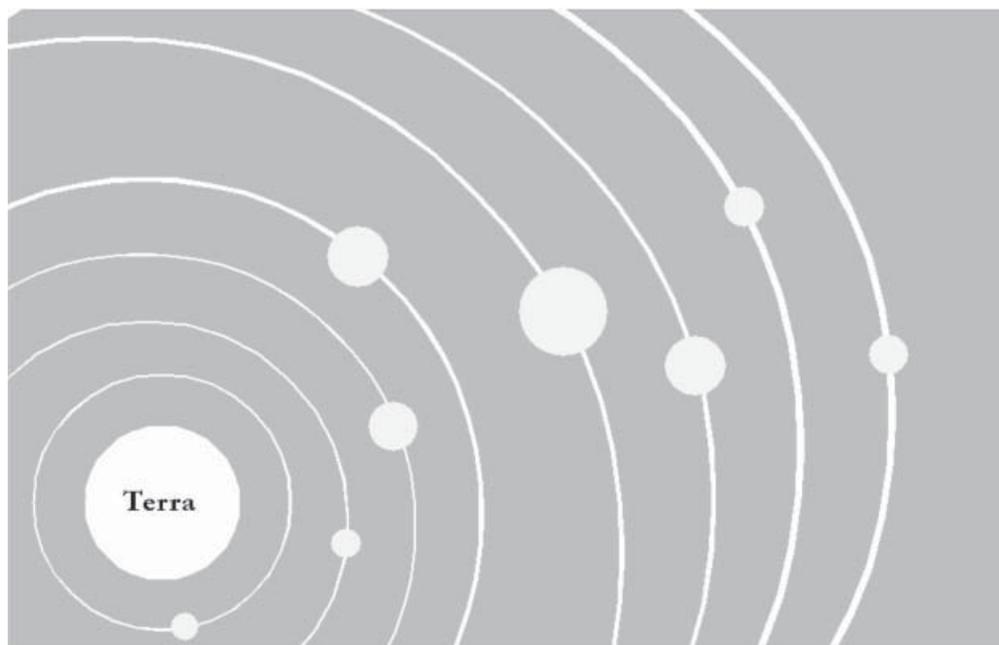
### Silogismo

Raciocínio estruturado a partir de duas premissas das quais, por dedução, se tira uma terceira, a conclusão.

cos. Dentre essas idéias, uma que teve longa continuidade na posterior doutrina cristã é a da **efemeridade** da vida face à **perene** eternidade. Fundou em cerca de 387 a.C., nos jardins consagrados ao herói Ateniense Academos, a Academia, um parque e ginásio desportivo onde ministrava seus ensinamentos. Esta é considerada a primeira escola de filosofia. O termo Academia ganhou, desde então, o sentido de local onde o saber não apenas é ensinado, mas produzido.

Para Platão, a questão central é saber o que é a virtude. Muito dos diálogos platônicos se questiona e se procura saber o que é a coragem, a sabedoria, o amor, o belo, a justiça e tantas outras virtudes. Dentre seus textos, um dos mais importantes foi o diálogo intitulado *Timeu*. Nele, Platão diz que conhecer as leis da Natureza seria antes de mais nada, conhecer a alma do Universo, construído segundo leis da harmonia. Esta alma, a qual o corpo do universo obedece, possuiria uma estrutura interna regida por certa numerologia. Estes números têm íntima relação com leis de harmonia musical identificada pelos pitagóricos como uma manifestação física de uma harmonia subentendida. Ainda nesse texto, o nascimento do tempo está associado ao início do movimento dos astros. O *Timeu* ganhou mais tarde um grande prestígio, principalmente durante o Renascimento: no século XVI, por exemplo, serviu de base para Johannes Kepler em suas obras sobre astronomia.

Aristóteles (384–322 a.C.) foi o fundador da lógica, e estabeleceu um conjunto de regras rígidas para que conclusões pudessem ser aceitas, baseadas em premissas e conclusões. Seu raciocínio era estruturado em **silogismo**, isto é, a partir de duas premissas das quais, por dedução, se tirava uma terceira, a conclusão.



Representação do Sistema Geocêntrico.

