

**JOÃO MIANUTTI
(Organizador)**

**ANGELA CECÍLIA QUARENTEI GARDIMAN
ROZANNA MARQUES MUZZI
SÉRGIO PLACÊNCIA
ZAIRA DA ROSA GUTERRES**

CURRÍCULO REFERENCIAL PARA O ENSINO MÉDIO

**ÁREA
CIÊNCIAS DA NATUREZA, MATEMÁTICA E SUAS TECNOLOGIAS.**

**Campo Grande
2002**

Como o ser da sociedade é o ser do próprio homem, a compreensão do social pelo *acesso do pensamento à totalidade* é condição necessária para que o ser pensante compreenda a si mesmo. A educação geral pode ser um instrumento dessa transformação na consciência do homem (...) Somente a consciência de como funciona a sociedade permite ao cidadão apreender os limites da cidadania, expressos nos seus deveres, nas suas responsabilidades e nas suas possibilidades dentro do processo de superação das relações sociais vigentes.

Gilberto Luiz Alves

SUMÁRIO

Carta ao professor	
Textos de fundamentação teórica:	
Reflexões sobre os desafios para pensar a área de Ciências da Natureza e Matemática no Currículo do Ensino Médio.....	
Subsídios para pensar a Matemática no Currículo do Ensino Médio.....	
Subsídios para pensar a Física no Currículo do Ensino Médio.....	
Subsídios para pensar a Química no Currículo do Ensino Médio.....	
Subsídios para pensar a Biologia no Currículo do Ensino Médio.....	
Tema A – O mundo antigo	
Unidade Temática I – As civilizações Grega e Romana.....	
Tema B – A Europa Medieval	
Unidade Temática II – O Mundo Feudal e a Transição para Modernidade	
Tema C – A Modernidade	
Unidade Temática III - O desenvolvimento da Modernidade.....	
Unidade Temática IV – A era dos monopólios e a crise da Modernidade.....	
Elementos para a avaliação do fazer pedagógico.....	
Devolutiva social.....	
Informática para além da função de recurso didático.....	

CARTA AO PROFESSOR

Prezado Colega

No transcurso da capacitação tivemos a oportunidade de refletir sobre as mudanças implementadas no Ensino Médio pela Secretaria de Estado de Educação (SED/MS) no governo do Partido dos Trabalhadores. Entre as mudanças, a alteração no *Plano Curricular* nos colocou frente a questões que expressavam uma preocupação coletiva, por exemplo: se a organização proposta seria eficiente na formação para o vestibular, condição fundamental para conquista de um espaço no setor produtivo. Questões como esta devem ser aprofundadas, pois isto é essencial para definição da pauta dos profissionais do setor, no diálogo com a estrutura política que estiver no poder, e, sobretudo, para dar mais densidade à luta por uma sociedade melhor. A discussão não pode ser balizada, exclusivamente, numa idéia abstrata de mercado, mas nas condições concretas da sociedade atual, que no seu funcionamento produz, entre outros problemas, a redução de empregos. Nesta perspectiva, partindo da sociedade concreta em que vivemos, defendemos uma escola básica e, conseqüentemente, o ensino médio como espaços privilegiados para aquisição de cultura e de conhecimentos culturalmente significativos, vitais para formação da cidadania.

Nesta fase, apresentamos as linhas gerais de uma proposta para o ensino médio, que a nosso ver, pode ser fecunda para superar o modelo da fragmentação, da especialização e disciplinarização do conhecimento. Colocamos em discussão questões fundamentais, como, por exemplo: que conhecimentos são fundamentais, no âmbito da nossa área, para formação do homem, do cidadão do século XXI? Como tratar, em termos didáticos, estes conhecimentos? Se uma resposta conclusiva é difícil, pelo menos tivemos a oportunidade de refletir sobre uma alternativa, de preferir respostas fáceis como as que limitam toda discussão sobre a lógica disciplinar, ainda hegemônica na escola de hoje. Cabe frisar que ao propor uma orientação metodológica a SED/MS criou referências para potencializar dois componentes fundamentais do processo didático, o planejamento e a avaliação.

Este documento é parte de um esforço coletivo que envolveu diretamente, além dos técnicos da SED/MS, uma equipe de professores vinculados às universidades, com formação bastante diferenciada, mas ligados pela experiência docente no ensino médio e pela convicção da urgência de ações comprometidas com uma educação para a cidadania. Os nossos encontros da fase presencial foram extremamente importantes, pois o debate fez emergir com muita intensidade a necessidade de mudanças e as dificuldades que terão que ser, gradativamente, enfrentadas para implementação da proposta.

Neste sentido, a proposta que hora apresentamos exigirá de todos uma atitude de abertura para sua apreciação, uma leitura crítica que informe sua possibilidade e uma disposição para inovar e se inovar, para buscar novos recursos didáticos, ou lançar sobre o material conhecido um novo olhar. Aproveitamos para reafirmar aos colegas a posição que assumimos claramente em muitos momentos quando se questionava a ênfase aos textos clássicos, às vezes, equivocadamente, reduzidos a antigos. É preciso ressaltar que colocamos os Temas Mundo Antigo e Europa Medieval na primeira série, ficando as séries seguintes para tratar os conhecimentos produzidos na Modernidade. Ao

propor as Unidades Temáticas *Civilizações Grega e Romana* e *Mundo feudal e a transição para Modernidade*, não estamos sugerindo recuperar todo conhecimento produzido nestes contextos históricos, mas selecionar recursos didáticos que nos possibilitem tratar os conhecimentos, entendidos como fundamentais, de forma que sejam ligados ao contexto de sua produção. Portanto, recuperar parte desses conhecimentos é condição indispensável para pensar a ciência moderna e as obras clássicas, hoje, fontes acessíveis que podem ser utilizadas na escola. Quando alguns colegas questionaram se estas orientações teóricas não deveriam ser utilizadas para pensar a organização de toda Educação Básica, isto é, partindo do ensino fundamental, reafirmamos que o enfrentamento deve ser feito nos diferentes espaços, e que não podemos esperar que mudanças substanciais ocorram primeiro no ensino fundamental ou na universidade para depois ocorrer no ensino médio. A vida produziu a consciência da urgência de uma reforma no pensamento, de novos desenhos institucionais e nós, educadores, temos a oportunidade e a obrigação de sermos sujeito deste processo.

Diante das nossas dificuldades de transitar pelas outras áreas, e conseqüentemente de tratar os conhecimentos nos contextos históricos em que foram produzidos, fizemos no primeiro texto uma rápida incursão por produções relevantes para pensar os contextos das Unidades Temáticas. Cabe frisar que pontuamos apenas algumas obras e, assim mesmo de forma preliminar, podendo este escopo ser bastante ampliado, na medida que ocorram trocas entres os professores das três grandes áreas do currículo. Para desencadear sessões de estudos voltadas para esse objetivo, sugerimos alguns textos e procedimentos para estudos.

Os textos elaborados pelos consultores das disciplinas que constituem a área (Matemática, Física, Química e Biologia), ainda bastante marcados pela orientação disciplinar, tiveram como objetivo uma reflexão sobre os conhecimentos produzidos no concurso da história, para uma definição posterior dos conhecimentos que seriam tratados no âmbito das unidades temáticas.

Em função das especificidades da área, no Mundo Antigo, apresentamos apenas a Unidade Temática *Civilizações Grega e Romana* (1º semestre do 1º ano) e na Europa Medieval, apenas a Unidade Temática *Mundo feudal e transição para Modernidade* (2º semestre do 1º ano). Na modernidade, seguimos a organização das outras áreas, com duas Unidades Temáticas: *Desenvolvimento da Modernidade* (2º ano) e *A era dos monopólios e a crise da Modernidade* (3º ano).

Em cada Unidade Temática apresentamos um pequeno texto por disciplina, propondo alguns conhecimentos para serem trabalhados. Na seqüência foram sugeridas nos procedimentos metodológicos, fontes para aquisição da linguagem formulada pelas ciências e temas interessantes para fomentar a iniciação à pesquisa. Entretanto, cabe ressaltar que na organização buscamos evitar um enfoque conteudístico, com a conhecida lista de conteúdos, é que esta proposta exigirá de todos um esforço permanente de superação, seja da formação marcada pela organização disciplinar ou pelas experiências que consolidaram a organização do trabalho didático, fundada, quase que exclusivamente, no manual didático. Muitos obstáculos serão levantados, a maioria deles relacionados à materialidade da escola pública, mas o estudo sistemático e o trabalho individual e coletivo podem nos possibilitar uma compreensão mais radical da sociedade e do papel do Estado,

dando mais consistência a nossa luta. Isto é fundamental para o enfrentamento das condições adversas e, novamente é preciso sublinhar, nessa luta, nossa arma é o conhecimento.

Para finalizar, é imprescindível que todos os educadores comprometidos sejam inteiros neste movimento que os homens travam entre si, e às vezes, consigo mesmo, na luta por uma ética capaz de produzir novas relações sociais. Falamos de um movimento capaz de dar um novo vigor à escola onde esta possa se organizar como espaço gerador e alimentador da cidadania. Para tanto, a criação de espaços para o trabalho coletivo é essencial, pois o desafio expresso nesta proposta exige articulações em nível de área e entre as áreas e, sobretudo, entre as várias instituições ligadas à educação. Estaremos enviando a vocês alguns textos, apenas para reforçar a plausibilidade da proposta. Com esta disposição, não temos dúvidas, logo teremos a necessidade de encontros para fomentar a troca de experiências. Este referencial, apesar do seu caráter inconcluso, coloca princípios que criam novas necessidades, que para serem devidamente potencializadas pela escola, exigem que esforços sejam canalizados para forjar novos espaços e práticas pedagógicas, alinhadas com a formulação de uma organização do trabalho didático que incorpore o que há de mais avançado no nosso tempo. Evitemos a análise aligeirada que, pelas condições materiais da escola, conduz a negação; afinal, esta compreensão é vital para que o trabalho educativo corrobore com outras forças sociais na superação deste momento crítico da nossa história.

Prof. João Mianutti

REFLEXÕES SOBRE OS DESAFIOS PARA PENSAR A ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E MATEMÁTICA NO CURRÍCULO DO ENSINO MÉDIO.

Prof. MSc. João Mianutti
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS.

Conhecemos apenas uma única ciência, a ciência da história. A história pode ser examinada sob dois aspectos: história da natureza e história dos homens. Os dois aspectos, contudo, não são separáveis; enquanto existirem homens, a história da natureza e a história dos homens se condicionarão reciprocamente.

K. Marx & Friedrich Engels

A tarefa de pensar o currículo do ensino médio, principalmente a área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, tendo como base à ciência da história, exige de todos os educadores comprometidos com este desafio um esforço grandioso para superação dos limites construídos ao longo do processo de formação. Limites objetivos e subjetivos que não podem ser enfrentados de forma solitária, embora também exijam o trabalho solitário, mas coletivamente nos seios das Instituições.

Para dimensionar o tamanho do desafio é essencial uma reflexão sobre o conhecimento. LEITE ao discutir a questão do currículo acadêmico faz uma discussão sobre o significado do conhecimento.

No *processo* de interpretação ou explicação do mundo, o homem determinado interfere e transforma. É neste momento, no contexto das relações sociais, que ele se apropria do real, domina o mundo, constrói a sociedade. O *produto* é um instrumento; o *processo* é a apropriação, é a contradição. A posse do *produto* instrumentaliza para ação, e o controle do *processo* é a própria ação. (...) O conhecimento é produto histórico. O *conhecimento-processo* e a própria história, é a experiência da história, da existência social. E é no momento da história que as contradições intrínsecas, próprias a toda relação social, aparecem. O *conhecimento-produto* encobre a realidade conflituosa do aparecimento das idéias e da constituição do saber científico por intermédio da apresentação de informações aparentemente harmoniosas, organizadas, lógicas.¹

Nesse sentido, admitindo que é na condição de *processo* que a concepção de conhecimento é determinada, e que está manifesta no conhecimento-produto, podemos avançar na compreensão das dificuldades que nós, da Área de Ciências da Natureza e Matemática, temos para pensar o conhecimento numa perspectiva histórica, visto que a nossa formação é marcadamente positivista. Considerando que na Escola Básica, a nível médio, tratamos fundamentalmente do conhecimento na condição de *produto* (conhecimento disciplinar), é oportuno recuperar as seguintes considerações de CARAÇA:

A ciência pode ser encarada sob dois aspectos diferentes. Ou se olha para ela tal como exposta nos livros de ensino, como coisa

¹ LEITE, Siomara Borba. Considerações em torno do significado do conhecimento *in* Moreira, F. B. (org.) **Conhecimento educacional e formação de professores**. Campinas, SP: Papyrus, 1994.

criada, e o aspecto é o de um todo harmonioso, onde os capítulos se encadeiam em ordem, sem contradições. Ou se procura acompanhá-la no seu desenvolvimento progressivo, assistir à maneira como foi sendo elaborada, e o aspecto é totalmente diferente – descobrem-se hesitações, dúvidas, contradições, que só um longo trabalho de reflexão e apuramento consegue eliminar, para que logo surjam outras hesitações, outras dúvidas, outras contradições.

Descobre-se ainda qualquer coisa mais importante e mais interessante: – no primeiro aspecto, a Ciência parece bastar-se a si própria, a formação dos conceitos e das teorias parece obedecer só a necessidades interiores; no segundo, pelo contrário, vê-se toda a influência que o ambiente da vida social exerce sobre a criação da Ciência.

A Ciência, encarada assim, aparece-nos como um organismo vivo, impregnado de condição humana, com as suas forças e as suas fraquezas e subordinado às grandes necessidades do homem na sua luta pelo entendimento e pela libertação; aparece-nos, enfim, como um grande capítulo da vida humana social.²

Neste texto, o autor nos coloca frente a duas possibilidades de encarar a ciência, uma que nós vivenciamos, com maior ou menor profundidade, primeiro na condição de aluno e depois como professor e outra, que exige rever a nossa formação, a nossa concepção de conhecimento. Trabalhar a ciência como algo processual, dinâmico e, sobretudo, como produção humana em respostas às necessidades que são colocadas, não é coisa fácil, pois temos que buscar superar o instrumento que influenciou severamente a nossa experiência no campo educacional, o manual didático. Tendo como base os determinantes sociais, sobretudo os econômicos, ALVES faz uma leitura reveladora da *Didáctica Magna*, de João Amós Coménio, desvelando o surgimento do instrumento que permitiria *simplificar e objetivar* o trabalho didático.

Surgia um novo instrumento de trabalho do professor: o *manual didático*. Quanto à sua forma e à sua função, essa nova tecnologia distinguiu-se tanto dos livros clássicos, até então muito caros e pouco universalizados como decorrência dos limites próprios da produção manufatureira, como das antologias, subprodutos escolares dos livros clássicos, pois nestes selecionavam os extratos que as compunham. O manual didático surgiu com a pretensão de consubstanciar uma síntese dos conhecimentos humanos sob uma forma mais adequada ao desenvolvimento e à assimilação da criança e do jovem. Especializou-se, também, em função dos níveis de escolarização e das áreas de conhecimento, multiplicando-se da mesma forma que os instrumentos de trabalho, dentro da oficina, que, por força da divisão de trabalho, ganharam configurações mais adequadas às operações que realizavam. Desde então, o manual didático passou a servir em tempo integral ao aluno e ao professor. Foram criadas, mesmo, modalidades especializadas de textos para aqueles e para este, mas, rigorosamente, concebidas como elementos complementares. De imediato, importa reconhecer que o manual didático, pela sua auto-suficiência enquanto instrumento

² CARAÇA, Bento de Jesus. *Conceitos Fundamentais da Matemática*. Lisboa: Livraria Sá da Costa, 1984.

organizador do trabalho de ensino, dispensou da escola o livro clássico.³

Hoje, portanto, é vital a busca de outras fontes que permitam recuperar um pouco do movimento e ligar a ciência à vida dos homens, a contextualizar o saber especializado. A ciência moderna surge num momento de tensão, quando a ordem feudal não consegue mais responder as questões que são colocadas. Se aceitarmos a idéia que a ciência de Bacon, Descartes, Newton, Lavoisier e Darwin, apenas para citar alguns, produziram novas respostas para atender as necessidades de uma sociedade determinada, algumas questões podem ser colocadas, como, por exemplo: Que conhecimentos são essenciais para formação do homem? Como desvelar as relações entre estes conhecimentos especializados, pelo menos os produzidos no âmbito da área? Como ligar estes conhecimentos aos contextos em que foram produzidos? A *especialização* que otimizou as relações de produção e, no âmbito da ciência moderna, produziu conhecimentos altamente verticalizado, não é um mal em si. No entanto, tem que ser compreendida no interior da totalidade que lhe confere significado, para avançamos na compreensão de que são essenciais novos arranjos que possam superar uma especialização construída sobre base extremamente redutora que impedem o sujeito de pensar “o seu saber especializado” em relação à sociedade concreta em que vive. Na escola, o desafio de superar a compartimentalização, deve ser enfrentado ao nível do currículo, pois, ao nosso ver, é na leitura articulada de diferentes fontes que isso pode ser alcançado. Poderíamos até arriscar que, quanto mais coletivo for o enfrentamento, maior a possibilidade de êxito. É nesta perspectiva que defendemos a superação do manual, instrumento que teve a sua importância, mas que hoje limita a prática pedagógica, como algo vital na direção de uma nova organização do trabalho didático mais condizente com as necessidades do nosso tempo.

No âmbito da produção educacional a problemática da fragmentação do conhecimento tem sido amplamente discutida. Embora a necessidade de superação da fragmentação, de rever a organização do conhecimento, apareça como algo consensual, a forma como isto pode ser feito é bastante distinta exatamente pelas diferenças de concepção teórica, de método que orientem os homens na produção (*conhecimento-processo*) e no pensar sobre o produzido (*conhecimento-estado*). Portanto, considerando que há no discurso dos educadores diferentes acepções para a categoria *totalidade*, e a importância desta para a perspectiva teórica que orienta este trabalho, é oportuno reafirmar que:

“A totalidade, para efeito de ilustração, por se identificar com a própria sociedade capitalista, impõe, previamente ao esforço de análise da educação e da escola, o entendimento das leis que regem o funcionamento dessa forma histórica de organização social dos homens. (...) Logo, a compreensão do social, pelo acesso à totalidade em pensamento, é condição para que o homem compreenda não só a si mesmo, mas todas as atividades humanas e os seus resultados, inclusive a educação.”⁴

³ ALVES, Gilberto Luiz. *A produção da escola pública contemporânea*. Campo Grande, MS: Ed. UFMS; Campinas, SP: Autores Associados, 2001, p. 86-7.

⁴ *Ibid.*, p. 18.

Para ALVES *“Discutir currículo implica desvendá-lo enquanto um plano de estudos sistemático e subordinado a um ideal de homem”*. Este ideal de homem é definido em sociedade, e não subsiste quando uma sociedade é superada, pois a forma de ser deste homem também é superada. Ao fazer uma abordagem histórica do currículo, este autor diz o seguinte:

Para efeito de superação da especialização do saber, no estágio possível dentro da sociedade capitalista, nossa concepção pode ser resumida, preliminarmente, da seguinte forma: no plano da organização do currículo, independente da estrutura curricular, a formação universitária deve, sempre, pleitear três momentos, mais identificados com momentos funcionais do que cronológicos. *Um primeiro momento deve concentrar os estudos que ofereçam uma visão clara da sociedade concreta nossos dias – a sociedade capitalista –, sua origem histórica, seu desenvolvimento e as tendências que podem ser assinaladas para seu futuro.* O segundo momento exige que a área de atuação profissional seja analisada em suas relações com a sociedade concreta, de forma a tornar claras as funções que assume concretamente no todo. Por fim, o último momento se confunde com a própria habilitação, quando se cuida, mais detalhadamente, da formação específica que se programa para cada modalidade profissional.⁵

A proposição deste estudioso deve ser sublinhada, pois a crise também está posta na universidade, e uma das matérias em pauta é a graduação. O que esta em discussão é, fundamentalmente, qual o papel da universidade na sociedade atual. Embora esta questão esteja bastante relacionada com a nossa discussão, não é nosso objetivo aprofundá-la neste momento. Retomemos o texto acima, admitindo a necessidade de um momento no currículo dos futuros educadores que possibilitasse a estes a compreensão da sociedade capitalista como um elemento importante na construção de uma alternativa para superação da ótica especializada que tem marcado a formação dos diferentes profissionais, inclusive os da educação. Como poderemos enfrentar isto no ensino médio, onde os profissionais em exercício foram formados dentro da lógica da especialização, ainda hoje, reinante nas Instituições de Educação Superior? Se levamos em conta a proposta já discutida nos Cadernos do Ensino Médio, que tem como um princípio organizador do conhecimento não exclusivamente a arquitetura das disciplinas, mas fundamentalmente, a sociedade onde determinados conhecimentos foram produzidos, que tipo de estratégias poderemos adotar para nos capacitar a implementar o currículo nesta perspectiva? Cabe frisar que como isto está posto para as três áreas no currículo do Ensino Médio, na medida em que a proposta for implementada, os alunos terão oportunidades de acessar, através de extratos ou obras inteiras, conhecimentos culturalmente significativos, que nós, professores da área de Ciências da Natureza e Matemática não tivemos acesso no decurso da nossa formação. Pensando que é através da articulação desses conhecimentos que poderemos avançar na superação da fragmentação, criamos uma nova necessidade, a necessidade de uma caminhada coletiva, onde os professores das diferentes áreas, juntamente com os alunos, busquem uma nova síntese onde conhecimentos relevantes sejam mobilizados para compreensão dos problemas fundamentais da nossa sociedade. Nesta síntese, a

apreensão dos conhecimentos disciplinares e das suas relações, pode nos instrumentalizar para uma leitura mais substancial da complexidade social. Diante disso, pretendemos nos limites deste texto apresentar algumas obras importantes, que possivelmente serão utilizadas pelos colegas das outras áreas, que nos possibilitam pensar e realizar o trabalho educativo balizado numa perspectiva histórica.

É com esse intento que apresentamos o presente texto, organizado da seguinte forma: no primeiro momento faremos algumas considerações sobre o método e, em seguida recorreremos a alguns textos que podem ser valiosos, se acessados, para facilitar a compreensão dos contextos das Unidades Temáticas (1. Civilizações Grega e Romana; 2. Europa Medieval e Transição para Modernidade; 3. Desenvolvimento da Modernidade; 4. A era dos monopólios e a crise da Modernidade). Portanto, a idéia deste texto introdutório é levantar, mesmo que de forma preliminar, textos que nos auxiliem na difícil tarefa de delinear o contexto das Unidades Temáticas. Destes, alguns devem ser destacados, como por exemplo, *Novum Organum* (F. Bacon) e o *Discurso do Método* (R. Descartes), pela sua importância no âmbito da área.

A experiência da fase presencial revelou uma grande preocupação com o método histórico, o que é bastante positivo, pois demonstra a receptividade dos professores para discutir o assunto. Se as concepções sobre o conhecimento são produzidas pelo sujeito no processo, conforme já colocamos anteriormente, fica evidente que a investigação na Área de Ciências da Natureza assumiu contorno diferente das demais áreas. Segundo Marx:

Os homens fazem sua própria história, mas não a fazem como querem; não a fazem sob circunstâncias de sua escolha e sim sob aquelas que se defrontam diretamente, ligadas e transmitidas pelo passado. (...) E justamente quando parecem empenhados em revolucionar-se a si às coisas, em criar algo que jamais existiu, precisamente nesses períodos de crise revolucionária, os homens conjuram ansiosamente em seu auxílio os espíritos do passado, tomando-lhes emprestado os nomes, os gritos de guerra e as roupagens, a fim de apresentar a nova cena da história do mundo nesse disfarce tradicional e nessa linguagem.⁶

Tal consideração é importante porque, a nosso ver, tratar o conhecimento *numa perspectiva histórica* não é restritivo, pelo contrário, possibilita resgatar num horizonte maior, aspectos epistemológicos das diferentes *disciplinas* que constituem, no currículo, a área. Ou seja, a *ciência moderna* como produção humana ligada a uma sociedade determinada, só pode ser aprendida pela recuperação dos condicionantes que estão na sua gênese. Mesmo se tratando de *conhecimentos disciplinares*, a compreensão radical exige apreendê-los na sua fase inicial de desenvolvimento. Portanto, o substrato para a criação do novo e o que herdamos das gerações passadas.

Cabe ressaltar que esta opção teórica expressa uma posição política frente ao cenário atual, pois coloca em discussão a sociedade capitalista e a necessidade de transformações. Para isso é, conforme já pontuamos, essencial superar a ótica especializada e buscar apreender a *totalidade* em

⁵ ALVES, Gilberto Luiz. Relação entre plano de estudos e sociedade. **Intermeio** – Revista do Mestrado em Educação da UFMS, Campo Grande – MS, v. 1, n. 2, p. 44-52, jan. 1995.

pensamento. A nosso ver, em termos práticos, a fecundidade deste referencial se revela na definição de elementos gerais para orientar o fazer pedagógico, algo imprescindível para potencializar os componentes fundamentais do trabalho didático: o *planejamento* e a *avaliação*.

Na proposta do Ensino Médio, método tem o significado de caminho. E, partindo do pressuposto que a melhor maneira para compreensão desse caminho e dos seus componentes basilares, seja o acesso a obras que registrem, de forma exemplar, o caminhar de pesquisadores que o elegeram como guia, faremos algumas sugestões. Embora sucintamente, vamos apresentar alguns elementos fundamentais dessa concepção. Segundo Marx & Engels,

Pode-se distinguir os homens dos animais pela consciência, pela religião ou por tudo que se queira. Mas eles próprios começam a se diferenciar dos animais tão logo começam a produzir seus meios de vida, passo este que é condicionado por sua organização corporal. Produzindo seus meios de vida, os homens produzem, indiretamente, sua própria vida material.⁷

Portanto, um elemento determinante na história é a forma como os homens, em determinado contexto, produzem e reproduzem a vida. Com relação a isto, cabe ressaltar outra importante consideração de Engels, que diz:

É supérfluo acrescentar que os homens não são livres para escolher suas forças produtivas – que são a base de toda história – porque toda força produtiva é uma força adquirida, o produto de uma atividade anterior. Assim, as forças produtivas são o resultado da energia prática dos homens, mas esta própria energia está determinada pelas condições em que se encontram os homens, pelas forças produtivas já adquiridas, pela forma social preexistente, que eles não criaram e que é o produto da geração anterior. O simples fato de cada geração posterior encontrar as forças produtivas adquiridas pela geração precedente, utilizando-as como matéria-prima para a nova produção, cria na história dos homens uma conexão, cria uma história da humanidade, que é tanto mais a história da humanidade quanto mais desenvolvidas estiverem as forças produtivas dos homens e, por conseqüência, as suas relações sociais.⁸

Por esta razão, porque há uma história da humanidade, é que podemos falar em um processo civilizatório, onde os homens partindo de condições objetivas determinadas produzem as condições para superação dos problemas que são colocados. É nesse movimento que queremos pensar a ciência. Ao explicitar a sua compreensão sobre aspectos fundamentais do método histórico, Engels diz:

⁶ MARX, K. *O 18 Brumário de Luís Bonaparte*. In: MARX, K. & ENGELS, F. *Obras Escolhidas* – Vol. 1. São Paulo: Alfa-Omega, s/d, p. 203.

⁷ MARX, K & ENGELS, F. *A Ideologia Alemã*. 11 ed. São Paulo: Hucitec, 1999, p.27.

⁸ MARX, K. & ENGELS, F. *Cartas Filosóficas e O Manifesto do Partido Comunista de 1848*. São Paulo: Moraes, 1987, p.15.

O que entendemos por relações econômicas – que consideramos como a base determinante da história da sociedade – é o modo pelo qual os homens de uma dada sociedade produzem seus meios de subsistência e trocam os produtos (na medida em exista divisão do trabalho). Portanto, está aí incluída toda a técnica da produção e do transporte (...) Se, como o senhor diz, a técnica depende em grande parte do estado da ciência, esta depende ainda muito mais do estado e da necessidade da técnica. Quando a sociedade tem uma necessidade técnica, isto impulsiona a ciência mais do que dez universidades.⁹

A base econômica é componente essencial, mas em momento algum Marx ou Engels reduz a teoria a esta dimensão, pois a referência é o movimento que produz os vários componentes, a exemplo do político e do jurídico, que interatuam sobre a base econômica. Pensar a necessidade como força que impulsiona a ciência parece coisa fácil, mas há sérias dificuldades para isso, decorrentes de uma formação marcada pela ótica da especialização. Pensamos, que é preciso estender o campo de visão, pensar o conhecimento como produto de uma sociedade, rompendo com a leitura linear do imediato.

Se método é caminho, como colocamos inicialmente, sua fecundidade aparece no caminhar. É uma forma de pensar, de investigar, que não se manifesta prontamente, que exige esforço individual e abertura para o trabalho coletivo. Novamente é preciso dizer, os manuais não revelam nem sombras do caminhar...

Na primeira Unidade temática serão levantados alguns conhecimentos produzidos pelos homens das Civilizações Grega e Romana, ou seja, da sociedade Escravista. Uma questão interessante para tentar delinear este contexto seria: Como o homem da sociedade escravista produz sua existência, produz sua vida material (seu modo de ser)? A busca dessa resposta pode nos conduzir a vários textos, vários autores. Um texto precioso é a “*Política*” de Aristóteles, porque nos permite, em parte, acessar esta sociedade, a sua forma de produzir a vida material, as relações sociais decorrentes e, também a contradição, na medida que ressalta algumas questões relevantes para época. Para despertar o interesse pela leitura desta obra e de outras relevantes para contextualizar este momento, sugerimos o texto *Aristóteles*, do Prof. Pedro de Alcântara Figueira. Nesta produção o autor destaca:

Outro aspecto fundamental do pensamento de Aristóteles está na sua crítica aos antigos e a Platão. Sendo este o seu ponto de partida, Aristóteles confronta-o com as concepções dos antigos (conhecidos genericamente como pré-socráticos), com os físicos, como os chamava, e com as idéias platônicas. A concepção aristotélica nasce principalmente do embate com estas duas fontes de sabedoria da Grécia antiga. O *ser naturalmente social* de Aristóteles, ou a organização social de Atenas, ou a escravidão, se apresentará na polêmica com a razão explicativa de todas as coisas. (...) Enquanto a *república* de Platão é constituída de homens imaginários, a *polis* de

⁹ Ibid., p. 53-4

Aristóteles é a Atenas de sua época e a luta para que a sua civilização se irradiasse por todo o mundo.¹⁰

Este texto, pela forma como o conhecimento é apresentado, pode ser elemento importante para nos remeter a leituras mais densas, de Aristóteles e Platão. Cabe observar que, para desenvolver os trabalhos da área podemos recorrer a extratos dos pré-socráticos, afinal eles contribuíram para formulação das primeiras concepções sobre a matéria. Esta recuperação nos permitirá superar a simplificação, geralmente presente nos manuais, que reduzem estes conhecimentos a menos de uma página, com uma rápida alusão a *Teoria dos quatro elementos*. A questão que poderia ser colocada é: Por que esta concepção, assumida por Aristóteles e presente, por exemplo, na sua metafísica, foi selecionada? Ou seja, tornou-se o modelo explicativo por quase dois mil anos?

Quando Aristóteles, na *Política*, diz que: *o Estado é uma criação da natureza e que o homem é, por natureza, um animal político*, enfatizando que o Estado tem mais importância que o indivíduo, que o conjunto é mais importantes que as partes, está não só ressaltando o caráter social do homem, mas se posicionando a favor de uma forma de organização social que, a seu ver, é superior a precedente. Mas como os homens estavam organizados antes da sociedade escravista? Para responder a esta questão é oportuno resgatar *A Ideologia Alemã*, texto já citado e leitura fundamental para uma reflexão sobre o método. Para estes autores:

As diversas fases de desenvolvimento da divisão do trabalho representam outras tantas formas diferentes da propriedade: ou, em outras palavras, cada nova fase da divisão do trabalho determina igualmente as relações dos indivíduos entre si, no que se refere ao material, ao instrumento e ao produto do trabalho.

A primeira forma de propriedade é a propriedade tribal. Ela corresponde à fase não desenvolvida da produção, em que um povo se alimenta da caça e da pesca, da criação de gado ou, no máximo da agricultura. (...) A Segunda forma de propriedade é a propriedade comunal e estatal que se encontra na Antiguidade, que provém, sobretudo, da reunião de muitas tribos para formar uma cidade, por contrato ou por conquista, e na qual subsiste a escravidão. Ao lado da propriedade comunal, desenvolve-se já a propriedade móvel e, mais tarde, também a imóvel, mas como uma forma anormal subordinada a propriedade comunal. Os cidadãos possuem o poder sobre seus escravos trabalhadores apenas em sua coletividade, e já estão por isso ligados à forma de propriedade comunal. Esta é a propriedade privada coletiva dos cidadãos ativos que, em face dos escravos, são obrigados a permanecer neste modo de associação surgido naturalmente.¹¹

A importância da organização social em torno da *Polis* aparece quando Aristóteles só concebe o indivíduo auto-suficiente nesta situação, como parte do Estado, pois *“aquele que for incapaz de viver em sociedade, ou que não tiver*

¹⁰ FIGUEIRA, Pedro de Alcântara. *Ensaio de História: o marxismo à luz da história*. Campo Grande, MS: Editora UFMS, 1987. p.73.

¹¹ MARX, K & ENGELS, F. *A Ideologia Alemã*. 11 ed. São Paulo: Hucitec, 1999, p. 29 - 31.

*necessidade disso por ser auto-suficiente, será uma besta ou um deus, não uma parte do Estado”.*¹²

Para despertar o entusiasmo pela leitura dessas obras, vamos recuperar outras idéias de Aristóteles articuladas com a sustentação da organização social de seu tempo.

Uma criatura viva consiste, em primeiro lugar, de alma e corpo, e destes dois elementos o primeiro é por natureza o governante e o segundo, o governado. Então, precisamos procurar as intenções da natureza nas coisas que conservam sua essência, não nas que foram corrompidas.¹³

Pois, é o homem possuidor da maior das virtudes, ser livre e ter berço nobre, o potencial cidadão da *polis*, aquele que conserva a essência, cabendo ao escravo, com a força do seu corpo, a realização dos trabalhos. Para ilustrar como esta relação está presente nas suas produções, vamos recuperar um trecho onde ele discute a ação do esperma:

Pues lo de la hembra también es un residuo y posee todas las partes en potencia pero ninguna en acto. También posee en potencia aquellas partes en las que se diferencia la hembra del macho. Pues igual que de seres mutilados unas veces nacen individuos mutilados y otras no; de la misma forma, de una hembra unas veces nace una hembra y otras nace un macho. Y es que la hembra es como un macho mutilado, y las menstruaciones son esperma, aunque no puro, pues no les falta más que una cosa, el principio del alma.¹⁴

Dessa forma, a relação entre o senhor e o escravo, que está na base da produção material, influencia a formulação de modelos explicativos, a exemplo da reprodução dos animais. Nesta perspectiva também se coloca a relação entre homem e mulher, onde a última, conforme o próprio Aristóteles, representa um *fracasso da natureza*. É neste universo onde a guerra desempenha um papel fundamental, fazendo com que a sociedade valorize a formação do guerreiro, que as relações entre os homens precisam ser compreendidas.

Para relacionar os conhecimentos biológicos propostos na Unidade Temática com o pensamento da época, cabe recuperar como o estagirata pensa o enriquecimento.

O enriquecimento, então, como dissemos, dá-se de duas maneiras; uma necessária e aceitável, a qual podemos chamar administrativa; a outra, comercial, que depende da troca, é com justiça enxergada com desaprovação, pois nasce não da natureza mas dos negócios que os homens mantêm uns com os outros. (...) Em matérias como essa, a especulação teórica é livre; a aplicação prática, porém, está intimamente ligada a circunstância e necessidades. Os pontos úteis do enriquecimento são, em primeiro lugar, o conhecimento sobre a criação de animais domésticos. Por exemplo, que tipo de cavalos, ovelhas, bois ou outros dá mais retorno? Um homem precisa saber qual deles rende mais do que os outros, e em que locais, pois alguns animais se desenvolvem melhor aqui, outros ali. Em segundo lugar vem a agricultura, relacionada ao cultivo ou à plantação; em terceiro,

¹² ARISTÓTELES. *Política*. In: *Aristóteles*. Os pensadores. São Paulo: Nova Cultural, 1999, p. 149.

¹³ *Ibid.*, p. 150.

¹⁴ ARISTÓTELES. *Reproducción de los animales*. Madrid: Gredos, 1994, pp. 143-144.

a criação de abelhas, peixes, galináceos ou quaisquer outros animais úteis para o homem. Estes são os componentes da verdadeira e própria arte de enriquecer e vêm em primeiro lugar.¹⁵

Logo, sendo a administração da propriedade a forma de enriquecimento mais aceita socialmente, podemos dizer que os conhecimentos sistematizados por Aristóteles sobre os animais e de Teofrasto sobre as plantas representam formulações que responderam a necessidades concretas dos homens, pois para criação de animais ou para o cultivo de plantas foram essenciais os estudos biológicos.

Para fazer referência a outros conhecimentos produzidos e/ou sistematizados pelos homens desta sociedade, cabe resgatar outra passagem da *Política*:

Isto significa que é parte do plano da natureza o fato de que a arte da guerra, da qual a caçada é parte, deva ser um modo de adquirir propriedade; e que este modo deve ser usado contra as bestas selvagens e contra os homens que, por natureza, devem ser governados, mas se recusam a isso; porque esse é o tipo de guerra que é justo por natureza.¹⁶

Esta preocupação pode ser relacionada aos conhecimentos sobre técnicas refinadas de transformações materiais, inclusive de antigas civilizações, diante da importância destas para produção, por exemplo, de artefatos ligados à guerra.

Se na perspectiva histórica, é no processo de dissolução de uma ordem social que uma nova forma é gestada, é na desagregação do modo de produção escravista que emergem as relações que caracterizaram o modo de produção feudal. Obras como *Satiricon* de Petronio, entre outras, que mostra as aventuras de dois jovens numa sociedade em franco processo de decadência, revela a crise de valores da sociedade escravista e registram o movimento de desagregação do Império Romano.

As *Confissões* de Santo Agostinho podem ser relevantes para delinear os contornos deste momento.

Se em Santo Agostinho temos a influência de Platão, Sto. Tomás de Aquino recorre a Aristóteles. Entretanto, não é mais o Aristóteles do mundo grego, mas uma apropriação e acomodação de partes de suas idéias para sustentar as relações do mundo feudal. A *Súmula contra os gentios*, de Sto Tomás, representa um registro valioso sobre os conhecimentos que seriam relevantes para os homens neste momento. Deste texto, apresentamos a seguinte passagem:

As deficiências que experimentamos dia por dia no conhecimento das coisas nos transmitem o mesmo ensinamento. Ignoramos a maioria das propriedades das coisas sensíveis, e na maior parte dos casos somos incapazes de descobrir plenamente as razões dessas propriedades que os nossos sentidos percebem. Com muito maior razão, a inteligência do homem não chega a descobrir todas as realidades inteligíveis desta substância altíssima que é Deus.
(...) Ora, o conhecimento dos princípios que nos são conhecidos naturalmente nos é dado por Deus, uma vez que Deus é o autor da

¹⁵ ARISTÓTELES. *Política*. In: *Aristóteles*. Os pensadores. São Paulo: Nova Cultural, 1999, p. 162.

¹⁶ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 156.

nossa natureza. Por conseguinte, tais princípios naturais estão incluídos também na sabedoria divina. Portanto, tudo aquilo que contradiz a tais princípios, contradiz à sabedoria divina. Ora, isto não pode acontecer em Deus. Tudo o que a revelação divina nos manda crer, é impossível que contrarie ao conhecimento natural.¹⁷

Na transição para Modernidade, um marco interessante é o *Discurso sobre a dignidade do homem*, de Pico Della Mirandola. Para tecer algumas considerações é oportuno recuperar a seguinte passagem:

Os que, de facto, seguem uma qualquer escola filosófica, de São Tomás, por exemplo, ou de Escolto, que actualmente congregam os maiores consensos, cimentam a sua doutrina na discussão de poucas questões. Eu pelo contrário, propus interessar-me seriamente por todos os mestres da filosofia, examinar todas as posições, conhecer todas as escolas, mas não jurar sobre a palavra de ninguém. Por isso, encontrando-me na necessidade de falar de todos os filósofos, para não parecer sustentar uma tese determinada sem tomar em consideração as outras, as questões propostas não podiam deixar de ser muitas no seu conjunto, ainda que sejam poucas as atinentes a cada um.”¹⁸

Este texto, produzido em 1486, período em a sociedade feudal está em crise, exatamente na Itália, expressão maior do poder vigente, registra, sobretudo, uma reação a esta organização social. Já não basta ler os textos, por exemplo, de Sto Tomás de Aquino, representante da Escolástica, é preciso recorrer a outras leituras. É preciso um outro lugar para homem, em oposição ao lugar reservado pela Igreja, um dos pilares desta sociedade em agonia. Portanto, considerando a importância da recuperação da filosofia grega para formulação dessa nova linguagem, podemos afirmar que a *Oratio* situa-se no horizonte da modernidade, sendo marco na transição. Isto fica patente em outro momento desta obra.

“Movido por esta consideração, quis apresentar as conclusões não de uma só doutrina, como teria agradado a alguns, mas de todas, de modo a que, do confronto de muitas escolas e da discussão das múltiplas filosofias, o fulgor de verdade de que Platão fala nas cartas resplandeça nas nossas almas, como um sol nascente no céu. (...) De que teria valido ter discutido as opiniões dos outros, se, convidados para o banquete como que não leva nada consigo, não tivéssemos trazido nada de nosso, nada produzido e elaborado pelo nosso engenho? É verdadeiramente pouco nobre como afirma Séneca, saber apenas de comentário, como se as descobertas dos maiores tivessem fechado o caminho para nossa investigação, como se a força da natureza, como que esgotada, não pudesse gerar algo

¹⁷ AQUINO, Sto. Tomás de. *Súmula Contra os Gentios*. In Aquino, Sto. Tomás de. São Paulo: Os pensadores. Abril Cultural, 1979, p. 62 e 66.

¹⁸ PICO DELLA MIRANDOLA, Giovanni. *Discurso sobre a dignidade do homem*. Lisboa: Edições 70, 2001, p. 81

que, ainda que não mostrando completamente a verdade, a faça pelo menos entrever de longe.”¹⁹

F. Bacon, representante do empirismo inglês, legou obras importantes para ciência, a exemplo do *Novum Organum, Livros I e II*. Para sublinhar a importância destas produções, vamos resgatar alguns aforismos do livro I.

(...)O nosso método de descobrir a verdadeira ciência é de tal sorte que muito pouco deixa à agudeza e robustez dos engenhos; mas, ao contrário, pode-se dizer que estabelece equivalência entre engenhos e intelectos. Assim como para traçar uma linha reta ou um círculo perfeito, perfazendo-os a mão, muito importam a firmeza e o desempenho, mas pouco ou nada importam usando a régua e o compasso. O mesmo ocorre com o nosso método.²⁰

Nesta obra há uma ênfase ao uso dos instrumentos, tanto para ampliar os limites dos sentidos como do intelecto. Tais recursos são fundamentais por que a *ciência* não pode mais ficar restrita ao domínio de poucos homens, pois são os instrumentos adequados que estabelecem *equivalência entre engenho e intelecto*. Em outro aforismo Bacon diz: “*Alguém que se acerque das coisas com intento de descobrir algo novo propor-se-á e limitar-se-á a um único invento, e não mais.*”²¹ Inspirando-se na nova forma de produzir a vida material, com a divisão do trabalho, Bacon defende a necessidade dos homens restringirem seu campo de investigação, tornando possível a realização de *experimentos lucíferos*, ou seja, daqueles que levam a descobertas de princípios gerais que possam levar a produção de inventos que melhore a vida dos homens. No empreendimento científico, Bacon recomenda “*não se deve permitir que o intelecto salte e voe dos fatos particulares aos axiomas remotos e aos, por assim dizer, mais gerais – que são chamados princípios das artes e das coisas*” ou ainda “*não é de se dar asas ao intelecto, mas chumbo e peso para que lhe sejam coibidos o salto e o vôo*”.²²

Cabe registrar que estes textos são leituras obrigatórias, especialmente para os que trabalham com as ciências, pois revelam a produção de uma nova linguagem, diferente daquela que dá sustentação ao mundo feudal, mas que cria novas necessidades. Além dos *Novum Organum* outro texto importante de Bacon é a *Nova Atlântida*, utopia onde ele explicita a sua visão sobre o papel reservado a ciência nesta sociedade.

Nesta época, outra obra que merece destaque é ***Discurso do Método***, de Descartes, representante ilustre do racionalismo francês. Na tradução de um texto de Descartes, *A Procura da Verdade por Meio da Luz Natural*, o Prof. Pedro de Alcântara Figueira, ao fazer a apresentação, faz as seguintes observações:

¹⁹ Ibid., p. 85

²⁰ BACON, F. *Aforismos sobre a interpretação da natureza e o reino do homem*. In: Bacon, F. Os pensadores. São Paulo: Nova Cultural, 1999, aforismo LXI.

²¹ Ibid., *op. cit.*, aforismo LXXXVIII.