Aristóteles foi, durante uma primeira fase de sua vida, discípulo de Platão, freqüentando a Academia por ele fundada. Com o passar dos anos, ele reconhece no mestre uma alma indisciplinada e irregular, que passava mais tempo em contemplação, buscando encontrar a verdade mais nas idéias, do que em contato com a realidade simples, que mitificava. Platão rejeitava a experiência como fonte de conhecimento certo, já Aristóteles tomava sempre o fato como ponto de partida de suas teorias, buscando na realidade um apoio sólido às suas mais elevadas especulações **metafísicas**. Devido a ter se tornado contrário a essa “Teoria das Idéias” de Platão, Aristóteles funda o Liceu, que em oposição à Academia, privilegiava as ciências naturais. Para Aristóteles, tudo no mundo se move para preencher uma necessidade, entre as várias causas que determinam um acontecimento, a final é a mais importante. Por exemplo, a causa final da chuva não é física, chove porque os seres vivos precisam de água, a pedra cai para alcançar seu lugar natural.

Mas sua mecânica, embora baseada em observações físicas, era essencialmente qualitativa, faltando-lhe a matematização capaz de dotá-la de uma efetiva capacidade de realizar previsões. Suas premissas cosmológicas possuíam certos erros fundamentais. No seu modelo geocêntrico, Aristóteles acredita que a Terra é o centro do Universo, julgando que os corpos celestes giram em torno dela. Este modelo inaugura um longo reinado de modelos cosmológicos baseados em movimentos circulares, que seriam sucessivamente aperfeiçoados nos séculos seguintes. Para Aristóteles, além dos quatro elementos que conhecemos na Terra (terra, fogo, água, ar), existiria um quinto elemento celestial, a quintessência, o éter. Este elemento seria responsável pela diferença na natureza dos movimentos dos corpos celestes dos terrestres. Os corpos sobre a superfície da Terra obedeceriam a leis completamente diferentes dos corpos celestes. Essa distinção foi incorporada pela astronomia ocidental, permanecendo como um dogma científico e religioso durante toda a Idade Média. Somente na Renascença haveria novamente uma unificação das leis da mecânica celeste e da superfície terrestre.

Ao longo de sua trajetória intelectual, Aristóteles adaptou as idéias de Platão às necessidades de uma ciência no sentido ocidental, distinguindo o mundo Físico do Metafísico. O mundo Físico derivaria da sistematização da experiência do mundo exterior, enquanto que o mundo Metafísico provém, essencialmente, da reflexão. Esta distinção é fundamental para a elaboração de uma ciência capaz de descrever com fidelidade os fatos observados na natureza exterior da reflexão puramente intelectual. A metodologia empírica proposta por Aristóteles se assemelha em aspectos básicos com qualquer ciência experimental e podemos dizer que a ciência ocidental efetivamente começou com ele. Geralmente, no estudo de uma questão, Aristóteles procede por partes: começa a definir-lhe o objeto; passa a enumerar-lhes as soluções históricas; propõe depois as dúvidas; indica, em seguida, a própria solução; refuta, por último, as sentenças contrárias.

### Metafísica

Que procura conhecer os fundamentos da realidade; trata de problemas sobre o propósito e a origem da existência e dos seres. O início do uso dessa palavra se deu com Andrônico de Rodes, que ao organizar os escritos de Aristóteles, o fez de forma espacial. Aqueles que tratavam de temas relacionados à *physis* (natureza) viam antes dos outros. Assim, temas como ética e política vinham depois da *physis*, *methaphysis* (do grego *Metha* = depois, além; *Physis* = física).

Aristóteles escreveu cerca de cento e vinte obras, das quais 47 sobreviveram até hoje. Muitos livros seus se perderam por serem considerados proibidos durante a Idade Média. As obras de Aristóteles foram as mais lidas, discutidas e comentadas da Antiguidade, deixando um legado inestimável para a história da cultura, e alterando de forma definitiva o curso da história da filosofia.



### ATIVIDADES

1. Identifique alguns dados citados no texto e sua correlação com a astrologia e a numerologia na atualidade.

#### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

No horóscopo chinês, cada ano pertence a um dos 12 signos que formam o Astral Chinês, e recebe o nome de um dos 12 animais: galo, cão, porco, rato, búfalo, tigre, gato, dragão, serpente, cavalo, cobra e macaco, como no calendário chinês antigo. Os signos e ascendentes da astrologia ocidental também exibem uma evidente semelhança entre a divisão egípcia do ano em constelações. A astrologia babilônica, conjuntamente com a Astronomia egípcia, são a base da astrologia Ocidental. Por exemplo, Leão, Touro, Escorpião são constelações do Zodíaco que vieram diretamente dos babilônios.