²² Ibid., *op. cit.*, aforismo CIV.

Nesse sentido, **o Discurso do Método** mostra que o que ele tem a dizer ao mundo é uma proposta de tomada de posição, ou uma decisão de abandonar, repudiar e contribuir para destruir o antigo edifício, isto é, subverter não só o antigo modo de pensar como todo o edifício que lhe dava sustentação. (...) Descartes lança, para tanto, a palavra de ordem de começar pela dúvida. Duvidar de tudo o que significou a antiga sociedade e de tudo o que ela produziu, desde idéias que povoaram durante séculos as cabeças dos homens até os instrumentos com os quais os indivíduos produziam a sua vida. (...) Ao classificar como inútil tudo o que se pensava até então e ao propor, por isso, a derrubada do antigo edifício, Descartes quer criar uma concepção condizente com as novas necessidades, necessidades estas a todo momento contrariadas e repudiadas pelas velhas concepções.²³

Neste texto ainda, o autor destaca com clareza a inscrição da ciência moderna no movimento de construção de uma nova ordem social, na medida que propõe outros *caminhos* para buscar a *verdade*, radicalmente diferente daqueles consagrados pela ordem feudal. Dizer isto é fundamental para romper com uma visão linear da ciência, apreendendo-a como algo visceralmente ligada à produção e consolidação da sociedade burguesa.

Quando começam a ruir as estruturas das instituições feudais, a ordem social que punha Deus como sujeito, fim e começo de todas as ações perde sua coerência (...) O mundo, agora, começava falar de coisas novas que não se encontravam previstas nas Sagradas Escrituras. Enquanto, segundo a ordem feudal, um tratado de Física deveria se confundir com um elogio à grandeza do Criador, agora, segundo Galileu, a linguagem do mundo era a Matemática. (...) Ao contrário do que dizia a Igreja, isto é, que toda sabedoria se encontrava escrita nas Sagradas Escrituras, Galileu afirma, categoricamente, que “A filosofia encontra-se escrita neste grande livro que continuamente se abre perante nossos olhos (isto é, o universo), que não se pode compreender antes de entender a língua e conhecer os caracteres com os quais está escrito. (...) Propor, como Galileu e Descartes propõem, que se leia no livro do mundo, significa não ler mais “todos os livros” que a Escolástica exigia que lesse.”²⁴

Para clarificar ainda mais a relação entre a *ciência* e os interesses burgueses no domínio do mundo material, é oportuno recuperar a texto *O Pensamento Burguês no Seminário de Olinda*, de Gilberto Luiz Alves. Nesta obra o autor destaca:

“Por isso, quando começa a se desenvolver a ciência baseada na observação e na experimentação, é o burguês o seu maior beneficiário. Os recursos que ela coloca em suas mãos viabilizavam o maior controle de seus negócios. Os instrumentos, que passam a mediar as relações do homem com a natureza e com outros homens, dinamizam os empreendimentos burgueses.”²⁵

²³ FIGUEIRA, P. de Alcântara. Descartes – A Procura da Verdade por Meio da Luz Natural. **Intermeio** – Revista do Mestrado em Educação da UFMS, Campo Grande – MS, v. 3, n. 5, Encarte Especial n 5, 1997.

²⁴ FIGUEIRA, P. de Alcântara. loc. cit.

²⁵ ALVES. Gilberto Luiz. *O Pensamento Burguês no Seminário de Olinda: 1800-1836*. Ibitinga, SP: Humanidades, 1993, p. 62.

BRECHT, na peça de teatro ***A Vida de Galileu*** apresenta um quadro que mostra a complexidade e as dificuldades para superação do pensamento que ordena a vida nesse período. Para ilustrar vamos apresentar uma fala do Pequeno Monge, onde este tenta explicar a Galileu porque estava renunciando a Astronomia.

Mas quero lembrar outras razões. O senhor permita que eu fale de mim. Nasci no campo, sou filho de camponeses. São gente simples. Sabem tudo sobre a oliveira, mas pouco além disso. Observando as fases de Vênus, vejo os meus pais diante de mim, sentados diante do fogão, com a minha irmã, comendo o seu queijo. Acima deles vejo o teto, escurecido pela fumaça de muitos séculos, e vejo bem as suas mãos velhas e deformadas, segurando a colher pequena. A vida deles não é boa, mas até a sua desgraça manifesta uma certa ordem. São os vários ciclos, desde os dias de lavar o chão, até as estações no olival, até o pagamento dos impostos. Há regularidade nos desastres que eles sofrem. As costas de meu pai vergam, mas não é de uma vez, é um pouco mais em cada primavera, trabalhando nas oliveiras; e os partos, é a mesma coisa, vinham regularmente, até deixar a minha mãe acabada. Para subir por esses caminhos desgraçados, arrastando um cesto e pingando suor, para parir os filhos, e até para comer, é preciso ter força, e essa força de onde é que eles tiram, se não é do sentimento da constância e da necessidade, que lhes vem olhando os campos, olhando as árvores, que reverdecem todos os anos, vendo a igreja pequena, ouvindo a Bíblia aos domingos. Eles estão seguros – foram ensinados assim – de que o olho de Deus está posto neles, atento, quase ansioso, de que o espetáculo do mundo foi construído em torno deles, para que eles, os atores, pudessem desempenhar os seus papéis grandes ou pequenos. Que diria a minha gente se ouvisse de mim que moram num pedaço pequeno de rocha que gira ininterruptamente no espaço vazio, à volta de outra estrela, um pedaço entre muitos, sem maior expressão? Para que tanta paciência e resignação diante da miséria? Elas não ficariam sem cabimento? Qual é o cabimento da Sagrada Escritura que explicou tudo e disse que tudo é necessário, o suor, a paciência, a fome, a submissão, se ela agora está toda errada? Não, eu vejo o olho deles ficando arisco, vejo como descansam a colher, vejo como eles se sentem traídos e esbulhados. Então o olho não está posto em nós, é o que pensam. Nós é que precisamos cuidar de nós mesmos, sem instrução, velhos e acabados como estamos? Nenhum papel nos foi destinado, afora este papel terrestre e lamentável, numa estrela minúscula, inteiramente dependente, que não tem nada girando à sua volta? Não há sentido na nossa miséria; fome não é prova de fortaleza, é apenas não ter comido; esforço é vergar as costas e arrastar, não é mérito. O senhor compreende agora a verdadeira misericórdia maternal, a grande bondade da alma que eu vejo no Decreto da Santa Congregação?²⁶

Esta peça de teatro desvela a luta que deve ser travada, em sociedade, para formulação de alternativas quando uma forma de ser já não responde mais as necessidades dos homens. Ou seja, as forças de conservação não estão restritas aos espaços de poder, mas estão diluídas em todo

tecido social. E, somente quando a crise se intensifica, quando os valores ordenadores da vida social perdem sentido, que novos valores, às vezes latentes, passam a forjar uma nova *Ética*, que possibilitará o estabelecimento de novas relações sociais mais condizentes com as necessidades que são colocadas.

Locke, no *Segundo tratado sobre o governo*, apresenta uma concepção de propriedade que representa uma ruptura com o modo de produção feudal, estando ligada à revolucionária ordem burguesa, o que fica evidenciado no seguinte trecho:

Embora a terra e todas as criaturas inferiores sejam comuns a todos os homens, cada homem tem uma propriedade em sua própria pessoa; a esta ninguém tem qualquer direito senão ele mesmo. O trabalho do seu corpo e a obra das suas mãos, pode dizer-se são propriamente dele.. Seja o que for que ele retire do estado que a natureza lhe forneceu e no qual o deixou, fica-lhe misturado ao próprio trabalho, juntando-se-lhe algo que lhe pertence, e, por isso mesmo, tornando-o propriedade dele. Retirando-o do estado comum em que a natureza o colocou, anexou-lhe por esse trabalho algo que o exclui do direito comum de outros homens. (...) A extensão de terra que um homem lavra, planta, melhora, cultiva, cujos produtos usa, constitui sua propriedade. Pelo trabalho, por assim dizer, separa-a do comum. (...) Deus e a própria razão lhes ordenavam dominar a terra, isto é, melhorá-la para benefício da vida e nela dispor algo que lhes pertencesse, o próprio trabalho²⁷.

A concepção de propriedade presente nas relações feudais já não respondia a novas necessidades, precisava ser substituída, e a nova concepção formulada por Locke tem como fundamento o trabalho.

Para recuperar o contexto da Unidade Temática III “Desenvolvimento da Modernidade”, um texto fundamental é o *Manifesto do Partido Comunista de 1848*. Para demonstrar a importância deste texto, que deve ser estudado na íntegra, vamos recuperar alguns trechos relevantes, para contextualizar este momento da história.

A descoberta da América e a circunavegação da África abriram um novo campo de ação para a burguesia nascente. Os mercados da Índia Oriental e da China, a colonização da América, o comércio colonial, o aumento dos meios de troca e, em geral, das mercadorias, deram ao comércio, à navegação e a indústria um impulso jamais conhecido antes e, em consequência, desenvolveram rapidamente o elemento revolucionário da sociedade feudal em decomposição.

A antiga organização feudal da indústria, na qual a produção industrial era monopolizada pelas guildas fechadas, agora não atendia às crescentes necessidades dos novos mercados. A manufatura tomou o seu lugar. (...) a divisão do trabalho entre as diferentes guildas corporativas desapareceu em face da divisão do trabalho dentro de cada oficina. (...) os mercados continuavam sempre a ampliar-se; a procura sempre a aumentar. A própria manufatura tornou-se insuficiente. Em consequência, o vapor e a maquinaria revolucionaram a produção industrial.²⁸

²⁶ BRECHT, Bertolt. *A Vida de Galileu*. São Paulo: Abril Cultural, 1977, p.129-37.

²⁷ LOCKE, J. *Segundo Tratado Sobre o Governo*. In: Locke, J. Os pensadores. São Paulo: Abril Cultural, 1979.

²⁸ Marx, K & Engels, F. *Cartas Filosóficas e O Manifesto Comunista de 1848*. São Paulo: Moraes, 1987, p. 103.

A seguir, uma passagem que denota as transformações provocadas pelo desenvolvimento da sociedade burguesa, intimamente ligadas com a consolidação da nova ordem social, e evidências sobre o papel das Ciências Naturais neste processo.

Por meio da exploração do mercado mundial, a burguesia deu um caráter cosmopolita à produção e ao consumo em todos os países. (...) Em lugar das antigas necessidades, satisfeitas pela produção nacional, encontramos novas necessidades, que requerem para sua satisfação os produtos das regiões mais longínquas e dos climas mais diversos.

A burguesia submeteu o campo à cidade. Criou cidades enormes, aumentou tremendamente a população urbana em relação à rural. (...) A burguesia suprime cada vez mais a dispersão da população, dos meios de produção e da propriedade. Aglomerou a população, centralizou os meios de produção e concentrou a propriedade em poucas mãos. (...) A burguesia, durante seu domínio de classe, de apenas cem anos, criou forças produtivas mais poderosas e colossais do que todas as gerações passadas em conjunto. A subjugação das forças da natureza pelo homem, a maquinaria, a aplicação da química na indústria e na agricultura, a navegação a vapor, as vias férreas, o telégrafo elétrico, a exploração de continentes inteiros para fins de cultivo, a canalização de rios, populações inteiras brotadas da terra como que por encanto – que século anterior poderia prever que semelhantes forças produtivas estivessem adormecidas no seio do trabalho social?²⁹

HOBSEBAWM na obra *A era das revoluções*, tece considerações relevantes sobre a importância das Ciências Naturais no desenvolvimento da indústria moderna. Ao fazer referência a química, o autor destaca: “*De todas as ciências, esta foi a mais intimamente ligada à prática industrial, especialmente aos processos de tingimento e branqueamentos da indústria têxtil*”.³⁰

Nesta passagem, a força do método aparece quando Marx & Engels, a partir de uma análise da sociedade capitalista e do seu desenvolvimento, fazem considerações sobre as tendências futuras.

Nessas crises, irrompe uma epidemia que, em épocas precedentes, teria parecido absurdo – a epidemia da superprodução. Repentinamente, a sociedade vê-se de volta a um estado momentâneo de barbarismo; é como se a fome ou uma guerra universal de devastação houvessem suprimido todos os meios de subsistência: o comércio e a indústria parecem aniquilados. (...) A sociedade burguesa tornou-se muito estreita para conter as riquezas criadas por ela mesma. E como a burguesia vence essas crises? De um lado, pela destruição violenta de grande quantidade de forças produtivas; do outro, pela conquista de novos mercados e pela exploração mais intensa dos antigos. Portanto, em consequência, pela preparação de crises mais extensas e mais destrutivas, e pela diminuição de meios de evitá-las.³¹

²⁹Ibid., p. 106-107

³⁰ HOBSEBAWM, Eric J. *A era das revoluções – Europa 1789-1848*. (Trad. Maria Tereza Lopes Teixeira). 8ª ed.

³¹ Marx, K & Engels, F. *Cartas Filosóficas e O Manifesto Comunista de 1848*. São Paulo: Moraes, 1987, p. 108-9.

Embora no apogeu do feudalismo, conforme discute Marx & Engels em *A Ideologia Alemã*, tenha ocorrido uma pequena divisão do trabalho, agora esta se intensifica e produz novas relações no âmbito da produção.

Devido ao crescente emprego da máquina e à divisão do trabalho, o trabalho dos proletários perdeu seu caráter individual e, por conseguinte, todo o seu atrativo. O trabalhador tornou-se um apêndice da máquina, e só se requer dele a operação mais simples, mais monótona e mais fácil de aprender. Desse modo, o custo de produção de um operário se reduz, quase completamente, aos meios de subsistência de que ele necessita para viver e para perpetuar a espécie. (...) Quanto menos habilidade e força exige o trabalho manual, quer dizer, quanto mais a indústria moderna desenvolve-se, tanto mais o trabalho dos homens é suplantado pelo das mulheres. As diferenças de idade e de sexo não têm mais valor social para classe operária. Todos são instrumentos de trabalho cujo preço varia segundo a idade e o sexo.³²

Neste período, com a incorporação de máquinas na produção, com a simplificação e objetivação do trabalho, este dispensa a força muscular, e o capital se apropria da força de trabalho de mulheres e criança e, segundo o próprio Marx, *depreciou o trabalho do homem*. Para aprofundar o estudo mais substancial sobre os efeitos do emprego de máquinas na produção recomendamos uma incursão por uma das obras fundamentais de Marx, *O capital*. Para tanto, pode-se recorrer ao capítulo que discute esta problemática.

Para finalizar a apresentação do *Manifesto*, coloco em tela algumas tendências que não foram aprofundados por Marx & Engels, mas tratados por autores como Lênin, e que dizem respeito a questões que estão em discussão na atual fase da sociedade capitalista.

Até agora, todas as sociedades anteriores se basearam, como vimos, no antagonismo entre classes opressoras e classes oprimidas. Mas, para oprimir uma classe é preciso que lhe sejam asseguradas condições tais que lhe permitam, pelo menos, viver na escravidão. O servo, durante a servidão, conseguia tornar-se membro da comuna, assim como o pequeno burguês, sob o jugo do absolutismo feudal, conseguia elevar-se à categoria de burguês. O operário moderno, ao contrário, longe de se elevar com o progresso da indústria, desce cada vez mais abaixo das condições de existência de sua própria classe. Ele cai no pauperismo, que cresce ainda mais rapidamente do que a população e a riqueza. Torna-se, então, evidente que a burguesia é incapaz de continuar por muito tempo sendo a classe dominante e impor à sociedade, como lei suprema, as condições de existência de sua classe. É incapaz de exercer o domínio porque não pode mais assegurar a existência do seu escravo em sua escravidão, porque é obrigada a deixá-lo cair num estado tal que deve nutri-lo em lugar de se fazer nutrir por ele.³³

FIGUEIRA no texto *Darwin ou o Mundo Animal Segundo as Leis Burguesas*, traz um material interessante para pensar um texto fundamental das Ciências Biológicas, o clássico, *Origem das*

³² Marx, K & Engels, F. *Cartas Filosóficas e O Manifesto Comunista de 1848*. São Paulo: Moraes, 1987, p. 109-10.

Espécies, de Charles Darwin, no contexto social em que foi produzido. Para ilustrar, segue um pequeno trecho do texto:

Inicialmente cabe perguntar se é possível conceber a natureza por intermédio de algo que não seja a própria natureza. Pode causar muita estranheza dizer que, em se tratando do homem, a natureza conta menos do que a sociedade como elemento constitutivo das interpretações dos fenômenos naturais. As relações sociais têm um peso dominante dos fenômenos do universo. Tanto é assim que quando as relações sociais sofrem qualquer mudança, dificilmente permanecem de pé as idéias que se tinha sobre a natureza. (...) É preciso não esquecer que a imutabilidade das espécies era um dos dogmas sobre os quais assentava a concepção que atribuíam a criação da natureza a um ser supremo, a deus. À medida que o mundo do capital avançava, ele fazia estragos nas bases sobre as quais se assentou o mundo feudal. Agora, o deus feudal já não criava o mundo do mesmo modo como o criou na Idade Média. (...) Queremos introduzir a idéia de que a ciência de Darwin faz parte daquela ciência social a que Bacon e Descartes se referem e que teve, na Inglaterra, o seu desenvolvimento máximo com a Economia Política clássica. Neste sentido, podemos afirmar que o naturalismo de Darwin diz muito mais respeito à vida social dos londrinos da metade do século passado do que à natureza que ele conheceu e às espécies que ele pesquisou.³⁴

Diante da dificuldade que temos para desvelar o sentido social dos conhecimentos da nossa área, a exemplo do texto *Origem das Espécies*, é essencial a realização de leituras orientadas para essa direção.

Para caracterização do contexto da Unidade Temática “A Era dos Monopólios e a Crise da Modernidade” podemos recuperar obras, se não na íntegra pelo menos em parte, como *O imperialismo: fase superior do capitalismo*, de Vladimir I. Lênin. Nesta o autor destaca:

Se tivéssemos de definir o imperialismo da forma mais breve possível, diríamos que ele é a fase monopolista do capitalismo. (...) O imperialismo é o capitalismo chegado a uma fase de desenvolvimento onde se afirma a dominação dos monopólios e do capital financeiro, onde a exportação dos capitais adquiriu uma importância de primeiro plano, onde começou a partilha do mundo entre os trustes internacionais e onde se pôs termo à partilha de todo território do globo, entre as maiores potências capitalistas.³⁵

Para compreensão das informações divulgadas pelos meios de comunicação que dizem respeito aos aspectos econômicos, sobretudo as que envolvem as relações entre nações, é essencial caracterizar esta fase do capital. Outro texto que pode ser acessado para este fim é o *Capitalismo Monopolista: ensaio sobre a ordem econômica e social americana*, de BARAN & SWEEZY. Neste

³³ Ibid., p. 116.

³⁴ FIGUEIRA, Pedro de Alcântara. *Ensaio de História: o marxismo à luz da história*. Campo Grande, MS: Editora UFMS, 1987. p.79-87.

³⁵ LÊNIN, V. I. *O imperialismo: fase superior do capitalismo*. 3ª ed. (Trad. Olinto Beckerman). São Paulo: Global, 1985.

texto, temos uma análise bastante elucidativa do imperialismo e para apresentar a obra, segue a seguinte passagem:

Hoje, a unidade econômica típica na sociedade capitalista não é a firma pequena que fabrica uma fração desprezível de uma produção homogênea, para um mercado anônimo, mas a empresa em grande escala, à qual cabe uma parcela significativa da produção de uma indústria, ou mesmo de várias indústrias, capaz de controlar seus preços, o volume de sua produção e os tipos e volumes dos seus investimentos.³⁶

Outra obra interessante é *A produção da escola pública contemporânea*, do Prof. Gilberto Luiz Alves, que merece ser tratada na íntegra, por duas razões fundamentais, pelo rigor metodológico como a questão é tratada e pela fecundidade desta discussão para pensar a organização do trabalho didático em nossas escolas. Para auxiliar na contextualização da unidade temática seria relevante um estudo minucioso do capítulo II da referida obra, pois denota o esforço teórico para desvelar, tendo como base às condições concretas da sociedade, as funções assumidas pela escola pública.

Um texto interessante para subsidiar uma discussão sobre a ciência do século XX é o capítulo 18 – Feiticeiros e aprendizes da obra *Era dos Extremos*, do historiador Eric J. Hobsbawm. Neste o autor apresenta de forma clara e concisa os determinantes que fazem da ciência, em termos gerais, uma atividade localizada geograficamente, conforme aparece no trecho abaixo:

Pois, num mundo cada vez mais globalizado, o fato mesmo de as ciências naturais falarem uma única língua e operarem sob uma única metodologia ajudou paradoxalmente a concentrá-la nos relativamente poucos centros com recursos adequados para o seu desenvolvimento, isto é, nuns poucos Estados ricos altamente desenvolvidos, e acima de tudo nos EUA.³⁷

Em outra passagem, o autor tece considerações importantes sobre a intensificação da relação ciência-tecnologia.

Apesar disso, por mais esotéricas e incompreensíveis que fossem as inovações da ciência, assim que eram feitas se traduziam quase imediatamente em tecnologias práticas. (...) A experiência de pesquisa no tempo da guerra, em 1939-46, que demonstrou – pelo menos aos anglo-americanos – que uma esmagadora concentração de recursos podia resolver os mais difíceis problemas tecnológicos num tempo improvavelmente curto, estimulou o pioneirismo científico, independente de custos, para fins bélicos ou de prestígio nacional. Isso, por sua vez, acelerou a transformação da ciência de laboratório em tecnologia, parte da qual revelou ter um amplo potencial para o uso diário. (...) A biotecnologia foi ainda mais rápida. As técnicas de DNA recombinante, ou seja, técnicas para combinar

³⁶ BARAN, P. A. & SWEEZY, P. M. *Capitalismo Monopolista: ensaio sobre a ordem econômica e social americana*. (Trad. Waltensir Dutra). Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1978.

³⁷ HOBSBAWM, Eric J. *Era dos Extremos: o breve século XX* (trad. Marcos Santarrita) São Paulo: Companhia das Letras, 1995, p. 507

genes de uma espécie com os de outra, foram reconhecidas pela primeira vez como adequadamente praticáveis em 1973.³⁸

Portanto, a incorporação crescente de tecnologias na produção, no âmbito das diferentes atividades, levou a configuração de novos cenários que exigem, se quisermos continuar a civilizar a Terra, uma discussão profunda sobre os princípios ordenadores da nossa sociedade.