Já, segundo a numerologia, cada número ou valor numérico é dotado de uma vibração ou essência individual e indicaria tendências de acontecimentos ou de personalidade, apesar de não haver qualquer evidência científica de que os números apresentem tais propriedades. Pitágoras é considerado por alguns numerólogos o pai da numerologia, apesar de não haver qualquer relação entre os cálculos que formam o mapa numerológico e o filósofo grego.

2. Identifique algum sistema atual que seja baseado no sistema de numeração babilônico.

#### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Existem vários exemplos de sistemas atuais baseados no sistema babilônico com base 60. Por exemplo, nossa divisão da circunferência em 360 graus, a hora em 60 minutos e estes em 60 segundos e com isso o dia em 24 horas são claramente baseados no sistema babilônico.

3. Baseado nas informações sobre os sistemas numéricos descritos, identifique qual é o nosso sistema de numeração?

### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Como você deve ter claramente percebido, nosso sistema de numeração é o próprio sistema hindu. Ele foi desenvolvido no século V d.C. pelos hindus e transmitido ao Ocidente pelos árabes, por isso o denominamos algarismos “indu-arábicos”. Eles foram divulgados no Ocidente por volta do ano 1000 d.C., mas os métodos de cálculo correspondentes só foram efetivamente assimilados trezentos anos mais tarde, por ocasião das Cruzadas.

4. Relacione as frases a seguir com seus prováveis criadores da Grécia Antiga, e comente o que o levou a essa conclusão.

- a) Quando retas paralelas são cortadas por retas transversais, as medidas dos segmentos correspondentes determinados nas transversais são proporcionais.
- b) Todas as coisas são números.
- c) Só sei que nada sei.
- d) Todos os homens são mortais. Sócrates é homem. Logo, Sócrates é mortal.
- e) Se Deus pode acabar com o mal, mas não quer, é monstruoso; se quer, mas não pode, é incapaz; se não pode nem quer, é impotente e cruel; se pode e quer, por que não o faz?

### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

a) Tales de Mileto, em seu teorema sobre razão e proporção. O Teorema de Tales afirma que quando retas paralelas são cortadas por retas transversais, as medidas dos segmentos correspondentes, determinados nas transversais, são proporcionais.

b) Pitágoras, para quem o Universo seria inteiramente regido por harmonia e número. A observação dos astros sugeriu-lhe a idéia de que uma ordem domina o universo. Pitágoras e os pitagóricos investigaram as relações matemáticas e descobriram vários fundamentos da Física e da Matemática.

c) Sócrates, pois ele sempre dizia que sua sabedoria era limitada a sua própria ignorância. Ele achava que o filósofo é aquele que admite não

entender inúmeras coisas, e que se aflige com isso. Nesse sentido, o filósofo ainda é mais sábio do que aqueles que se orgulham do conhecimento que têm das coisas sobre as quais, na verdade, nada sabem.

d) Aristóteles, pois foi ele o fundador da lógica, com o seu silogismo. Essa frase representa uma forma que ele considerava que mostraria o caminho correto para a investigação, o conhecimento e as demonstrações científicas. Apesar dos enormes avanços que produziu, a lógica aristotélica tinha enormes limitações que se revelaram mais tarde, verdadeiros obstáculos para o avanço da ciência.

e) Epicuro, pois em seus ensinamentos é excluída qualquer explicação metafísica da realidade, não procurando nada nem invocando outra origem das coisas além da natureza.



Capa da Lógica, de Aristóteles (Fonte: <http://upload.wikimedia.org>).

## CONCLUSÃO

Os conhecimentos que temos hoje sobre o mundo físico resultaram de um longo processo histórico de experiências, descobertas, acertos e erros. Mesmo descobertas, que hoje podem parecer simples para nós, como domínio do fogo e a invenção da roda, alteraram para sempre a história da humanidade. As civilizações pré-históricas e aquelas que fizeram a transição da história para a história contribuíram com dados astronômicos, com criação de símbolos e desenvolvimento matemático, extremamente importante para a base da Física.