GOERGEN no texto *Ciência e mercado: o papel formador da universidade* faz uma reflexão fecunda para compreensão deste momento histórico e do papel da instituição universitária. Para apresentar o texto, destacamos uma passagem que coloca em discussão a sociedade capitalista:

Se me refiro aqui com ênfase ao caráter estrutural do desemprego, não desejo insinuar que ele não tenha causas conjunturais. É falso o debate que polariza entre causas estruturais (estruturação produtiva, terceirização, globalização, etc.) e conjunturais (política econômica recessiva, juros elevados, defasagem cambial, baixo nível de escolaridade da população, etc.) para explicar o desemprego. Ambos os fatores conjugam e deveriam, por isso, ser levados em conta nas estratégias de seu combate. O que ocorre na realidade é que se busca ou pelo menos se promete combater algumas das causas conjunturais enquanto que as outras, as estruturais, que estão ligadas ao próprio sistema, permanecem intocadas.³⁹

NETTO no texto *Crise do socialismo e ofensiva neoliberal* aborda duas questões do nosso tempo, a *crise do socialismo* e a *ofensiva neoliberal*. Segundo o autor, em nota que precede os referidos textos:

A resposta contida nestes textos rema contra a maré: discernindo o significado das crises em questão, ambos afirmam que nada está decidido nesta conjuntura problemática, que é posta como um capítulo de processo histórico de larga duração; ao contrário, sustentam que existem – para além das dificuldades e dilemas reconhecidos e vislumbrados – possibilidades para que os homens ultrapassem a visível barbárie que ameaça instalar-se na nossa socialidade. E, ainda na contracorrente do que hoje passa por ser de bom-tom nos meios intelectuais (acadêmicos e de parte avassaladora da mídia), nos dois textos reafirma-se a atualidade da teoria social de Marx e a potencialidade inexaurida do projeto socialista revolucionário.⁴⁰

Neste texto, além de uma reflexão significativa sobre as duas questões levantadas, temos indicações relevantes para leituras que visam um aprofundamento da discussão sobre os contornos que marcam este momento da modernidade.

Para finalizar, queremos reafirmar o caráter introdutório deste texto, pois se de um lado apresentamos brevemente algumas obras, de outro, temos clareza das inúmeras que não foram citadas e que poderiam contribuir para os objetivos colocados inicialmente. Os textos sugeridos para

³⁸ HOBBSAWM, Eric J. *Era dos Extremos: o breve século XX* (trad. Marcos Santarrita) São Paulo: Companhia das Letras, 1995, p. 508 – 9.

³⁹ GOERGEN, Pedro. *Ciência e mercado: o papel formador da universidade*. Pro-Posições Vol. 8, nº 02[23] Março de 1999.

⁴⁰ NETTO, José Paulo. *Crise do socialismo e ofensiva neoliberal*. 2ª ed. São Paulo: Cortez, 1995.

os seminários visando contextualizar as unidades temáticas podem suscitar dificuldades, o que é perfeitamente razoável, mas na medida que estas e outras leituras forem sendo feitas, inevitavelmente estaremos nos capacitando a discussões cada vez mais radicais, ou seja, a compreender, como queria Aristóteles, *as coisas no seu estado inicial de desenvolvimento*, para assim termos *uma visão mais clara delas*. É importante frisar que o desafio exige investir nas leituras, pois só dessa forma poderemos acessar os nossos alunos nos conhecimentos culturalmente significativos produzidos pelos homens no decurso da história. Para realização dos seminários é essencial o trabalho de coordenação. Caso a escola não tenha um coordenador para assumir esta função, este pode ser tirado do grupo de professores da área. Por iniciativa de uma das unidades que ofereça o ensino médio, pode-se pensar em encontros por disciplina, mas é essencial que estes objetivem superar os limites da disciplina. Ou seja, encontros dos professores de biologia que tenham como objetivo contextualizar historicamente os conhecimentos biológicos, desvendando o seu sentido social.

Assim, ao selecionar alguns textos para os estudos iniciais, alguns destes podendo ser, em parte, trabalhados com os alunos do ensino médio, esperamos estar contribuindo para o enfrentamento das dificuldades que serão encontradas na execução da proposta. Por hora, deixamos uma mensagem para reflexão: *Não basta abrir a janela para compreender a sociedade, é preciso conhecimento. Não basta o conhecimento, pois ele só faz sentido quando se abre a janela. Abrir a janela e ter conhecimento é condição indispensável na luta por uma sociedade melhor.*

ORIENTAÇÃO PARA ESTUDOS DOS TEXTOS:

Antes de apresentar as sugestões de leituras, cabe ressaltar que os textos sugeridos representam uma primeira aproximação para nos ajudar na contextualização das Unidades Temáticas, podendo o grupo de professores das diversas unidades escolares acrescentar outros materiais para alimentar os estudos. Para tanto, é imprescindível a programação das atividades com a definição dos textos que serão tratados em cada uma das sessões de estudo. Inicialmente, recomenda-se evitar colocar mais de um texto por sessão, aliás, para discutir alguns textos, serão necessários vários encontros. Nestes casos, é conveniente definir os capítulos para cada encontro e uma sessão para o fechamento do texto. Dependendo do texto, o grupo poderá convidar colegas de outras áreas ou de outras instituições, visando dar mais densidade a reflexão. Conforme colocamos anteriormente, é fundamental um coordenador para esta atividade. Esta tarefa pode ser assumida pelo coordenador pedagógico da escola ou por professor da área. Esta questão pode fomentar uma discussão, no plano institucional, sobre critérios para avaliação dos profissionais e do trabalho realizado pela instituição. Neste sentido, é fundamental que o compromisso com a formação seja assumido pelos educadores no seio da instituição e que estes apresentem ao órgão gestor, no caso a Secretaria de Estado de Educação, as necessidades e alternativas para equacioná-las. Portanto, os esforços nessa direção, que revelem empenho profissional, precisam ser reconhecidos como parte do trabalho didático e valorizados pela instituição. A prática pedagógica, fundamentada teoricamente, pode ser valiosa para definição das questões que devem constituir a pauta para as discussões internas e, sobretudo, para o diálogo com a sociedade. Algumas recomendações, apesar de parecerem óbvias, precisam ser feitas. Para os encontros, previamente definidos, é essencial que todos tenham feito a leitura do material e tenham a oportunidade de se colocar. Para o fechamento da sessão, cabe um esforço de síntese que expresse o estudo realizado. Este esforço pode ser realizado pelo coordenador ou, para que todos façam este exercício, por um componente do grupo. Antes de iniciar a sessão deve ser definido quem fará a síntese para o fechamento do trabalho.

A formação de grupos para estudos no âmbito das disciplinas tratando do conhecimento mais especializado é importante, pois é o campo que temos mais conhecimentos e onde podemos efetivamente, produzir novas experiências didáticas. Pensando naqueles que durante a capacitação insistiam que estávamos propondo recuperar a história, e com isso não sobraria tempo para tratar o conhecimento específico, cabe esclarecer que a idéia é recuperar o conhecimento numa perspectiva histórica, o que é bem diferente. O esforço nesta direção pode produzir resultados significativos, pois podemos criar as condições para regenerar a nossa estrutura de conhecimento. Isto será percebido quando começarmos a perceber os nexos entre as disciplinas, sobretudo as da nossa área, e a ligação destas com a realidade social.

A seguir, sugerimos um conjunto de textos para dar continuidade a este trabalho coletivo que visa mobilizar os profissionais da área de educação que atuam no ensino médio para que juntos, possamos construir alternativas factíveis para este momento crítico da nossa civilização.

Unidade Temática: Civilizações Grega e Romana (Sugestões de textos para os seminários)

ALVES, Gilberto Luiz. Relação entre plano de estudos e sociedade. **Intermeio** – Revista do Mestrado em Educação da UFMS, Campo Grande – MS, v. 1, n. 2, p. 44-52, jan. 1995.

FIGUEIRA, Pedro de A. Ensaio de história: o marxismo à luz da história. Campo Grande, MS: Ed. UFMS, 1997 (Texto sugerido: Aristóteles pp. 71-8).

ARISTÓTELES. Política. In Aristóteles. São Paulo: Abril Cultural, 1999. (Os pensadores)

PLATÃO. A República. São Paulo: Abril Cultural, 1999. (Os pensadores) (Sugestão Livro VII).

PETRÔNIO. *Satiricon*. (Trad. De Marcos Santarrita) São Paulo: Abril Cultural, 1981 (Col. Grandes Sucessos)

Unidade Temática: Europa Medieval e transição para Modernidade (Sugestões de textos para os seminários)

AGOSTINHO, Santo. *Confissões*. In: Agostinho, Santo. São Paulo: Nova Cultural, 1999. (Os pensadores / Sugestão Livro XII)

AQUINO, Sto. Tomás de. *Súmula Contra os Gentios*. In Aquino, Sto. Tomás. São Paulo: Abril Cultural, 1999. (Os pensadores)

PICO DELLA MIRANDOLA, Giovanni. *Discurso sobre a dignidade do homem*. Lisboa: Edições 70, 2001.

DESCARTES, R. *Discurso do Método*. In: Descartes, R. São Paulo: Nova Cultural, 1999. (Os pensadores)

DESCARTES. *Procura da Verdade por Meio da Luz Natural*. (Trad. e apresentação Pedro de Alcântara Figueira). In: **Intermeio** – Revista do Mestrado em Educação da UFMS, v. 3, n 5, Encarte Especial, 1997.

BRECHT, Bertolt. *A Vida de Galileu*. São Paulo: Abril Cultural, 1977.

LOCKE, J. *Segundo Tratado Sobre o Governo*. In: Locke, J. São Paulo: Abril Cultural, (Os pensadores)

Unidade Temática: Desenvolvimento da Modernidade (Sugestões de textos para os seminários).

MARX, K & ENGELS, F. *Cartas Filosóficas e O Manifesto Comunista de 1848*.

MARX, K & ENGELS, F. *A Ideologia Alemã*. 11ª ed. São Paulo: Hucitec, 1999.

FIGUEIRA, Pedro de A. Ensaio de história: o marxismo à luz da história. Campo Grande, MS: Ed. UFMS, 1997 (Texto sugerido: *Darwin ou o Mundo Animal Segundo as Leis Burguesas*. p. 79-87)

Unidades Temáticas: A era dos monopólios e a crise da Modernidade (Sugestões de textos para os seminários)

ALVES, Gilberto L. *A Produção da Escola Pública Contemporânea*. Campo Grande, MS: Ed. UFMS; Campinas, SP: Autores Associados, 2001.

NETTO, José Paulo. *Crise do Socialismo e Ofensiva Neoliberal*. 2 ed. São Paulo: Cortez, 1995.

HOBBSAWM, Eric. *Era dos Extremos*. (Trad. Marcos Santarrita) São Paulo: Companhia das Letras, 1995 (Leitura recomendada: Cap. 18 - *Feiticeiros e aprendizes: as ciências naturais*)

GOERGEN, Pedro. *Ciência e mercado: o papel formador da universidade in Pro-Posições Vol. 8 n. 02 [23], 1999.*

GOERGEN, Pedro. *Pós-modernidade, ética e educação*. Campinas, SP: Autores Associados, 2001. (Coleção polêmicas do nosso tempo; 79)

MATEMÁTICA E SOCIEDADE: EVOLUÇÃO E INTEGRAÇÃO

Prof^a MSc. Angela Cecília Quarentei Gardiman
Universidade Católica Dom Bosco.

Contudo, mesmo o mais apaixonado crente na imaculada pureza da ciência pura é consciente de que o pensamento científico pode, ao menos, ser influenciado por questões alheias ao campo científico de uma disciplina, ainda que só porque os cientistas, até mesmo o mais antimundano dos matemáticos, vivem em um mundo mais vasto que o de suas especulações.

Eric J. Hobsbawm, *A era das revoluções*.

Para dimensionar a Matemática no currículo de ensino médio é importante que se discuta sobre a natureza desse conhecimento e que se identifiquem suas características principais e seus métodos particulares de elaboração e construção do “*fazer matemática*”. Tendo como referência as discussões já realizadas nos cadernos do Ensino Médio, com a proposição para organização dos conhecimentos a partir das Unidades Temáticas, um olhar cuidadoso, sob à luz da história, pode ser valioso para realizarmos a difícil tarefa de sugerir quais conhecimentos matemáticos devem ser trabalhados em cada uma das Unidades. Para iniciar, podemos colocar a seguinte questão: o que é o conhecimento matemático e como ele se caracteriza? Cabe pontuar que essa busca será fundamental para colocar a nossa área, especialmente a matemática, voltada para formação de homens capazes de compreender a sociedade em que vivem e de exercerem a sua cidadania.

Apresentar o conhecimento matemático como algo preciso, rigoroso, objetivo, universal, formal, neutro, etc. decorre de uma visão, presente nos diversos espaços sociais, inclusive na escola, que considera a Matemática como um corpo de conhecimento imutável e verdadeiro, que deve ser assimilado pelo aluno.

Pensemos na matemática... Ela é precisa, rigorosa, formal, objetiva, universal e neutra? Segundo MACHADO “*Há tempos que a universalidade das ciências exatas deixou de ser algo que se pode confundir com a neutralidade*”¹.

A Ciência decorre de um projeto científico global, de natureza política.

Último reduto desse fato é a *Matemática*. O objeto da matemática paira acima das imperfeições do mundo empírico; suas verdades são conseqüências do mundo do pensamento ordenado e seus resultados aplicam-se à realidade concreta em decorrência de seu caráter universal.

Tal concepção favorece o pensar que a matemática é uma atividade livre, independente do mundo sensível e pode se desenvolver indiferentemente das pessoas externas, ou pelo menos, sem admiti-las como motor. A observação dos fatos históricos relativos à formação e evolução da matemática, não condiz com tal concepção.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais: “*A matemática caracteriza-se como uma forma de compreender e atuar no mundo e o conhecimento gerado nessa área como um fruto da construção humana na sua interação constante com o contexto natural, social e cultural*”².

¹MACHADO, Nilson José. **Matemática e Realidade**. 4^a. ed. São Paulo: Cortez, 1997, p. 04.

A dicotomia exposta acima poderá ser esclarecida se apreendermos o conhecimento matemático no contexto histórico em que foram produzidos, tentando captar as relações entre esta e as outras disciplinas e o seu sentido social. Ao utilizarmos a dialética temos: *“O homem é fundamentalmente produzido pela sociedade que ele próprio produz”*.

Este pensamento dialético nos remete, primeiramente, a refletir sobre a etimologia da palavra matemática que é de origem grega: *mathema*: o que se pode aprender, ação de conhecer, de entender e de explicar; e *tica*: arte ou técnica.

Podemos dizer, portanto, que *a Matemática é a forma de entender, de conhecer e explicar o mundo* ou ainda *é forma de aprendizagem*; sendo considerada uma disciplina que estimula a curiosidade, o espírito de investigação e desenvolve a capacidade para resolver problemas. Seu conhecimento é fruto de um processo de que fazem parte: a imaginação, as conjecturas, os contra exemplos, os erros e os acertos.

A Matemática desenvolve-se, através de um processo conflitivo, entre os elementos contrastantes: o concreto e o abstrato; o particular e o geral; o informal e o formal; o finito e o infinito; o discreto e o contínuo. Os aspectos intrínsecos deste conhecimento, mais o aspecto cultural enraizado em nossa sociedade, levam a crer que a matemática é difícil, transformando seu ensino em um desafio.

Hoje, a sociedade se utiliza, cada vez mais, de conhecimentos científicos e recursos tecnológicos, dos quais os cidadãos precisam se apropriar. Considerando que o conhecimento matemático está na base de toda tecnologia, é fundamental que o seu ensino seja tratado de forma rigorosa, pois se constitui num componente importante na construção da cidadania. A atividade matemática escolar precisa ser pensada de forma dinâmica, construída e apropriada pelo aluno que se servirá dos conhecimentos gerados nessa atividade para compreender e transformar sua realidade; portanto, o “fazer matemática” não se processa no “olhar para coisas prontas e definitivas”, e sim, em fazer afirmações, imaginar soluções, pensar em contra exemplos, verificar os acertos e os erros. Nesse processo, a comunicação tem grande importância e deve ser estimulada, levando o aluno a “falar” e a “escrever” sobre Matemática, a trabalhar com representações gráficas, desenhos, construções, a aprender como organizar e tratar dados.

²BRASIL, Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática**. Brasília: MEC, 1998, p. 24.

Para levar o aluno a *fazer matemática* é necessário buscar como esse conhecimento foi produzido historicamente. Para tanto, é imprescindível um olhar cuidadoso que recupere as condições concretas de sua produção. A análise histórica será baseada no fato de que toda vez que as forças produtivas materiais da sociedade entram em contradição com as relações de produção existentes, surge uma nova época de revolução social. Em cortes historicamente determinados, tem-se a produção dos conhecimentos matemáticos divididos em quatro grandes concepções: Empírica - até aproximadamente 300 a.C.; Dedutiva - 300 a. C. - 1492 (Renascimento); Racional - 1500 - 1830; Simbólico – 1836 ...

A Concepção Empírica do conhecimento matemático pode ser caracterizada basicamente, pelo estudo de duas civilizações: a egípcia e mesopotâmica.

A Sociedade Egípcia, essencialmente agrícola, dependia do ciclo das águas do rio Nilo (cheias e vazantes), fez surgir problemas de agrimensura. A forma de Governo e a religião propiciaram, sem dúvida, a resolução de numerosos problemas geométricos e preocupações arquitetônicas. Foram encontrados dois Papiros (Rhind e de Moscou), um deles continha uma tabela (inclusive com números fracionários) de números que seguem a forma $(x^2+y^2=z^2)$. Tem-se nesse período, o início da Geometria Empírica com os egípcios e mesopotâmicos.

Sociedade da Mesopotâmia: terra entre os rios (Tigre e Eufrates) de localização geográfica singular, com uma escrita complexa, tinha um sistema de numeração pouco desenvolvido (alfabeto fonético fenício; nº ideográfico e nº cuneiforme dos assírios). Os registros eram feitos em plaquetas de barro secas ao sol (Tábuas Babilônicas encontradas em Senkereh, por volta de 4000 a.C.). Eles tinham um saber primitivo de cunho mágico, esotérico e religioso. Nas tábuas de argila encontramos a descrição de regras de resolução de equações do 2º grau, resolvidas em base 60, cálculo de área de figuras geométricas, o sistema de numeração era sexagesimal, e ainda trabalhos com ângulos e Astronomia. O “fazer empírico” dessas civilizações continua presente tanto na construção do ângulo reto pelo mestre de obras como também em processos algoritmos como: $200 - 70 = 100 + 100 - 70 = 100 + (100 - 70) = 100 + 30 = 130$

Nessa época não tivemos nomes e sim descobertas empíricas que eram usadas pela necessidade de cada civilização. O primeiro matemático, sem dúvida, foi um pastor que idealizou a técnica da correspondência entre um conjunto de animais e um conjunto de pedras. Partindo de sua realidade imediata, estabeleceu o conceito de nº cardinal. Esse saber primitivo possuía características de um método rudimentar, porém eficiente, de ciência. O conhecimento nesse período além de empírico é também organizador das sociedades, organizado sob o ponto de vista da prática diária do artesão, é organizador na medida em que está a serviço das classes dominantes: sacerdotes e nobres.

Podemos citar como exemplo os diversos Sistemas de Numeração das civilizações antigas, cada civilização criou o seu sistema com regras e características que resolvia seus problemas até com considerável precisão.

Os Egípcios contavam formando grupos de dez, como nós fazemos hoje no nosso sistema de numeração: dez unidades formam a dezena; dez dezenas formam a centena; dez centenas formam o milhar etc. até o milhão. Assim como o nosso, o sistema numérico egípcio é decimal, entretanto ele



não é posicional e não tem um símbolo para representar a quantidade zero das ordens das unidades, das dezenas, das centenas, etc.

Os Babilônios representavam os números somente através de dois símbolos: ____ unidade, ____ dezena. No sistema de numeração egípcio a ordem dos símbolos não alterava o valor dos números, já no sistema babilônico a ordem definia o valor da ordem da base 60, ou seja, até 59 era um sistema aditivo, a partir de 60 a primeira posição representava 60^1 , a segunda 60^2 , a terceira 60^3 e assim por diante. A base desse sistema era sexagesimal. Os babilônicos criaram o zodíaco, o relógio de sol o calendário de 360 dias, fator padrão base 60 que deu origem ao conceito de ângulo.

O sistema de numeração mais difundido pelos gregos utilizava as letras de seu alfabeto acrescidas de três outros sinais para representar os números e era um sistema aditivo. Por exemplo, a letra alfa α representava o valor 1, a letra beta β o valor 2, a letra gama γ o valor 3 e assim por diante. O número 293 era representado pelas letras gregas “ $\sigma\phi\gamma$ ” onde $\sigma = 200$, $\phi = 90$ $\gamma = 3$, já o número 2354 era representado por “ $\beta\tau\nu\Delta$ ” onde o sinal “ ν ” = 1000 e $\beta = 2$, $\tau = 300$, $\nu = 50$ e $\Delta = 4$, dessa forma o sinal “ ν ” no início do numeral representava que tinha que multiplicar 1000 por 2. Esse sistema não influenciou outros povos.

Os romanos, da mesma forma que os gregos, não tiveram o trabalho de inventar símbolos para representar os números, aproveitaram as próprias letras do seu alfabeto. Ao passar dos anos o sistema de numeração romano foi sendo esquecido, mas não desapareceu por completo. Em nosso cotidiano, podemos ver os seus sinais em relógios, nas fachadas de prédios antigos em que há a data da construção, etc. No próprio contexto escolar, esse sistema de numeração fazia parte do conteúdo a ser estudado até a 5ª série do ensino fundamental. Hoje, entretanto, as orientações curriculares voltam para trabalhar os vários sistemas de numeração fazendo um resgate histórico de como as grandes civilizações antigas resolveram seus problemas de quantificação, proporcionando ao aluno uma visão mais abrangente do método de elaboração do conhecimento da época em que foram criados.

A civilização Maia habitava o sul do México e a América Central, possuía uma cultura avançada para sua época, um sistema de escrita bastante evoluído e calendários muito precisos. O sistema de numeração desse povo foi desenvolvido no início da era Cristã e possuía um símbolo especial para simbolizar a falta de unidade. Foi uma das poucas civilizações a adotar um símbolo para o zero, que tinha a forma de um olho. Os Maias escolheram o sistema de base 20, provavelmente devido ao fato de usarem os dedos das mãos e dos pés para poder contar, pois viviam descalços.

Por volta do século V, já na era Cristã, na região norte da Índia, teve início o nosso sistema de numeração. A antiga numeração Indu apresentava as mesmas características do nosso sistema de numeração como base dez, aditivo, multiplicativo e posicional e mais tarde um símbolo para representar a ausência de unidades. Seus nove primeiros signos eram distintos e apresentavam um

grafismo convencional e já constituíam a prefiguração dos nove algarismos significativos atuais. Para que os Indus criassem um sistema decimal posicional, receberam influência e influenciaram outros povos. Os Árabes tiveram papel importante na divulgação do Sistema decimal Indu-Árábico.

GEOMETRIA NA ANTIGÜIDADE CLÁSSICA

Foram encontradas nas cavernas de escavações arqueológicas arabescos e figuras geométricas (círculos, quadrados, triângulos e espirais), feitas pelo homem pré-histórico em seus desenhos que representavam cenas do cotidiano. Existem também, evidências de que os conhecimentos matemáticos de certos grupos humanos, que pertenciam ao Neolítico, em diversos locais do mundo, eram bem mais avançados do que se supõe. É o caso dos construtores de megalitos (*mega* = grande, *lito* = pedra), que são encontrados em Portugal, Espanha e Grã-Bretanha, construídos entre 4800 a 3000 a.C. O mais famoso templo de Pedra está localizado ao Sul da Inglaterra – STONEHENGE.

Em muitos destes monumentos, tal como em Stonehenge, as grandes pedras estão dispostas em forma de circunferência ou quase circunferência, e em alguns deles, a disposição é feita de acordo com figuras geométricas mais complexas, como por exemplo, a elipse. Acredita-se que a forma como foram construídos, representava uma espécie de gráfico dos movimentos dos corpos celestes.

Os primeiros instrumentos geométricos apareceram associados às ferramentas de uso cotidiano. O compasso, a régua, o esquadro e o prumo de pedreiro surgiram quando já haviam sido desenvolvidas técnicas de carpintaria, de construção de habitações ou templos.

GEOMETRIA DA MESOPOTÂMIA

No vale dos rios Tigre e Eufrates, no atual Iraque, povos vieram, conquistaram a região, criaram vastos impérios, cultivaram as margens pantanosas dos rios, ergueram templos e monumentos e foram, por sua vez, conquistados. A cada mudança, os vencidos contribuíam com suas crenças e conhecimentos para a cultura dos novos senhores. A cultura mesopotâmica que em grego significa entre rios, da qual fizeram parte os sumérios, caldeus, assírios, babilônicos, mitânicos, cassitas e persas, estava ligada às práticas da astrologia (a prática de horóscopos), adivinhação e presságios (lunações, movimento dos planetas nas casas zodiacais e eclipse lunares e solares) e era monopolizada pela casta sacerdotal.

O conhecimento babilônico era registrado em tábuas de argila, secas ao sol. Foram recuperadas aproximadamente meio milhão de tábuas, das quais, cerca de quatrocentas, correspondem a escritos que podem ser considerados verdadeiramente matemáticos. Os Babilônios já haviam desenvolvido um sistema de numeração posicional de base 60, muito superior ao sistema dos gregos e dos romanos. Também sabiam resolver equações do 1º grau e conheciam o teorema, que mais tarde seria atribuído ao matemático grego Pitágoras.

GEOMETRIA DO EGITO (Egito dádiva do Nilo)

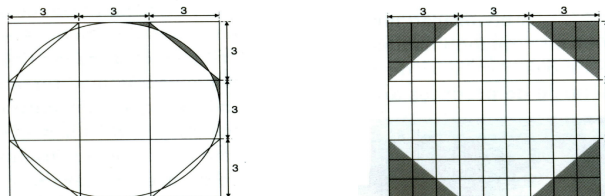
O Egito só pôde florescer no meio de um imenso deserto estéril, onde nenhuma vida seria possível, por causa do rio Nilo que forneceu água, transporte, e também húmus, em decorrência das inundações anuais. Se era verdade que a inundação do rio trazia a possibilidade da vida, trazia também desafios enormes: construção de diques, de canais e reservatórios, etc. Portanto, a origem da Geometria Egípcia se deu pela busca de respostas aos desafios apresentados pela forma como os homens produziam a vida. O cálculo da área da propriedade depois da inundação utilizando cordas, bem como o modo de governo e sua religiosidade propiciaram a construção dos grandes túmulos (pirâmides). A geometria entre os egípcios teve grandes avanços, caracterizando uma geometria essencialmente prática.

Papiros Rhind e Moscou: documentos egípcios que continham coleção de problemas matemáticos. As ilustrações que acompanhavam os problemas geométricos do Papiro de Rhind mostram claramente que não foram traçadas com instrumentos. Por outro lado, a precisão das medidas no traçado dos monumentos antigos, templos e pirâmides indica que os egípcios deviam dominar técnicas muito apuradas de agrimensura e locação de construções.

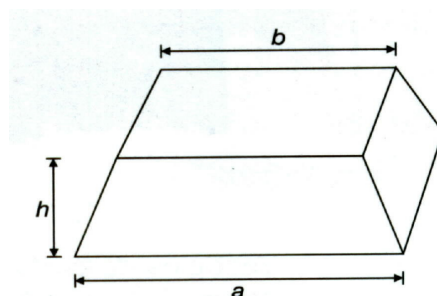
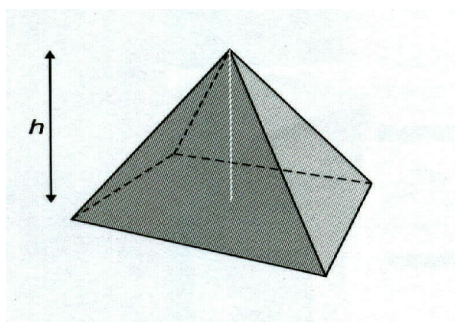
-O Papiro de Rhind mede 5,5 m de comprimento por 0,32m de largura, o autor foi “Ah-mose”, que o escreveu em hierática (simplificação de escrita hieroglífica) propondo problemas de geometria. O Papiro de Moscou tem quase o mesmo comprimento do anterior, mas com 8 cm de largura.

Alguns problemas dos Papiros

O Problema 48 nos dá indicações de como os egípcios poderiam ter chegado ao cálculo da área do círculo, partindo de um octógono inscrito num quadrado de 9 unidades.³



No problema 14 do Papiro de Moscou, sabemos que para o cálculo do volume do tronco da pirâmide era utilizada corretamente a fórmula $V=h/3(a^2+ab+b^2)$, onde h é a altura, a o lado da base e b o lado da base do topo.⁴



³ MILIES, Francisco C. P. e BUSSAB, José Hugo de O. *A Geometria na antiguidade Clássica*. São Paulo: FTD, 1999, p. 17.

⁴Ibid., p. 17.

CONCEPÇÃO DEDUTIVA - 300 a. C. – 1492

A Concepção Dedutiva foi desenvolvida pela civilização grega, cuja estrutura social, basicamente escravista, propiciou o alheamento do mundo sensível e o desenvolvimento do pensamento abstrato.

Aponta-se como fundamental para a democracia grega a divulgação do alfabeto, provocada pelos instrumentos gerados pela fundição do ferro. Foi determinante no processo de criação da ciência grega, a criação da “polis”. Outros fatores importantes foram a constituição da Academia de Platão; do Liceu de Aristóteles e da Biblioteca de Alexandria.

A hegemonia grega, no que toca ao conhecimento matemático, estende-se de VI a.C. até IV d.C., de Tales de Mileto (600 a.C.) a Diofanto de Alexandria (por volta de 250 d.C.), sem contar com as contribuições dos matemáticos e sábios como Pitágoras (540 a.C.), discípulo de Tales, Platão (427 a 347 a.C.), Aristóteles (384 a 322 a.C.), Euclides (365 a 275 a.C.), Arquimedes (286-212 a.C.) e Ptolomeu (por volta de 150 d.C.).

Inicialmente, o período possuía uma forte condicionante empírica na Matemática grega que pode ser exemplificada com Tales, que estudava Astronomia e Matemática para ter lucros em suas atividades mercantis. Entretanto, já se encontrava nesse período, uma contraposição entre o prático e o teórico.

O *milagre grego*⁵ tem na sua origem as contribuições concretas de povos anteriores. O pensamento matemático grego no sentido clássico toma corpo com Platão, Aristóteles e Euclides (Os Elementos). O século IV a.C. traz a alteração do objeto básico da Matemática como ciência do plano real para o plano abstrato.

OS PRIMÓDIOS DA MATEMÁTICA GREGA

Os gregos dominavam e utilizavam a matemática para a localização de navios e acidentes geográficos (conceito de ângulo, de alinhamento e triangulação); para avaliação de distâncias no mar (conceito de proporcionalidade e figuras semelhantes). Estes conhecimentos tiveram importância fundamental no desenvolvimento da Geometria, porque veio a sugerir a teoria das proporções, hoje, conhecida como Teorema de Tales.

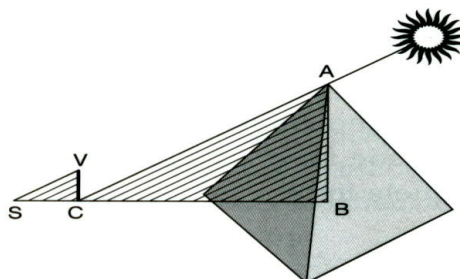
A ESCOLA JÔNICA

As condições sociais e políticas, por volta do ano 650 a.C., propiciaram o desenvolvimento do conhecimento, dedicado à investigação da origem do universo e de outras questões filosóficas, entre elas, a natureza e a validade das propriedades matemáticas dos números e das figuras. Os Jônios foram os primeiros “físicos”, a se preocuparem em buscar explicações para os fatos relacionados com a natureza. O fundador, e maior representante da escola jônica, foi Tales de Mileto. Temos que citar também Anaximandro (c. 610-547 a.C.), Anaxímenes (c. 550-450 a.C.) e Anaxágoras (c. 500-428 a.C.). Todo pensamento e realização desses homens nos vêm em pequenos fragmentos em documentos posteriores. Pouco se sabe da vida e da obra de Tales. Supõe-se que era um rico

comerciante e que tenha viajado pelo Egito e pela Mesopotâmia, tomando conhecimento das realizações matemáticas desses povos. Tales foi o primeiro grego que ousou sonhar com uma geometria que trilhasse o caminho da abstração, através das demonstrações por dedução lógica.

A OBRA MATEMÁTICA DE TALES⁶

- Medida da altura da pirâmide, que deu origem ao Teorema de Tales: o teorema das proporcionais.



- A demonstração de que os ângulos correspondentes de dois triângulos semelhantes são iguais.
- Se dois triângulos têm dois ângulos e um lado respectivamente iguais, então são iguais.
- Cálculo da distância de um navio em relação à costa.
- Demonstração de que todo diâmetro divide um círculo em duas partes iguais.

ESCOLA PITAGÓRICA

Pitágoras nasceu em Samos, uma ilha do mar Egeu, próximo a costa da Jônia. Foi discípulo de Tales e fundou uma escola de filosofia em Crotona, costa sudeste da Magna Grécia, exerceu profunda influência em seus contemporâneos. Viajou para o Egito onde permaneceu nos santuários durante 20 anos praticando astronomia e geometria e recebendo iniciação em todos os ritos dos deuses. Depois foi deportado como prisioneiro de guerra para Babilônia, se uniu aos magos e obteve instrução de ritos sagrados. De volta a Samos, fundou a escola dedicada a estudos religiosos científicos e filosóficos.

A escola Pitagórica constituía na verdade, uma sociedade ou confraria secreta e aristocrática, seus membros recebiam uma educação formal (Geometria, Aritmética, Astrologia e Música). Após esta etapa os alunos escolhidos seguiam um currículo avançado. De todos exigia-se um juramento de segredo absoluto quanto aos ensinamentos recebidos, constituindo sua revelação um ato de impiedade. Algumas descobertas atribuídas a Pitágoras: propriedades dos números naturais; construção de figuras geométricas; demonstração do teorema que leva seu nome; o termo "Filosofia" (amor à sabedoria); relação do número fracionário e a escala musical gerando a produção de sons musicais; a descoberta das grandezas incomensuráveis, não aceita pelos pitagóricos porque não se enquadravam na definição de números da época.

A preocupação estética dos pitagóricos buscava a beleza e a verdade, finita no repouso, caracterizando o imobilismo, o caráter estático da sociedade grega.

⁵ "Milagre grego" é denominado pelo fato de que todo conhecimento matemático de até então foi organizado de maneira peculiar, através de axiomas, postulados e teoremas.

⁶ MILIES, F. C. P. & BUSSAB, J. H. O. *op. cit.*, p. 22.

Os gregos trabalhavam os conhecimentos com régua e compasso. Muitas construções geométricas realizadas por eles são utilizadas ainda hoje e fazem parte do currículo do ensino fundamental e médio.

Os séculos VI e V a.C. foram de intensa agitação política e cultural, época que floresceram vários movimentos filosóficos importantes. Além dos jônios e pitagóricos mencionados anteriormente, eleatas, atomistas e sofistas contribuíram decisivamente para o estabelecimento de regras de bem pensar e discorreram sobre a natureza do mundo. Entre suas preocupações estavam os problemas matemáticos, muito especialmente os geométricos, pois a Matemática era então considerada uma disciplina formadora de raciocínio, parte da educação filosófica destinada aos jovens aristocratas e bem-nascidos.

Nesse período os matemáticos se debruçaram em problemas que até hoje não foram solucionados. Os três problemas clássicos são:⁷

Achar a área de um círculo, usando a linguagem geométrica, ou encontrar um quadrado de área igual a um círculo de diâmetro dado, é um problema muito antigo, mas que hoje através dos recursos atuais de computação gráfica pode-se encontrar uma boa aproximação. Os matemáticos gregos imaginavam ser possível encontrar uma solução geométrica exata para a *quadratura do círculo* com régua e compasso, entretanto é realmente impossível.

O problema da *duplicação do cubo* foi pensado, segundo relatos: a primeiro fala do rei Minos que insatisfeito com a tumba construída para abrigar o corpo de seu filho Clauco, ordenou aos construtores que duplicassem o volume do mausoléu. Outro relato, supostamente de Erastótenes, afirma que os délios, atingidos por uma praga que poderia se espalhar para os gregos, consultaram o oráculo e este afirmou que a praga seria eliminada se os délios duplicassem o altar do templo de Apolo cuja forma era de um cubo. Diz um trecho da carta: “Eles então mandaram pedir aos geômetras que estavam com Platão na Academia que achassem a solução. Estes se aplicaram diligentemente ao problema de achar duas médias proporcionais (...)”⁸.

O problema da *trissecção do ângulo* pareceu para os gregos inicialmente, um problema simples, como dividir o ângulo em duas partes iguais, isto é, construir a bissetriz com régua e compasso e seria natural dividi-lo em três partes iguais, usando os mesmos procedimentos. Contudo, como nos casos anteriores o problema é impossível de resolver com os instrumentos euclidianos.

Estes problemas desafiaram a inteligência de matemáticos de muitas épocas e só no século XIX, foram considerados cabalmente impossíveis de serem resolvidos. Entretanto, foram fundamentais na História da Matemática pelas descobertas suscitadas nas tentativas de solução.

OS PROBLEMAS DO INFINITO

Na antiguidade clássica, a concepção de linhas como conjunto de pontos sem tamanho estava intimamente relacionada à compreensão da natureza do movimento. Surge então os paradoxos de Zeno, nos quais os dois primeiros: A dicotomia, Aquiles e a tartaruga tentam provar a impossibilidade do movimento, se admitida a continuidade do tempo e do espaço. Os outros dois

⁷ O leitor interessado pode acompanhar as construções consultando Carl Boyer, citado na bibliografia.

⁸ MILIES, F. C. P. & BUSSAB, J. H. O. *op. cit.*, p. 41.

seguintes: A Flecha e o Estádio tentam explicar a não existência do movimento. Por exemplo, o paradoxo da Flecha dizia: *uma flecha em vôo, num determinado instante, ocupa um determinado lugar e, portanto, está em repouso. Como pode uma sucessão de paradas determinar o movimento?*

Esses paradoxos refletem, com certeza, a noção de imobilidade caracterizada pela sociedade grega. A concepção de mundo não levava a perceber que o tempo pode fluir continuamente para anular o paradoxo. Concepção fundamental para a determinação do movimento e suas variações.

Platão (c.427-347 a.C.)

Nascido de uma tradicional família ateniense, deveria ter seguido a carreira política, mas dedicou-se de corpo e alma à filosofia logo após a morte de um de seus mestres, Sócrates. Fundou a Academia Platônica e sobre o portal da sala de leitura da Academia, lia-se: *“Que não entre aqui ninguém que ignore a geometria”*. Mesmo não sendo um matemático, estimulou vivamente o aprendizado da aritmética e da Geometria como um eficiente meio de desenvolver o raciocínio lógico dedutivo. As idéias passam a ter existência absoluta independente do pensamento. O idealismo platônico influenciou a matemática como pensamento abstrato.

A “visão Platônica” de mundo: os sentidos não elaboram o conhecimento, os conhecimentos existem a priori e prontos. Platão dá ênfase ao método dedutivo na Matemática, em contraposição à indução, observação e experimentação, pois acredita que as verdades procuradas pelos matemáticos são da mesma natureza que as dos filósofos. Assim, distingue aquilo que chamamos de uma figura real da idéia da figura. Por exemplo, um quadrado desenhado é imperfeito e perecível, o que não acontece com a idéia do quadrado. Platão afirma na obra *República*, ao comentar a forma de raciocinar dos matemáticos: *“E não sabes também que embora eles façam uso das formas visíveis e raciocinem sobre as próprias coisas que só podem ser vistas com os olhos da mente”*.⁹

Aristóteles (C. 384-322 a. C.)

Aristóteles foi além de Platão: não descarta o mundo empírico e reabilita o trabalho do matemático. Escreveu sobre quase todo conhecimento filosófico e científico de sua época. Não escreveu exclusivamente sobre Matemática, entretanto seus escritos estão repletos de exemplos e discussões sobre objetos matemáticos. Desenvolveu a Lógica, ferramenta básica para o raciocínio. Aristóteles se preocupou com a sistematização da Lógica dedutiva. Os textos de Lógica encontram-se reunidos no Organon (“o instrumento”), título que corresponde ao fato de Aristóteles considerar este conhecimento pré-requisito essencial ao estudo das ciências e da filosofia. Para ele, a Lógica era a ciência que não permitia derivar, de premissas verdadeiras, falsas conclusões. “Distingue a Lógica dialética, testa opiniões para verificar sua consistência, da Lógica analítica, que procede por dedução a partir de princípios elementares resultantes da experiência e da observação cuidadosa dos fatos”.¹⁰ Ele escreveu que uma definição diz o que é, mas não garante que esse algo exista. Assim é como na Matemática, podemos definir o que é triângulo equilátero, ou seja, aquele que tem três lados

⁹ MILIES, F. C. P. & BUSSAB, J. H. O. *op. cit.*, p. 52.

¹⁰ MILIES, F. C. P. & BUSSAB, J. H. O. *op. cit.*, p.55.

congruentes, o conceito é claro e sabemos do que estamos falando, mas isso não garante a existência de triângulos equiláteros, é preciso para isso de um método construtivo.

Euclides (c.300 a.C.)

Estudou na academia Platônica, fixou-se no Egito onde fundou a prestigiosa escola de Matemática de Alexandria. Foi autor de diversos livros tais como: Lugares Sólidos, Pseudaria, Porisma, Lugares de Superfície, Ótica, Os fenômenos, Divisão das Figuras e finalmente *Os Elementos*, maior obra de Geometria que nos foi legada pela Antigüidade clássica e é um texto didático. Euclides foi precursor do sistema axiomático. Ele sistematizou a geometria empírica da época através de axiomas, postulados e demonstrações de teoremas.

É interessante observar que em toda história da humanidade, com a única exceção da Bíblia, nenhum outro livro foi mais utilizado e adotado que a obra de Euclides das quais foram feitas mais de mil edições desde a primeira impressa, em 1482. É o único trabalho científico que serviu por mais de dois mil anos. A seguir, trechos de *Os Elementos* traduzidos por Frederico Commandino, Coimbra, Imprensa da Universidade, 1855¹¹:

LIVRO I DOS “OS ELEMENTOS” DE EUCLIDES DEFINIÇÕES

- I. Ponto é o, que não tem partes, ou o, que não tem grandeza alguma.
- II. Linha é o, que tem comprimento sem largura.
- III. As extremidades da linha são pontos.
- IV. Linha recta é aquella, que está posta igualmente entre as suas extremidades.
- V. Superfície é o, que tem comprimento e largura.
- VI. As extremidades da superfície são linhas.
- VII. Superfície plana é aquella, sobre a qual assenta toda uma linha recta entre dous pontos quaesquer, que estiverem na mesma superfície.
- VIII. Angulo plano é a inclinação reciproca de duas linhas, que se tocam em uma superfície plana, sem estarem em direitura uma com a outra.

POSTULADOS

- Pede-se como cousa possivel, que se tire de um ponto qualquer para outro qualquer ponto uma linha recta.
- E que uma linha recta determinada se continue em direitura de si mesma, até onde seja necessario.
- E que com qualquer centro e qualquer intervallo se descreva um circulo.

AXIOMAS

- I. As cousas, que são eguaes a uma terceira, são eguaes entre si.
- II. Se a cousas eguaes se junctarem outras eguaes, os todos serão iguaes.
- III. E, se de cousas eguaes se tirarem outras eguaes, os restos serão iguaes.
- IV. E, se a cousas deseguaes se ajunctarem outras eguaes, os todos serão deseguaes.

¹¹ Extraído do site: www.mat.uc.pt/~jaimecs/euclid/elem.htm

- V. E, se de cousas deseguaes se tirarem cousas eguaes, os restos serão deseguaes.
- VI. As quantidades, das quaes cada uma por si faz o dobro de outra quantidade, são eguaes.
- VII. E aquellas, que são a metades de uma mesma quantidade, são tambem eguaes.
- VIII. Duas quantidades, que se ajustam perfeitamente uma com outra, são eguaes.
- IX. O todo é maior do que qualquer das suas partes.
- X. Duas linhas rectas não comprehendem espaço.
- XI. Todos os angulos rectos são eguaes.
- XII. E se uma linha recta, encontrando-se com outras duas rectas, fizer os angulos internos da mesma parte menores que dous rectos, estas duas rectas, produzidas ao infinito concorrerão para a mesma parte dos dictos angulos internos.

Veja-se a nota sobre a Proposição²⁹ do Livro I.

“Estes sinaes =, >, <, de que os Mathematicos usam frequentemente, servem para maior brevidade”.

TEOREMA DE PITÁGORAS¹²

Particularmente é interessante a proposição 47, a penúltima do livro I, apresentada com uma demonstração original, universalmente atribuída ao próprio Euclides. “*Num triângulo retângulo, o quadrado construído sobre o lado que subentende os ângulos retos é igual a soma dos quadrado dos lados que contém o ângulo reto*”.