Mas, conhecimentos obtidos confundiam-se com mitos e religião. Foram os gregos que romperam com esse tipo de pensamento alterando de forma drástica a visão do mundo do ser humano. Com eles se deu um enorme salto científico, pois formularam racionalmente os princípios explicativos do movimento, da constituição da matéria, do peso do comportamento da água, etc. Foram os gregos que abriram definitivamente as portas do desenvolvimento intelectual e do conhecimento científico que temos na atualidade.

## RESUMO

Desde o início de nossa espécie, na luta pela sobrevivência, o homem foi aprendendo a conhecer a natureza e desvendar seus segredos. Os primeiros grandes desenvolvimentos da humanidade se deram pelo domínio do fogo, da agricultura da domesticação dos animais, da criação da cerâmica, da roda, das ferramentas metálicas, da navegação, etc. Houve um salto na qualidade de vida pela diminuição dos esforços na produção de alimentos, o que possibilitou, entre outras coisas, a vida em cidades. Com o surgimento da escrita, o ser humano criou uma forma de registrar suas idéias e de se comunicar.

O registro de dados astronômicos na antiguidade se iniciou há milênios, sobretudo no Egito e Babilônia, e deu origem aos calendários. Forneceu ainda importantes alicerces aos progressos da Mecânica e ajudou a construir muitas das bases de nossa Ciência atual. Outras civilizações como a Chinesa, a Maia, a Inca, contribuíram com o desenvolvimento do conhecimento científico, mas é a civilização Grega Antiga que é considerada como base da cultura da civilização ocidental. Os gregos tiveram influência no sistema educacional, na filosofia, na ciência, na tecnologia, em vários outros campos da civilização atual. Eles tentaram explicar o mundo através, unicamente, da razão, colocando-a acima dos seus mitos e utilizando-a como instrumento a serviço do próprio homem.

A busca de explicações na natureza, e não na mitologia, iniciou-se na escola Jônica, tendo como seus expoentes três grandes filósofos da cidade de Mileto: Tales, Anaximandro e Anaxímenes. Com eles se inicia a idéia de um elemento fundamental de que seriam feitas todas as coisas.



A teoria atômica foi formulada por Leucipo e confirmada por Demócrito, que afirma que a matéria seria constituída por partículas minúsculas e indivisíveis, o átomo.

Para os pitagóricos a Geometria e a Matemática possuíam um papel privilegiado, em que o Universo seria inteiramente regido por “harmonia e número”. Essa crença na existência de uma ordem matemática por trás da natureza é bastante atual e está subentendido nos modelos gerais da Física contemporânea. Platão, que foi mestre de Aristóteles e discípulo de Sócrates, compilou a doutrina deste último, dando continuidade aos trabalhos desenvolvidos pelos pitagóricos.

Fundador da lógica, Aristóteles propunha uma metodologia empírica semelhante em aspectos básicos com qualquer ciência experimental. Ele buscava na realidade um apoio sólido às suas especulações metafísicas. Apesar de alguns dos dogmas científicos e religiosos durante toda a Idade Média terem sido baseados em suas idéias, como a de que a Terra seria o centro do Universo, Aristóteles deixou um legado inestimável para a história da cultura.



### PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, iremos estudar um período turbulento: a decadência do Mundo Antigo e o advento da Idade Média, que representou um enorme retrocesso para a Ciência.

### REFERÊNCIAS

Alonso, M. S.; Finn, E. J. **Física**. São Paulo: Edgard Blücher Editora, 1999.  
Feynman, R. P.; Leighton, R. B.; Sands, M. **The Feynman lectures on Physics** v. 1. 2 ed. Oxnard: Addison Wesley, 1964.

Franco, H. **Curso de evolução dos conceitos da Física do IFUSP**. Disponível em <<http://plato.if.usp.br/1-2003/fmt0405d/>>. Acesso em 01/11/2007.

Macedo, Cláudio Andrade. **Apostila do Curso de Introdução à Física da UFS**. São Cristóvão, 2006.

Valerio, Mário Ernesto G. **Notas de aula do Curso de Introdução à Física da UFS**. São Cristóvão, 2006.

<http://www.sbmec.org.br/bol/bol-2/artigos/jader/jader.html>.

<http://scientia.artenumerica.org>.