Com as obras de Euclides fica caracterizado o período dedutivo do conhecimento matemático, pois elas trazem a alteração do objeto básico da matemática como essência do plano real para o plano abstrato. O saber matemático passa, a partir de Euclides, a ser identificado com a abstração, o teórico, preocupado com a beleza do raciocínio e a exatidão da forma. **Em síntese:** A Matemática passa a ter existência prescindindo da realidade concreta, ou melhor, é ato de pura ideação, remotamente reflexiva em relação ao mundo real.

Nessa época tem-se ainda, matemáticos que marcaram sobremaneira o desenvolvimento do conhecimento matemático.

Eudoxo (c. 408-355 a.C.)

Nascido em Cnido, na Ásia Menor, viajou pelo Egito e pela Magna Grécia (sul da Itália), onde estudou Astronomia e Matemática. Foi considerado um dos maiores matemáticos da Antiguidade, perdendo apenas em originalidade, no consenso dos matemáticos, para Arquimedes. É tido como o primeiro astrônomo a apresentar um modelo matemático das esferas celestes e se deve a ele também a constatação de que o ano solar excede em cerca de 6 horas o número de 365 dias. Outra grande contribuição de Eudoxo é o método de exaustão que consiste em calcular áreas e volumes por aproximações cada vez mais apuradas.

Arquimedes de Siracusa (c. 285-212 a.C.)

¹² MILIES, F. C. P. & BUSSAB, J. H. O. *op. cit.*, p. 65.

Matemático e físico, foi considerado o “pai da engenharia prática”. Tivemos com ele o germe do cálculo integral, como também noções de estática e hidrostática (lei das alavancas e do empuxo) e o volume da esfera. Ele é considerado uma exceção na produção do conhecimento matemático, pois suas descobertas mostram elementos criadores, extraídos da realidade social.

Diofanto de Alexandria (c. 250 d.C.).

Matemático grego foi o primeiro a abreviar sistematicamente seu pensamento com símbolos matemáticos usando equações, o que chamamos de álgebra sincopada. Ele também se dedicou ao desenvolvimento da teoria dos números. Entretanto, nem ele, nem Arquimedes chegaram a uma representação simbólica prática para os números. Uma necessidade “teórica” que não se tornou “social” na época. A seguir, apresenta-se a inscrição de sua lápide para exemplificar um pouco de como a álgebra daquela época era trabalhada e a importância de Diofanto para o seu desenvolvimento.

Aqui jaz Diofanto. Maravilhosa habilidade – pela arte da álgebra a lápide nos diz sua idade:

*“Deus lhe deu um sexto da vida como infante”,
Um duodécimo mais como jovem, de barba abundante;
E ainda uma sétima parte antes do casamento;
Em cinco anos nasceu-lhe vigoroso rebento
Lástima! O filho do mestre e sábio do mundo se vai
Morreu quando da metade da idade final do pai.
Quatro anos mais de estudo consolam-no do pesar;
Para então, deixando a terra, também alívio encontrar”.*
Responda: Quantos anos Diofanto viveu?

$$x = \frac{x}{6} + \frac{x}{12} + \frac{x}{7} + 5 + \frac{x}{2} + 4$$

$$= \frac{14x + 7x + 12x + 420 + 42x + 336}{84}$$

$$84 \cdot x = 14 \cdot x + 7 \cdot x + 12 \cdot x + 420 + 336$$

$$= \frac{756}{9}$$

$$84 \cdot x - 14x - 7x - 12x - 42x = 420 + 336$$

$$9 \cdot x = 756$$

$$R: x = 84$$

A seguir, um exemplo da álgebra sincopada de Diofanto:

isto é $\kappa^{\beta} \zeta \eta \Lambda \Delta^{\gamma} \Xi M^{\delta} \text{È} \sigma \tau \mu \delta$

Ou $x^2 + 8x - x^2 = 5 \cdot 4 = 44$

$$2x^3 + 8x - (5x^2 + 4) = 44$$

$\kappa\tau$ é uma abreviação de $\kappa\upsilon\beta\omicron\sigma$ (KUBOS, “cubos”).

ζ é uma abreviação de $\alpha\rho\iota\mu\omicron\varsigma$ (arithmos, “número”).

Λ é uma combinação de Λ e I em $\Lambda\epsilon\text{I}\Psi\text{Σ}\text{I}\Sigma$ (LEIPSIS, “menos”).

- Δ^τ** é uma abreviação de (*DUNAMIS*, “potência”).
M é uma abreviação de ΜΟΝΑΔΕΣ (*MONADES*, “unidades”).

A conquista da Grécia por Roma apagou o brilho das produções do conhecimento matemático grego. A escola de Alexandria continuou a existir por mais alguns séculos, mas não produzindo com tanto dinamismo e originalidade. Com o fim do Império Romano e a ascensão do Cristianismo, a Europa entrou na Idade das Trevas com relação à produção científica e cultural. Nesse período, a Matemática passou a ser velada por dois outros povos: Árabes e os Hindus.

Os hindus tiveram constantes invasões por povos migrantes, ocasionando freqüentes alterações Político Sociais, o que gerou grande necessidade de comunicação escrita. Os árabes eram nômades e conquistadores de regiões e civilizações até na Europa.

O triste episódio da História da Humanidade em que o conquistador árabe Omar decretou a queima dos manuscritos da Biblioteca de Alexandria, dando fim ao repertório da cultura clássica, parecia prenunciar que o império árabe viria a tornar-se sinônimo de obscurantismo nas ciências e na cultura. Entretanto, foi exatamente o contrário. Logo os califas reconheceram a importância do saber e das artes e passaram a patrociná-los. O primeiro califa a perceber a importância do saber e das artes foi Harum Al-Raschid, que se cercou de sábios e artistas e, inclusive mandou traduzir a obra *Os Elementos* para o árabe. Fato este de extrema importância, uma vez que foi esta a fonte que a Europa recorreu para reencontrar os ensinamentos de Euclides.

Foi do famoso matemático árabe Abu-Abdullah Muhammed Ibn-Musa Al-Khwarizmi que herdamos as palavras algarismo, e álgebra. O matemático produziu uma obra popular (primeiro livro de Álgebra) sobre equações, cujo título era *Al-Kitab Aljabr wa' l Muqabalah*, que pode ser traduzido por *O Livro da Restauração e do Balanceamento*. A palavra Al-jabr era empregada por Al-Khwarizmi para designar operações em que, por exemplo, a equação $x - 5 = 8$ passa a $x = 13$, significando uma restauração. Assim nasceu a palavra Álgebra, tão empregada posteriormente.

ÁLGEBRA

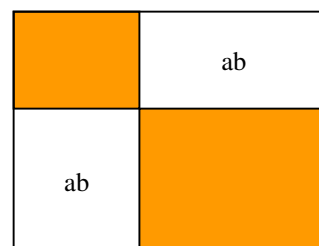
Originou-se na Babilônia, onde a explanação era totalmente em palavras. Estima-se que no mesmo período tenha sido trabalhada no Egito utilizando a regra da falsa posição e logo após chegando até a Grécia, Índia e finalmente na Europa. Era considerada como um sistema para resolver problemas que envolviam números desconhecidos e equações.

A Álgebra pode ser classificada em duas fases: *Álgebra Antiga* que contempla três estágios: *Retórico (ou verbal)*; *Sincopado (usava abreviações de palavras)*; *Simbólico (uso de símbolos)* e *Álgebra Moderna* que trabalha com estruturas abstratas.

A seguir exemplos das fases da Álgebra Antiga:

ESTILO RETÓRICO e GEOMÉTRICO DOS GREGOS

A expressão $(a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$ era curiosamente enunciada por Euclides “*Se uma linha reta é dividida em duas partes quaisquer, o quadrado sobre a linha toda é igual aos quadrados sobre as duas partes, junto com duas vezes o retângulo que as partes contêm*”.



ESTILO SINCOPADO

As expressões até então escritas totalmente com palavras, agora eram representadas com abreviações. O estilo sincopado aparece nos estudos inicialmente de Diofanto e posteriormente na Álgebra Hindu e Árabe com *Brahmagupta* (628 d. c.) e *Bhaskara* (1150 d.C.), que trabalharam com resolução de equações. Ver exemplo da Álgebra de Diofanto mostrado acima.

ESTILO SIMBÓLICO

Caracteriza-se pelo uso total de símbolos

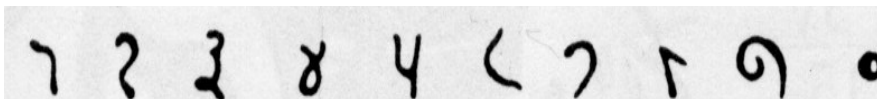
Cardano (1545):	Cubus $\overline{p}6$ rebus aequalis 20. $X^3 + 6x = 20$
Bombelli (1572):	$\begin{matrix} 6 & 3 \\ \cup & \cup \\ & p. & 8 & . \end{matrix}$ Eguale à 20.
Viète (1591):	I Q C – 15 Q Q + 85 c – 225 Q + 274 N aequatur 120. $x^5 - 15x^4 + 85x^3 - 225x^2 + 274x = 120$
Harriot (1631):	aaa – 3bba ===== + 2 . ccc. $x^3 - 3b^2x = 2c^3$
Descartes (1637):	$x^3 - 6xx + 13x - 10 \propto 0$.
Wallis (1693):	$x^4 + bx^3 + cxx + dx + e = 0$.

Contribuição dos Hindus e Árabes

Introdução do Sistema de Numeração hindu-arábico (iniciado por volta de 250 a.C.). Registra-se a descoberta do zero de posição por um Hindu desconhecido e o desenvolvimento de algoritmos de cálculo antigo. Os Árabes difundiram o sistema de numeração na Europa através de suas conquistas pela região. Os mercadores italianos do século XIII usavam corretamente os algarismos chamados “arábicos” apesar de serem proibidos pelas autoridades religiosas.

Nosso sistema de numeração é uma aquisição relativamente recente, um exemplo concreto do resultado das interações matemáticas com a sociedade.

Os dez símbolos dos Hindus



A partir destes símbolos incorporou-se o zero definitivamente ao mundo da matemática. Com a incorporação do zero, as equações do 2º grau passaram a ser resolvidas corretamente.

Este fato ilustra bem a diferença entre o caráter da Matemática Grega e o caráter da Matemática Hindu- Árabe.

Implantação do modo Feudal de produção (Era Cristã - Era Medieval- até –1492)

O período da era cristã ficou caracterizado pela forte oposição ao valor do trabalho e da produção. Fez-se de tudo para deter o desenvolvimento científico. O pressuposto básico de toda sabedoria nesse período era a fé cristã. Com a queda do Império Romano (séc. V) a religião surge lentamente como elemento agregador dos inúmeros reinos bárbaros formados após as sucessivas invasões, seus chefes vão se convertendo ao cristianismo, e a igreja se transforma em soberana absoluta da vida espiritual do mundo ocidental. A cultura (grego-romana) permanece latente, guardada nos mosteiros: os monges são os únicos letrados em um mundo onde nem os servos nem os nobres sabem ler.

A produção cultural da época situa-se na tentativa de conciliar a razão e a fé. Tivemos nessa época duas linhas de conhecimento fundamentais: **patrística e escolástica**. A primeira tenta relacionar a fé e a ciência à natureza de Deus, da alma e da vida moral. Essa linha busca na filosofia grega platônica a fundamentação para a razão e o conhecimento. A segunda também se fundamenta na filosofia grega, só que agora em Aristóteles e faz adaptação à visão cristã. Valoriza o conhecimento teórico em detrimento das atividades práticas. Esse pensamento continua possível porque o modo de produção feudal, assentado no trabalho do servo determina o desprezo pela atividade manual, ao mesmo tempo que valoriza o nobre guerreiro para o ócio e para o prêmio.

PERÍODO DE TRANSMISÃO (950 – 1500 D.C.)

Nos séculos XIV e XV, quase um milênio depois da queda do Império Romano, a civilização européia medieval começa por fim a dar lugar à civilização moderna. Entretanto, o caminho para modernidade começou com uma renovação de interesse pela arte e as ciências antigas. O comércio com os muçumanos e os gregos bizantinos impulsionou o crescimento de várias cidades italianas depois de 1300, entre elas Veneza, Gênova e Florença. A aristocracia desses lugares fascinou-se não só pelos produtos do oriente como também pelo saber e sua cultura. Os árabes e os gregos bizantinos haviam preservado cuidadosamente grande parte da arte e da ciência dos tempos clássicos da Grécia e de Roma e agora transmitiam seus conhecimentos aos mercadores italianos.

O ressurgimento da cultura ocidental antiga, logo se alastrou pelo norte da Europa, onde deflagrou um novo interesse pela ciência e a arte e os frutos logo apareceram no trabalho do astrônomo polonês Nicolau Copérnico (1473 – 1543).

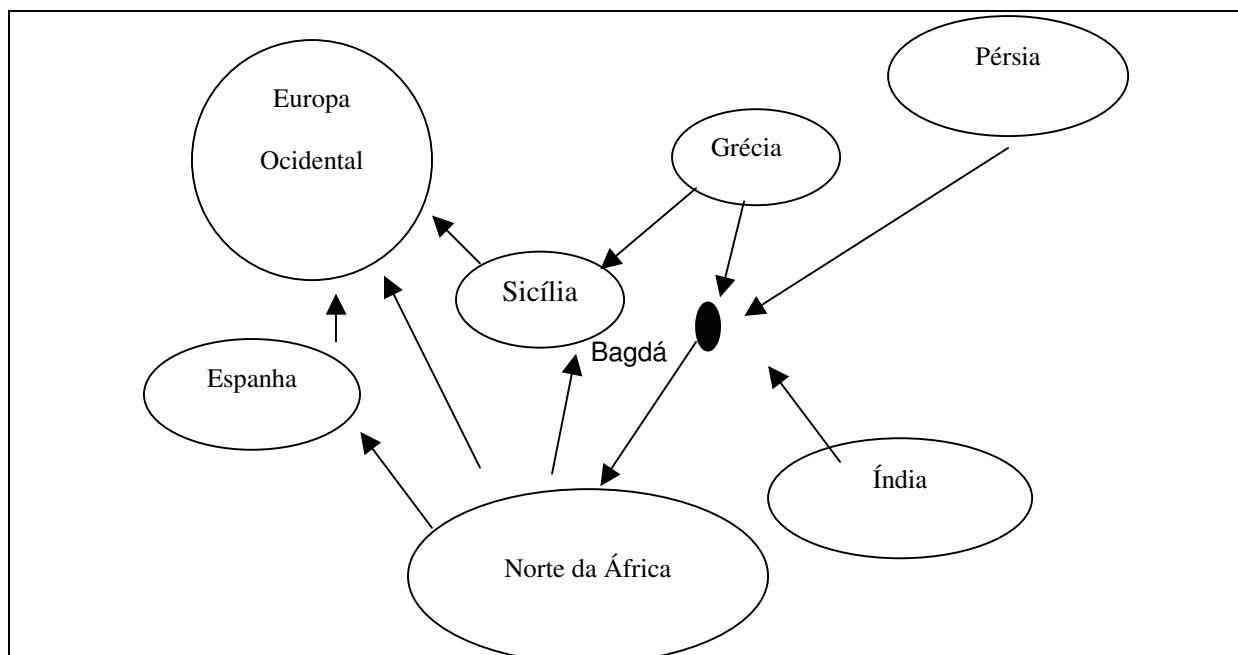
O saber e a cultura preservados pelos árabes são transmitidos lentamente à Europa Ocidental. Vários trabalhos árabes foram traduzidos para o latim por Platão de Tivoli, 1120 d.c.; Robert de Chester, 1140 d.c.; Adelerdo de Bath 1142 d.c.; Geraldo de Cremona, 1150 d.c.; Campanus, 1260 d.c..

Fibonacci (Leonardo de Pisa em 1260) matemático italiano desvendou os mistérios dos números negativos e escreveu a primeira Aritmética Financeira. Tivemos o primeiro livro de matemática no mundo Ocidental – Aritmética de Treviso em 1478. E foi publicada a primeira edição impressa dos **Elementos de Euclides** em 1482.

Os intelectuais dessa época, infelizmente, foram incapazes de conciliar suas idéias sobre ciência com as doutrinas religiosas da Igreja Católica e grande parte do trabalho científico encontrou tenaz oposição das autoridades eclesiásticas. Temendo a acusação de heresia, muitos intelectuais

relutavam em publicar suas teorias, especialmente no campo da astronomia; ciência que a Igreja se opunha de maneira especial. À medida que a Europa Medieval ia cedendo terreno a uma Europa Moderna, a Igreja Católica enveredava por um conservadorismo crescente. Desaprovava muitas descobertas dos cientistas europeus da época como também chegava a levantar obstáculos para impedir que se fizessem reformas que levassem à substituição do feudalismo por formas mais democráticas de governo.

Rota de transmissão do saber grego e do saber Hindu para a Europa Ocidental



CONCEPÇÃO RACIONAL (Crescimento da classe burguesa)

No século XV, alguns acontecimentos culturais de peso modificaram o panorama científico da época, como a invenção da imprensa, permitindo maior difusão do conhecimento; o clima sócio-cultural-econômico instalado na Itália Renascentista desatrelou as forças produtivas econômicas e, em decorrência, a ciência.

Surge então, uma nova concepção de conhecimento empírico que enfatiza a observação e a experimentação, acrescentando a elas o conhecimento matemático que explica e justifica o fenômeno observado. De Leonardo da Vinci a Newton, o princípio da experimentação é, de novo, reconduzido ao centro da questão científica.

O novo cientista começa no artista e no artesão, buscando sempre a percepção dos detalhes da perspectiva e a representação de leis que regem o mundo. Esse novo pensamento que une o artista ao artesão, busca devolver à ciência o relacionamento dialético com a realidade, perdidos na concepção que a Igreja impunha sobre o conhecimento.

O grande ímpeto dado à matemática no século XVI e XVII partilhado por todas as atividades intelectuais deveu-se, em grande parte, sem dúvida, aos avanços políticos, econômicos e sociais da época. Esse período testemunhou ganhos ponderáveis na batalha pelos direitos humanos, viu

máquinas bem avançadas, construção de objetos de importância econômica crescente e observou um desenvolvimento no espírito de internacionalismo intelectual e no ceticismo científico.

A ciência dessa época tinha por preocupação investigar as forças da natureza para, dominando-as, usá-las em seu benefício. Tivemos duas linhas fundamentais: o racionalismo de René Descartes que declara que o conhecimento se dá pela razão e o empirismo de Francis Bacon que considera que o conhecimento se dá pela experiência.

A visão de ciência, como algo eminentemente experimental, provoca o surgimento da ciência política, com Maquiavel em 1513, com o livro "O príncipe". A ótica de Maquiavel, Leonardo da Vinci e Galileu é a mesma só diferindo no objeto de estudo.

O estudo de Descartes veio sedimentar a nova concepção, pois *propõe o natural como precedente à essência*.

Está proposto o ideário liberal da revolução burguesa: *O natural e não aristocrático é o novo alicerce para o conhecimento*. Tem-se aí, o desmoronamento do edifício aristotélico-atomista.

Como visão panorâmica temos Newton, o homem ***síntese da revolução Científica***. Newton vê a experimentação como um processo crítico passo a passo, sistemático. É a busca da descoberta de como funciona a máquina do universo.

O olho de Leonardo, a tenacidade de Galileu, a razão de Descartes, o universo de Newton representaram o aspecto fundamental para o desvelamento de uma nova realidade social.

Pode-se perceber a partir daí, que em menos de três séculos do início de uma nova ciência, revolucionária e polêmica, as antigas formas políticas começam a ruir, dando origem à fundamentação para a burguesia revolucionária. O modelo racional de ver o mundo tem suas origens no Renascimento Italiano e tem, na perspectiva humanista, a concepção de mundo.

Instala-se a Idade da Razão

Esse período é particularmente importante na história da matemática. Perto do início do século XV, Napier revelou sua invenção: os logaritmos. Harriot e Oughtred contribuíram para a notação e a codificação da álgebra, Galileu fundou a ciência da dinâmica e John Kepler matemático e astrônomo alemão anunciou suas leis do movimento planetário descrevendo cientificamente e algebricamente a trajetória dos planetas em órbita do sol.

Mais tarde, Desargues e Pascal inauguraram um novo campo da geometria pura (geometria analítica moderna), sem falar de René Descartes, filósofo e matemático que contribuiu grandemente para o desenvolvimento do método de conhecimento através do "Método Cartesiano" e suas descobertas na área da geometria analítica.

Fermat estabeleceu os fundamentos da teoria dos números e Huygens deu contribuições de peso à teoria das probabilidades e a outros campos. No final do século XVII, Newton e Leibniz, no caminho preparado por vários matemáticos do próprio século, contribuíram memoravelmente com a criação do cálculo diferencial integral.

Podemos ainda citar Leonardo da Vinci com suas idéias sobre aplicação da matemática à ciência e a teoria da perspectiva. Nicolau Copérnico com a teoria Heliocêntrica: a terra girava em torno do sol e que este era o centro do universo do nosso sistema Planetário e Giordano Bruno, italiano queimado vivo por apresentar e defender a teoria heliocêntrica de Nicolau Copérnico.

Tivemos nesse período uma acentuada preocupação com a pintura e o desenvolvimento da perspectiva com Albrecht Dürer pintor alemão, que tinha grande interesse pela matemática, só que mais geométrica, seus trabalhos apresentam uso de projeções, medidas com círculos e retas de figuras planas e sólidas, construções de várias figuras planas e sólidas, através de um processo sistemático. Tivemos também, Leon Battist Alberti que apresentou a primeira exposição formal dos princípios de redução da representação de um objeto no plano (perspectiva) e Piero della Francesca pintor italiano de afrescos: representou sobre o plano da pintura, objetos em três dimensões visto de um ponto de vista dado.

Por causa das grandes navegações, houve um aprimoramento na técnica da construção de mapas com Peter Apian, matemático e astrônomo alemão que publicou o mais antigo mapa do Velho Mundo e do Novo Mundo usando o nome de América e Gerard Mercator geógrafo que usou em seus mapas uma rede retangular formado de duas coleções de retas paralelas equidistantes que hoje são identificadas como latitudes e longitudes.

A Álgebra também foi bastante pensada e trabalhada nesse período. Temos vários matemáticos que ajudaram no seu desenvolvimento como o algebrista Gerônimo Cardano que publicou "Arts Magna" em 1545 e freqüentemente é tomado como marco do início do período moderno da matemática. Recorde, Bombelli, Viète, Oughtred que impulsionaram, com seus estudos, o simbolismo algébrico, ou seja, desenvolveram símbolos e abreviações para uma incógnita e suas potências, bem como para operações e a relação de igualdade proporcionando maior generalidade algébrica. Foi introduzida na álgebra uma distinção clara entre o importante conceito de parâmetro e a idéia de uma quantidade desconhecida. Mais tarde, os matemáticos Tartaglia, Cardano e Fermat desenvolveram de forma algébrica a solução das equações cúbicas e quárticas. Albert Girard chegou a enunciar claramente as relações entre as raízes e coeficientes, e admitiu raízes imaginárias e negativas e que uma equação pode ter tantas raízes quanto indica seu grau.

Com o objetivo de auxiliar os cálculos na navegação o matemático escocês por afinidade John Napier se preocupou com alguns aspectos da matemática da computação e trigonometria. Ele desenvolveu os logaritmos aliados a trigonometria. Ainda, no mesmo período Briggs trabalhou para o desenvolvimento dos logaritmos.

Um dos matemáticos mais importantes da época foi Galileu Galilei, físico e matemático italiano fundador da física moderna. Para ele, o universo pode ser escrito em linguagem matemática, com isso introduziu uma nova metodologia para a pesquisa científica.

Ainda nesse século tivemos estudos no desenvolvimento do cálculo com Fermat, Cavalieri, Barrow, Leibniz e Newton.

O matemático francês François Viète é considerado o "Pai da Álgebra". O mais famoso trabalho dele é *In artem*. Nesse texto, Viète introduz a prática de se usar vogais para representar incógnitas e consoantes para representar constantes. Mais tarde Harriot eliminou as poucas palavras restantes na álgebra de Viète, Descartes introduziu o ponto (.) para multiplicação, a notação de potência e as primeiras letras como coeficiente e as últimas como incógnitas.

Quadro comparativo do aperfeiçoamento dos símbolos criados por Viète

<i>Viète</i>	<i>Harriot</i>	<i>Descartes</i>
A área é igual a 50	$AA = 50$	$x^2 = 50$
A área $\overline{AA}2$ é igual a 0	$AA - A2 = 0$	$x^2 - x \times 2 = 0$
A área $\overline{AA}5 p 6$ é igual a 0	$AA - A5 + 6 = 0$	$x^2 - x \times 5 + 6 = 0$
A área $\overline{AA}2 p 1$ é igual a 0	$AA - A2 + 1 = 0$	$x^2 - x \times 2 + 1 = 0$
B in A área + C in A + + D é igual a 0	$B \text{ in } AA + C \text{ in } A + + D = 0$	$x^2 \times A + B \times x + C = 0$

Concepção simbólica

A Revolução Industrial do século XIX mudou o mundo, com uma reorganização social da civilização humana. Os agricultores deixam de constituir a maioria da população, deixando de ser a mola mestra da economia. Os operários tornam-se o segmento maior da força produtiva e a indústria assume o status de baluarte econômico. A Revolução Industrial trouxe mudanças de grande alcance em seu alicerce: o capitalismo industrial; urbanização crescente; o sistema manufatureiro; corporações gigantescas; a emergência de uma nova classe social, o proletariado; o imperialismo global em escala; avanços tecnológicos impressionantes; uma visão de mundo mais mecanicista.

A Revolução Industrial que deu nascimento à sociedade moderna foi um processo histórico que se desenrolou no curso de muitos anos. Começou no século XVIII na Inglaterra e durante o século XIX espalhou-se pelo continente europeu e pela América. A estrutura da sociedade mudava radicalmente, o progresso tecnológico que rápido desenvolveu uma era de investigações científicas sem precedentes, especialmente na mecânica e na química. Embora, de início a maioria das invenções fosse feita por artesãos e funileiros, as necessidades da indústria no século XX exigiram a participação de matemáticos e cientistas com grau universitário.

A idéia de ciência passa a ser encarada, nesse período, como uma forma de produção material e econômica. A ciência passa a ser encarada como força produtiva.

Os conhecimentos produzidos, ao fornecerem os fundamentos para o desenvolvimento de novas tecnologias, atendem as necessidades que são colocadas e tornam mais eficientes os empreendimentos dos detentores do capital.

O século XX torna-se, então, o período histórico em que se produz uma quantidade sem comparação a períodos anteriores de máquinas e fábricas. A ciência, aliada a tecnologia juntamente com o capital, busca uma maior produtividade no sistema fabril. Nesse processo o capitalismo, por sua vez financia as pesquisas científicas.

Nas relações de produção da sociedade capitalista se estabelece um simbolismo que também está presente na ciência. O material simbólico existente nas mais variadas ciências tem sua raiz tanto na matemática como na sociedade que a produz. Isto explica o fato de que, para o "processo" da ciência, hoje em dia, é fundamental o estudo de teorias "puras". Essa teoria carregada de simbolismo, de forma abstrata e hermética produz uma ciência que cria representações e modelos de máquinas e técnicas a serem construídas.

A ciência tem como função agora ser a mola mestra da máquina a ser construída. Em palavras simples, o desenvolvimento do cálculo diferencial integral ajuda a fabricar um refrigerante, na medida em que otimiza a produção, reduzindo custos e propondo novas tecnologias nas quais o modelo matemático perpassa do teórico ao prático.

A teoria produz o sistema de fabricação

Podemos citar alguns matemáticos que contribuíram de forma decisiva para o desenvolvimento dessa ciência, lembrando que a maior parte da matemática desse período só pode ser entendida por especialistas, ou melhor, são conhecimentos trabalhados nas universidades.

O desenvolvimento do Cálculo aplicado foi exaustivamente trabalhado pelos irmãos Jakob e Johann Bernoulli no final do século XVIII, seguido por Clairaut, D'Alembert, Euler, Lagrange, Laplace, Fourier, Legendre, Green, Poisson. Esses matemáticos deram grande avanço para o cálculo Aplicado.

A Análise Matemática teve seu impulso com os matemáticos Lagrange, Abel, Cauchy, Riemann, Dedekind, Weierstrass, Lebesgue. O infinito transitava tranqüilo entre os pensamentos dos matemáticos da época; então, Taylor, Maclaurin e Fourier desenvolveram idéias sobre as Séries Infinitas.

A Topologia que estuda as propriedades topológicas das figuras e particularmente de seus invariantes topológicos foi desenvolvida por Euler, Gauss, Listing, Riemann, Möbius e Poncaré.

Até boa parte do século dezenove, o mito de Euclides estava bem consistente entre os matemáticos e os filósofos. A geometria era considerada por todos, como o mais firme e mais confiável ramo do conhecimento. A análise matemática (o cálculo e suas extensões e ramificações) obtinha seu significado de suas ligações com a geometria. A geometria era considerada como o estudo das propriedades do espaço e se mantinha como absoluta em relação às propriedades sobre o universo, aceitas como exatas, eternas e cognoscíveis com certeza pela mente humana.

Várias descobertas no século dezenove vieram balançar os fundamentos da matemática, um deles foi a descoberta das geometrias não-euclidianas, que mostraram que havia mais de uma geometria imaginável. Outra descoberta, talvez mais séria ainda foi o desenvolvimento da análise de tal maneira que ultrapassou a intuição geométrica, como na descoberta das curvas que enchem o espaço e curvas contínuas que não têm derivada em nenhum ponto. Essas descobertas expuseram a vulnerabilidade do único alicerce sólido: a intuição geométrica, sobre a qual se acreditava que repousava a matemática. A perda da certeza na geometria foi filosoficamente intolerável, o que implicou na perda de toda a certeza do conhecimento humano. Desde Platão, a geometria tinha servido como exemplo supremo da possibilidade dessa certeza.

Para o desenvolvimento da Geometria Não-Euclidiana podemos citar Sacchere, Lambert, Legendre, Gauss, Lobashevsky, Bolyai. Em 1823, Babbage trabalha para desenvolver as máquinas de calcular modernas. No mesmo ano, Galois mostrou seu trabalho sobre Álgebra Moderna. Em seguida, Haminton, Grassmann e Cayley trabalharam para o desenvolvimento da álgebra de estruturas como corpos, grupos, anéis e o trabalho com as matrizes.

Ainda nesse século tivemos o desenvolvimento da Lógica Matemática que impulsionou o avanço da linguagem dos computadores com os trabalhos de Boole, De Morgan, Schröder, Peano, Whitehead e Russell.

Os matemáticos do século dezenove, liderados por Dedekind e Weierstrass, passaram da geometria à aritmética como fundamento para a matemática. Assim, no esforço de reduzir a análise e a geometria à aritmética, introduziram os conjuntos infinitos nos fundamentos da matemática. A teoria de Conjuntos foi desenvolvida por Cantor como um ramo novo e fundamental da matemática. A idéia de conjunto parecia simples e fundamental e poderia ser o alicerce para construir toda matemática. A matemática poderia ser reduzida à teoria dos conjuntos, entretanto Russel descobriu que a noção, aparentemente transparente, de conjunto continha armadilhas inesperadas.

“Eu queria certeza da mesma maneira que as pessoas querem fé religiosa. Eu pensava que a certeza é mais provável de ser encontrada na matemática do que em qualquer outra coisa. Mas descobri que muitas demonstrações matemáticas, que meus professores esperavam que eu aceitasse, estavam cheias de falácias, e que, se a certeza pudesse realmente ser descoberta na matemática, seria em um novo campo da matemática, com fundamentos mais sólidos do que os que tinham até então sido considerados.” (Bertrand Russel, “Portraits from Memory”)¹³

As controvérsias do fim do século XIX e do início do XX ocorreram devido à descoberta de contradições na teoria dos conjuntos. O paradoxo de Russell e outras antinomias mostraram que a **lógica intuitiva** estava longe de ser mais segura do que a matemática clássica, e era, sem dúvida, mais traiçoeira, pois podia conduzir a contradições de uma maneira que nunca acontece na aritmética e na geometria.

A “crise dos fundamentos” do primeiro quarto desse século, cujo problema central estava nas controvérsias do sistema lógico levou os matemáticos a procurarem outros caminhos que pudessem vir a fundamentar toda a matemática. Três linhas de pensamento foram propostas:

Logicismo:

Inicia-se com Leibniz no século XVII e firma-se com trabalhos de Boole (séc. XIX), mas toma corpo com os trabalhos de Frege e Russel.

A matemática é uma linguagem, ou seja, partindo de certos postulados e manipulando corretamente as regras de inferência, teremos a matemática como um sistema lógico. Para atingirem o objetivo proposto, os logicistas deveriam concretamente mostrar que: todas as proposições matemáticas podem ser expressas na terminologia da lógica; todas as proposições matemáticas verdadeiras são expressões de verdades lógicas.

Construtivismo ou intuicionismo

Originou-se com o topólogo holandês L. E. J. Brouwer, em torno de 1908. Ele insistia em que toda matemática deveria estar baseada construtivamente nos números naturais. Os objetos matemáticos não podem ser considerados significativos, não podem ser considerados existentes, se não forem dados por uma construção, em um número finito de procedimentos, partindo dos números naturais. O ponto de vista do intuicionismo é, pois, o de que a Matemática é uma construção de entidades abstratas, a partir da intuição do matemático, e tal construção prescinde de uma redução à linguagem especial que é a lógica ou de uma formalização rigorosa em um sistema dedutivo. A linha intuicionista insistia que a matemática deve partir do que é dado intuitivamente, o finito, e deve conter somente o que é obtido de maneira construtiva a partir do ponto de saída intuitivamente dado.

Formalismo

David Hilbert (1862) empreendeu a tarefa de defender a matemática, dando uma demonstração consistente da matemática clássica. Propôs a fazer isso por raciocínios de tipo puramente finito e combinatório: a matemática compreende descrições de objetos e construções concretas extra-lógicas; estas construções e estes objetos devem ser enlaçados em teorias formais em que a lógica é o instrumento fundamental; o trabalho do matemático deve consistir no estabelecimento de teorias formais consistentes, cada vez mais consistentes até que alcance a formalização completa da matemática.

“O objeto de minha teoria é estabelecer de uma vez por todas a certeza dos métodos matemáticos... O estado atual das coisas, em que chocamos com os paradoxos, é intolerável. Imaginem as definições e os métodos dedutivos que todos aprendem, ensinam e usam em matemática, os paradigmas de verdade e de certeza, conduzindo a absurdos! Se o pensamento matemático é defeituoso, onde acharemos verdade e certeza? (D. Hilbert, “On tehe Infinite”, em *Philosophy of Mathematics*, de Benacerraf e Putnam)¹⁴

O exemplo mais influente do formalismo como estilo de exposição matemática foi a obra do grupo chamado coletivamente de Nicolas Bourbaki. Esse grupo produziu uma série de textos básicos em nível de pós-graduação, sobre a teoria dos conjuntos, da álgebra e a análise que tiveram uma influência tremenda em todo o mundo, nas décadas de 50 e 60 do século XX.

O estilo formalista penetrou gradualmente no ensino da matemática em níveis mais elementares e, finalmente, sob o nome de “matemática moderna”, invadiu até a educação infantil com textos de teoria dos conjuntos para essa idade. Nos últimos anos, tem crescido uma reação contra o formalismo. Os textos e trabalhos sugerem o retorno ao concreto, ao aplicável, ao significativo, ao contextualizado e também propõem o desenvolvimento de habilidades de linguagem oral e escrita.

¹³ DAVIS, Philis *et al.* **Experiência Matemática**. Rio de Janeiro: Fronteira, 1990, p.375.

BIBLIOGRAFIA

- BARON, Margaret E. **Curso de história da matemática: origens e desenvolvimento do cálculo.** Brasília: UnB, v. 5, 1985.
- BAUMGART, John K. **História da álgebra: para uso de sala de aula.** São Paulo, v. 4, 1992.
- BOLEMA. **Boletim de Educação Temática.** São Paulo: UNESP, 1992.
- BOYER, C. B. **História da matemática.** 6ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1996.
- _____. **Cálculo** - tópicos de história da matemática para uso em sala de aula. São Paulo: Atual, 1995.
- BRASIL, Secretaria de Educação Ensino Médio. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática.** Brasília: MEC, 1999.
- BRASIL, Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática.** Brasília: MEC, 1998.
- DANTZIG, Tobias. **Número: A Linguagem da Ciência.** Rio de Janeiro: Zahar, 1970.
- DAVIS, Philis e outro. **Experiência Matemática.** RJ: Fronteira, 1990.
- DESCARTES, René. **Discurso do Método.** 2ª.ed. São Paulo: Abril Cultural, 1979. (Os pensadores)
- EVES, H. **História da geometria** - tópicos de história da matemática para uso em sala de aula. São Paulo: Atual, 1996.
- _____. **Introdução à história da matemática.** São Paulo: Unicamp, 1997.
- GALILEI, Galileu. **Ciência e fé.** São Paulo: Nova Estella editorial / Rio de Janeiro: Nast, 1998.
- _____. **O ensaiador.** 5ª. ed. São Paulo: Abril Cultural, 1991. (Os pensadores).
- GARBI, Gilberto Geraldo. **O romance das equações algébricas.** São Paulo: Best-Seller, 1997.
- GUELLI, O. **A invenção dos números** - contando a história da Matemática. 2.ed. São Paulo: Ática, 1992.
- GUNDLACH, B. H. **Números e numerais** - tópicos de história da matemática para uso em sala de aula. São Paulo: Atual, 1998.
- IFRAH, G. **Os números** - a história de uma grande invenção. 3.ed. São Paulo: Globo, 1998 .
- IMENES, L. M. **A numeração Indo-Arábica** - vivendo a matemática. São Paulo: Scipione, 1991.
- _____. **Os números na história da civilização** - vivendo Matemática. São Paulo: Scipione, 1992.
- LUNGARZO, C. **O que é matemática.** São Paulo: Brasiliense, 1990.
- MACHADO, Nilson José. **Matemática e Realidade.** 4ª. ed. São Paulo: Cortez, 1997.
- MILIES, Francisco C. P. e BUSSAB, José Hugo de O. *A Geometria na antiguidade Clássica.* São Paulo: FTD, 1999.
- NEWTON, Sir Isac. **Princípios Matemáticos.** 2ª. ed. São Paulo: Abril Cultural, 1983. (Os pensadores)
- REVISTA DE PROFESSOR DE MATEMÁTICA, nº 26. São Paulo, 2º semestre de 1994.
- RUSSEL, Bertrand. **Ensaio escolhidos.** São Paulo: Abril Cultural, 1978. (Os pensadores)
- EUCLIDES. *Os elementos.* Disponível em: <http://www.mat.uc.pt/~jaimecs/euclid/elem.htm>

¹⁴ DAVIS, Philis *et al.* *Op. cit.*, p.375.

SUBSÍDIOS PARA PENSAR A FÍSICA NO CURRÍCULO DO ENSINO MÉDIO

Prof. MSc. Sérgio Placência
UFMS – SED/MS Ensino Médio

No texto de abertura deste documento, em epígrafe, há uma citação de Marx & Engels que coloca uma ligação entre a história da natureza e a história dos homens. Entretanto, no desenvolvimento da modernidade esta ligação ficou cada vez mais difícil de ser percebida pelo sujeito, sendo esta questão bastante discutida no campo educacional. Em 1998, o governo francês realiza *As Jornadas Temáticas*¹, idealizadas e dirigidas por Edgar Morin com a proposta de regeneração humanista regida pela idéia de complexidade e transdisciplinaridade. As jornadas, envolvendo grandes nomes da ciência francesa, tiveram como foco o segundo grau (nosso ensino médio), mesmo sabendo que o problema da fragmentação, da especialização e disciplinarização diz respeito ao ensino em geral, inclusive a universidade, formadora dos professores da educação básica. Se numa perspectiva histórica, são os homens em sociedade que definem que conhecimentos devem ser tratados na escola e como tratá-los didaticamente, é bastante positivo que delineiem várias alternativas. Para nós, conforme aparece nos cadernos do ensino médio, esta problemática pode ser enfrentada se elegermos a perspectiva histórica para definir e tratar os conhecimentos do currículo escolar.

A sociedade concreta em que vivemos coloca o imperativo de uma reordenação do ensino médio, de tal forma a proporcionar aos adolescentes novas perspectivas. Para tanto, é imprescindível superar os desenhos que simplificam demasiadamente o real, pois estes são obstáculos para pensar qualquer proposta verdadeiramente comprometida com as futuras gerações. Considerando a dinâmica do mundo do trabalho, a utilização crescente de tecnologias que reduzem postos de trabalho no setor produtivo e a intensificação da crise social, é fundamental que a escola supere o discurso redutor de formação para o vestibular e coloque em tela os conhecimentos que possibilitem aos jovens a compreensão dessa realidade, para que possam atuar e exercer a sua cidadania.

¹ MORIN, Edgar (org.) *Religação dos Saberes - Jornadas temáticas, Paris 1998*. (Trad. Flávia Nascimento) Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 201, 588 p.

A primeira jornada, denominada *O mundo*, traz uma série de textos diretamente relacionados a física. Dentre estes, destaco a discussão feita por Jean-Marc Lévy-Leblond no texto: *É possível ensinar física moderna?*

Nesta perspectiva, colocamos a importância de se organizar o trabalho didático a partir de fontes que permitam a contextualização histórica, buscando elementos para compreensão dos conhecimentos especializados. Seja no âmbito de uma disciplina ou pela articulação de várias, é fundamental a compreensão dos problemas que dizem respeito à nossa época, pois se é verdade que a ciência incorporada nos avanços tecnológicos está bastante relacionada com estes, também é, para não abrir mão dos avanços da nossa civilização, uma alternativa para se fazer o enfrentamento. É oportuno frisar que a democracia coloca o imperativo do conhecimento.

Assim, é fundamental recuperar a conexão da ciência com outras atividades. Os atomistas gregos, além de especularem sobre a estrutura da matéria, derivam daí uma teoria mecânica da vida. Se de um lado Platão pensou em termos de uma sociedade ideal, o que está materializado em uma de suas obras clássicas, *República*; de outro, Aristóteles no seu texto *Política* denota preocupação com os problemas da sociedade do seu tempo. Portanto, as concepções, inclusive físicas, não podem ser desvinculadas da forma com que os pré-socráticos, os platônicos e os aristotélicos pensam a vida em sociedade.

Para Newton e outros físicos de sua época, o Firmamento proclamava a Glória de Deus, no entanto, sua obra produziu efeito muito diverso nos espíritos de Voltaire e outros pensadores iluministas. Se for correto que a *Origem das Espécies*, de Charles Darwin, teve importância fundamental para compreensão da evolução biológica, também é, que sua influência transcendeu os limites da biologia.

A recente revolução da Física abalou a prova do determinismo filosófico que a antiga síntese parecia exigir².

Nesta perspectiva, pretendemos nos limites deste texto, partindo do mundo antigo até o momento atual, sublinhar conhecimentos relevantes para serem tratados no âmbito de cada Unidade Temática. Posteriormente, conforme a organização deste documento, em cada Unidade faremos uma síntese sugerindo os conhecimentos e apresentando fontes onde eles poderão ser acessados.

Primeiramente, vamos recuperar o significado etimológico da palavra ciência. Esta vem do latim *scire*, que significa aprender, saber, e por isso deveria abranger todo tipo de conhecimento. Entretanto, a história mostra que esta palavra foi tendo contornos mais definidos. Hoje, há uma estreita relação entre ciência e tecnologia,

porém no mundo antigo, elas (arte e técnica) estavam separadas, o que é entendido a partir da forma de organização da sociedade dessas civilizações. Neste sentido pode-se falar que a ciência sempre esteve relacionada à invenção de instrumentos e implementos que permitiram ao homem ganhar a vida de maneira mais fácil e segura, e à busca de princípios que pudessem explicar o maravilhoso universo que os envolve.

A agricultura primitiva e as artes industriais, parece haver começado nas bacias dos grandes rios - o Nilo, o Eufrates, o Tigre e o Indo - sugerindo a analogia que também na China a primitiva civilização começou perto dos rios. O **Egito** divide-se em duas partes muito diferentes: o Delta, onde o Nilo encontra o mar através de pantanosas planuras de grande fertilidade, e o vale do alto Egito que se espalha por alguns quilômetros de largura na fossa através da qual o rio abre caminho entre as areias do deserto ocidental e as colinas rochosas da costa oriental.

De ambos os lados da fossa do Nilo, assim como em muitos pontos ao longo de seu comprimento, encontraram-se implementos paleolíticos que mostram haver a ocupação humana começado nos primeiros tempos geológicos. Veio então o homem neolítico com seus melhores instrumentos e o uso geral da arte da cerâmica. Algo de novo criou-se quando a argila mole ganhou forma pré-determinada e foi fixada pelo fogo.

O que temos aqui é algo mais do que adaptação, como no caso de armas de sílex ou púcaros de pedra, algo que significou realmente invenção e um longo passo no sentido da civilização.

Possuíam os egípcios grandes quantidades de conhecimentos médicos, encerrando diversos dos papiros conhecidos, de permeio com magia, notas ou tratados de medicina. O primeiro médico cujo nome sobreviveu é I-am-hotep, “aquele que vem em paz”; após a morte tornou-se um deus da medicina. O hábito de embalsamar os mortos levou naturalmente à anatomia e também à cirurgia, ilustradas já em relevos de 2500 antes de Cristo. Aumentou aos poucos o número das doenças tratadas racionalmente, mas as mentais continuaram a ser encaminhadas a exorcistas que, com amuletos e passes, se propunham expulsar os maus espíritos.

O antigo Egito fez grandes progressos nas artes técnicas. Ainda constitui maravilha a estupenda obra de construção das pirâmides e as ruínas dos templos de

² DAMPIER, William C. História da Ciência. Editora Ibrasa, 1986.

Karnak e Philae revelam alto mérito artístico. Esquadros, níveis e fios de prumo figuram entre os instrumentos encontrados. Usava-se a balança de travessão para pesar e descobriram-se muitos pesos, mas parece ter havido diferentes padrões em diversas partes do país. Já no século XII antes de Cristo se representava um tear, o que faz pensar que naquela época já se praticava a fiação.

Em resumo, no antigo Egito a ciência era serva das artes práticas, da economia doméstica, da indústria, da arquitetura e da medicina, mas teve considerável êxito nessa função. O Egito tinha grande influência em outras terras, especialmente em Creta, nos tempos minoanos, e depois na Grécia, onde sua ciência prática se sublimou numa busca pura do conhecimento.

Havia numerosas outras cidades, sendo uma das mais velhas Ur dos caldeus, de onde partiu Abraão em suas peregrinações. Os babilônicos se atinham à observação astronômica, que pode ser até 2000 a.C. por meio de registros encontrados em tabuinhas de argilas. A **Babilônia**, país dos rios Tigre e Eufrates, foi durante muito tempo uma gigantesca capital, hoje só restam ruínas.

No sexto século calculavam-se antecipadamente as posições relativas do Sol e da Lua, e fazia-se previsão dos eclipses. Baseado nesse conhecimento definido, edificou-se um fantástico esquema de astrologia, pois acreditava-se que as estrelas controlavam os negócios humanos.

Quanto à idade, a civilização da **China** aproxima-se do Egito e da Babilônica, mas a China vivia isolada e não teve contato anterior com estes países. Lendas existem, que vão até a 2700 a.C., mas os documentos históricos só aparecem por volta de 2000. Fina cerâmica e vasos de bronze encontram-se na era da dinastia Chang, de 1750 a 1125. Empregaram-se armas de ferro pela primeira vez por volta de 500 a.C., mais tarde do que na Europa. Em épocas ulteriores distinguiu-se a China pela invenção independente do papel e pela descoberta do ímã e de seu uso na bússola.³

A cultura **indiana** parece haver começado no vale do Indo, no terceiro milênio a.C.. O povo original, de pele escura, sofreu mistura do norte da Índia em conseqüência de uma incursão de invasores arianos que implantaram sua língua e sua civilização entre os primitivos habitantes. Já se achava em vigor uma notação decimal, e no terceiro século inventou-se o esquema de algarismos arábicos que

³ DAMPIER, William C., op. cit.

hoje utilizamos, assim chamados por ter o sistema chegado até nós por meio dos árabes.

A primitiva civilização do Mediterrâneo oriental tornou-se mais conhecida depois das pesquisas iniciadas por Sir Arthur Evans em Cnosso, **Creta**, berço e lar principal da cultura hoje denominada minoana, de Minos, o legendário rei de Creta. Em seus primórdios, a cultura minoana primitiva, parece contemporânea das dinastias I a VI do Egito; a cultura minoana média corresponde cronologicamente à décima segunda dinastia, ao passo que a minoana última corresponde à dinastia XVIII e pode ser colocada entre os anos 1600 e 1400 a.C.. Parece ter havido contínuo intercâmbio, comercial e de outras naturezas, entre os dois países.

Podemos, entretanto, procurar no continente um outro foco de cultura mediterrânea. Encontraram-se em micenas e perto dela ricas relíquias de uma civilização semelhante a de Creta.

Como já reconheceu Xenófanes no sexto século a.C., tenha ou não Deus feito o homem a sua imagem, certo é que o homem fez os deuses a sua. Os deuses da mitologia grega primeiro apareceram nos escritos de Homero e Hesíodo e, pelos temperamentos e ações desses pitorescos e, na maioria das vezes, amigos seres, podemos fazer idéia dos homens que os criaram e levaram para a **Grécia**. Esses homens diferem quanto aos costumes e às crenças dos minoanos e micenianos, e é provável que eles tenham sido os aqueus, que desceram de alguma parte da região setentrional.

A primeira escola de pensamento européia que admitiu ser o universo natural e explicável pela investigação racional foi a dos **filósofos naturais jônicos** da Ásia menor. Um dos mais antigos deles é Tales de Mileto (cerca de 580 a.C.), mercador, estadista, engenheiro, matemático e astrônomo. Dizem que Tales visitou o Egito e derivou, das regras empíricas lá vigentes para medição de terras, a ciência da geometria dedutiva.

Representava a Terra como disco chato, flutuando na água, em vez de assentar num fundo sólido e ilimitado e propôs a idéia de um ciclo que, começando no ar, na terra e na água, passaria pelo corpo das plantas e dos animais, terminando novamente no ar, na terra e na água. Anaximandro reconheceu que o firmamento gira em torno da estrela polar e deduziu que a abóbada celeste que vemos é apenas a metade de uma esfera completa, em cujo centro se acha a Terra, passando o Sol por baixo desta à noite.

Alguns, como Empédocles da Sicília, sustentavam a existência de quatro elementos – terra, água, ar e, ainda mais tênue, o fogo. Pela combinação dos quatro, formaram-se as várias qualidades de matéria. Empédocles demonstrava a natureza corpórea do ar mostrando que a água só pode penetrar num frasco à medida que o ar escapa.

A filosofia jônica foi levada a Atenas por Anaxágoras de Esmirna por volta de 460 a.C. Este fortaleceu a tendência mecânica da filosofia com a crença de que os corpos sólidos são da mesma natureza que a Terra, não sendo o Sol o suposto deus Hélios, mas uma pedra incandescente.

Os herdeiros intelectuais dos jônicos foram os **atomistas** – Leucipo, que fundou escola em Abdera, na Trácia, por volta do século quinto e Demócrito, nascido lá em 480 a.C.. Seus pontos de vista são conhecidos graças às referências encontradas em ulteriores autores, como Aristóteles, a obra de Epicuro (341 a 270), que levou para Atenas a teoria atômica, e o poema do romano Lucrecio, dois séculos mais tarde.

Ensinavam os atomistas que todas as coisas acontecem em consequência de uma causa, e necessariamente. Desenvolveram ainda mais o esforço jônico no sentido de explicar a matéria em termos de elementos mais simples. Seus átomos são substancialmente idênticos, porém divergem quanto ao tamanho e à forma; “fortes em sólida simplicidade”, sempre existiram e continuarão a existir.

Assim, as diferenças das propriedades dos corpos explicam-se pelas diferenças de tamanho, forma e movimento dos átomos. As aparências, tais como vistas pelos sentidos, não tem realidade: “por mera convenção existem o doce e o amargo, o frio e o quente, e ainda, por mera convenção, existe a cor. Na verdade, há átomos e vazio”.

Não obstante, os jônicos e os atomistas achavam-se mais perto de uma atitude científica do que algumas outras escolas dos tempos antigos. Procuravam, pelo menos, explicar o mundo de maneira racional. Contrastando com a filosofia racional e materialista dos jônicos e atomistas, encontramos sistemas de pensamento formulados, talvez diretamente a partir do Orfismo, por espíritos mais místicos. Um dos maiores e mais antigos desses homens foi Pitágoras, nascido em Samos, e que por volta de 530 a.C. mudou-se para o sul da Itália. Malgrado seu misticismo, foi matemático e experimentador, e em vista desta última atividade foi por Heráclito acusado da prática de “artes diabólicas”.

Foram os **pitagóricos** os primeiros a realçar a idéia abstrata de número, independentemente dos corpos realmente contados. Reforçou-se a idéia da importância do número quando experimentos com o som mostraram que eram os comprimentos das cordas que davam uma nota, o seu quinto e a sua oitava mantinham a razão simples de 6:4:3. A distância dos planetas em relação à Terra deve seguir uma progressão musical, tocando a “música das esferas”. Como $10 = 1 + 2 + 3 + 4$, dez era o número perfeito, devendo também ser esse o número das móveis luminárias celestes; e como só se viam nove delas, deveria haver nalguma parte uma invisível “contra-terra”.

Pitágoras e seus adeptos desenvolveram ainda mais a ciência da geometria dedutiva, e na verdade a quadragésima sétima proposição do primeiro livro de Euclides é conhecida como Teorema de Pitágoras. Embora a equivalente “regra da corda” para traçar um ângulo reto possa ter sido há muito conhecida no Egito, é provável que Pitágoras fosse o primeiro em provar dedutivamente, a partir de axiomas, que o quadrado da hipotenusa de um triângulo retângulo é igual à soma dos quadrados dos outros lados.⁴

Com Hipócrates (460-375 a.C.) atingiu o zênite a medicina grega. Mereceu ele o título de “Pai da Medicina” e possuía idéias preocupadas com as questões relativas à vida prática, a exemplo do que aconteceu no início da modernidade e que resultou no surgimento do pensamento científico. Apareceram a observação e a experimentação, assim como conclusões baseadas no raciocínio indutivo, ao mesmo tempo, que se descreviam precisamente muitas doenças e se indicavam tratamentos adequados.

Sócrates, pensador que teve grande influencia no pensamento grego, era antes de tudo um educador que usava o método dialético de perguntas e respostas para eliminar opiniões que julgava falsas e insinuar as que julgava verdadeiras, desmascarando com inimitável humor a ignorância, a estupidez e a pretensão onde quer que as encontrasse. Rejeitava o determinismo mecânico e, na verdade, todas as teorias dos físicos em conflito, sustentando que a busca do conhecimento da realidade, por eles empreendida, era fútil tentativa de transcender os limites da inteligência humana. Achava que o espírito era o único assunto digno de estudo; o verdadeiro eu não era o corpo, mas a alma e a vida interior. Com Sócrates a filosofia

⁴ DAMPIER, William C., op. cit.

grega inaugurou uma nova fase: o antropocentrismo. As idéias deste importante pensador foram registradas nos escritos de Xenofonte e Platão. Por suas idéias, este, foi acusado de liderar uma nova forma de ateísmo, sendo condenado a morte.

Aristóteles, entretanto, atribui a Sócrates dois feitos científicos: as definições universais e o raciocínio indutivo.

Platão (428-348 a.C.), discípulo de Sócrates, deduziu teorias da natureza a partir das necessidades e dos desejos humanos, e mostrou a influência das doutrinas pitagóricas de forma e número.

Cabe aqui um comentário entre a relação da ciência com a sociedade. Na antiguidade, colocava-se a existência de uma oposição entre a teoria e prática, mas paradoxalmente também pregava-se sua união. Pappus de Alexandria (séc. IV a.C.) fez um relato das artes mecânicas da antiguidade, destacando as seguintes técnicas com relação à sua utilidade para a vida: 1) A arte dos construtores de polias para levantar pesos. 2) A arte dos fabricantes de instrumentos de guerra, especialmente catapultas. 3) A arte dos fabricantes de máquinas, como as máquinas para elevar água. 4) Os criadores de maravilhas, como os dispositivos pneumáticos, flutuantes e relógios d'água.

Os arquitetos eram responsáveis não só pelo planejamento e construção de edifícios ou até cidades, mas também pelo desenho, construção e manutenção de dispositivos mecânicos de vários tipos, especialmente de guerra. As armas de guerra foram melhorando continuamente, usando o princípio de torção de fios.

Das cinco máquinas simples conhecidas no mundo antigo, quatro estavam em uso bem antes do séc. IV a.C.: a alavanca, a polia, a cunha e o sarilho. A quinta máquina, o parafuso, foi uma inovação do séc. III a.C., com Arquimedes, que a utilizou para elevar água, e com o seu uso em prensas no séc. I a.C. (A ciência grega, pg 18,19).

Aristóteles (384-322 a.C.), nascido em Estagira, na Calcídica, era filho do médico de Filipe, rei da Macedônia, e foi preceptor de Alexandre, o Grande. Foi o mais notável colecionador e sistematizador de conhecimento no mundo antigo e, até o Renascimento na Europa moderna, ninguém lhe igualou o conhecimento científico.

Como naturalista, Aristóteles deixou um grande legado à humanidade, o que é evidenciado por obras fundamentais, como a Investigação sobre os animais e a Reprodução dos animais. Aristóteles menciona quinhentos animais, alguns dos quais com diagramas baseados em dissecações. Descreveu o desenvolvimento do

embrião da galinha, distinguiu a formação do coração e observou-o bater ainda dentro do ovo. Quanto à classificação, percebeu que era conveniente utilizar o maior número possível de qualidades diferenciais para reunir os animais que maior número de relações tivessem entre si.

Aristóteles rejeitou a teoria atômica. Demócrito ensinava que no vácuo, os átomos mais pesados deveriam cair mais depressa que os leves. Aristóteles, igualmente destituído de prova, argumentava que no vácuo tudo deveria cair com a mesma velocidade, mas como tal é inconcebível, jamais poderia haver vácuo, sendo portanto falsa a teoria dos átomos que exige esse fato. Aristóteles aceitava a forma esférica da Terra, mais ainda colocava esta última no centro do Universo.

Também de Samos era **Aristarco** (310 – 230 a.C.), que usando a geometria euclidiana, desenvolveu um método simples, mas rigoroso de medição das distâncias do Sol e da Lua em relação à Terra⁵.

Chegamos agora a um dos maiores nomes da ciência grega, talvez até o maior, **Arquimedes** de Siracusa (287-212), que estabeleceu as fundações da mecânica e da hidrostática. O emprego da alavanca acha-se representado nas esculturas da Assíria e do Egito dois milênios antes de Arquimedes, mas, com a paixão grega pela dedução, Arquimedes deduziu a lei da alavanca a partir de axiomas que considerava evidentes por si mesmos: 1- Pesos iguais, colocados a distâncias iguais do ponto de suspensão, equilibram-se; e 2- Quando se colocam pesos iguais a distâncias diferentes, aquele que se encontra a maior distância, desce. Acham-se implicitamente contidos nesses axiomas a lei da alavanca e seu equivalente do centro de gravidade, mas convém provar de maneira formal a conexão.

Tornou-se clara para Arquimedes a idéia de densidade que, desconhecida de Aristóteles, não lhe permitiu achar o caminho certo. Segundo a historiografia, o Rei Híeron, tendo dado ouro aos artífices para que lhe fizessem uma coroa, desconfiou de haverem eles misturado prata, colocando este problema para Arquimedes. Pensando sobre a situação Arquimedes realizou experimentos e constatou que quando um corpo flutua num líquido, seu peso é igual ao do líquido deslocado e, quando submerso, seu peso diminui daquela quantidade. Este é “o princípio de Arquimedes”.

⁵ VALVERDE, J. M. (Texto básico) *Historia do Pensamento – Fascículo 11*. São Paulo: Nova Cultural, 1987.

Voltando a comentar sobre Aristarco, **Eratóstenes** de Cirene (284 – 192 a.C.), famoso bibliotecário de Alexandria, foi o continuador de sua obra, a quem se deve a primeira medição científica da circunferência da Terra⁶.

Eram os **romanos** muito eficientes como advogados, soldados e administradores, mas possuíam escasso poder criador intelectual. A arte, a ciência e a medicina de Roma eram tomadas de empréstimo dos gregos. Os romanos se dedicaram, principalmente, a retórica que no período de decadência, transformou-se em eloquência. (Veja o texto do Gilberto a respeito da relação entre Plano de Estudos e sociedade...) Em poucas gerações a ciência pura, e a seguir a aplicada, deixaram de progredir.

A fim de compreender por que durante mil anos a Europa pouco ou nada progrediu na ciência, precisamos entender como a sociedade estava organizada, pois, segundo Marx, não são as idéias que explicam os homens, mas a forma como os homens estão organizados socialmente é que explicam as idéias. A concepção marxista nega a supremacia das idéias, partindo de um ponto de vista materialista, isto é, as explicações para os fatos humanos devem ser baseadas na forma como os homens produzem e reproduzem a sua existência vivendo em sociedade.

Apesar da predominância de Aristóteles na pouca ciência que sobreviveu, a filosofia tomou outro curso. A escola de Platão na Academia de Atenas ensinava então um Neoplatonismo místico e o Platonismo, em sua forma neoplatônica mística, tornou-se a filosofia predominante nos primeiros anos da era cristã.

Ao lado das investigações dos filósofos, a mitologia clássica grega ainda representava a religião oficial, embora mostrando sinais de declínio. Ainda quando em seu auge, os muitos e variados cultos pagãos mostravam mútua tolerância, que a política do Império romano consagrou. Mas os primeiros cristãos, adotando a atitude exclusivista dos judeus, recusaram-se a acatar a frouxidão imperial, criando assim difícil situação para os governadores romanos, o que levou inevitavelmente à perseguição.

Quando o Cristianismo consolida-se como força de agregação da ordem feudal, ou até mesmo exercendo um importante papel de agente civilizatório, novas relações são estabelecidas e as fontes do pensamento grego são acomodadas ao pensamento teológico, para dar sentido ao modo feudal de produzir a vida. Na fase

⁶ VALVERDE, J. M. op. cit.

de consolidação desta nova ordem Santo Agostinho se apropria de Platão e, no apogeu do feudalismo, é Santo de Aquino que faz apropriação de idéias de Aristóteles.

Mais uma vez o motivo pessoal do pecado individual, da salvação ou da danação, assim como a perspectiva de um fim catastrófico do mundo próximo da segunda vinda de Cristo, substituiu o brilhante espírito grego e a severa alegria romana na Família e no Estado. Como disse Santo Ambrósio: “Discutir a natureza e a posição da Terra não nos auxilia em nossa esperança da vida futura.”. Assim, parte do mundo cristão passou a odiar realmente o ensinamento pagão.

Quando se infiltrou na Europa, a cultura árabe encontrou o caminho preparado. Em Constantinopla o Império Bizantino favoreceu a arte e a literatura nos séculos IX e X, colecionando e preservando muitos manuscritos gregos. Salerno formara uma escola, especialmente em medicina, e o estímulo dos sábios por Carlos Magno e Alfredo melhorara o ensino no norte, a tal ponto que as **escolas seculares** começaram a adquirir sua moderna **forma de universidades**.

Reviveram os estudos de direito em Bolonha perto do ano 1000, e logo se ajuntaram a medicina e a filosofia. Os assuntos acadêmicos de estudo consistiam num trivium elementar – gramática, retórica e dialética, que tratava do uso das palavras - e um quadrivium mais adiantado – aritmética, geometria, música e astronomia – que devia tratar das coisas. A música encerrava uma doutrina algo mística de números, a geometria era uma seleção de proposições, não demonstradas, de Euclides. Ao passo que a aritmética e a astronomia procuravam fixar, de maneira especial, a data da Páscoa. Quando mais tarde se estudou a filosofia, foi esta adicionada apenas como parte mais adiantada da dialética.

No século XIII um crescente desejo de conhecimento secular inspirou a tradução dos escritos gregos para o latim, a princípio através do árabe e depois diretamente do grego. Era o período da **Escolástica**.

Entre 1200 e 1225 recuperaram-se e traduziram-se para o latim as obras completas de Aristóteles, primeiro a partir de versões árabes e depois diretamente a partir do grego. **Roger Bacon**, nascido cerca de 1210 perto de Ilchester, em Somerset, estudou em Oxford. Interessava-se especialmente pela luz, possivelmente sob influência de Ibn-al-Haithan. Ele conhecia as leis da reflexão, descrevendo espelhos e lentes com os fatos gerais da refração, incluindo-se uma teoria do arco-íris. Inventou certos dispositivos mecânicos e descreveu ou previu

outros, como navios dotados de autopropulsão e mecanismos voadores. A investigação da causa eficiente, da matéria, do processo latente e do esquematismo latente (que dizem respeito ao curso comum e ordinário da natureza, não a leis fundamentais e eternas) constituiu a Física.⁸ Bacon teve incentivos e amparo do Papa Clemente IV, mas com a morte deste ficou privado de proteção e foi preso, sendo grande parte de sua obra esquecida. Na Idade Média, como vimos, muito trabalho se fez e perdeu, alguns sendo recuperados na transição para modernidade.

No período do **Renascimento**, encontramos **Leonardo da Vinci**, pintor, escultor, engenheiro, arquiteto, físico, biólogo e filósofo, revelando-se talentoso em todos esses assuntos. Para ele, o único método verdadeiro da ciência era a observação e a experimentação; as opiniões dos antigos escritores jamais poderiam ser decisivas, embora pudessem ser úteis como ponto de partida; os mais úteis de todos eram os escritos de Arquimedes, tendo Leonardo avidamente buscado os manuscritos de suas obras.

Leonardo aprendeu o princípio da inércia, segundo o qual “cada corpo tem um peso na direção de seu movimento”. Compreendeu a impossibilidade do movimento perpétuo como fonte de energia e daí deduziu a lei da alavanca, que para ele era a máquina primária. Recuperou os resultados de Arquimedes na hidrostática e também tratou da hidrodinâmica – o curso da água dentro de canais e a propagação de ondas na superfície dela – das ondas no ar e das leis do som, reconhecendo que a luz também mostrava algumas das propriedades das ondas. Porém, podemos afirmar que da Vinci era mais um projetista e idealizador do que propriamente um cientista, pois a maioria dos esboços de engenhos – carros de guerra, máquinas voadoras, tear mecânico etc. - não foram postos em prática, nem poderiam sê-lo, pois eram tecnicamente inviáveis.⁹

No período da **reforma**, Desiderius Erasmus, principal figura da Renascença no norte, atacou os males do analfabetismo monástico, dos abusos da Igreja e do pedantismo escolástico, procurando mostrar o que a Bíblia realmente dizia e queria dizer. Durante alguns anos, que culminaram no reino do Papa Leão X (1513 – 1521), o Vaticano foi centro vivo da cultura antiga. Mas a captura de Roma pelas tropas imperiais em 1527 quebrou essa vida intelectual e artística, e logo depois o Papado revogava sua política liberal e tornava-se obstáculo ao moderno conhecimento.

⁸ DAMPIER, William C., op. cit, p. 57

⁹ VALVERDE, J. M. (Texto básico) *Historia do Pensamento – Fascículo 18*. São Paulo: Nova Cultural, 1987.

A liberdade de pensamento teve de ser conseguida, em meio de muita tribulação, pelo árduo caminho aberto por Martinho Lutero.

O Renascimento marcou uma grande transformação em todas as áreas do conhecimento. Os séculos XV e XVI, que testemunharam essa revolução criativa, são os mesmos séculos das grandes navegações, que levaram à descoberta (ou invasão) da América e ao caminho das Índias, favorecendo a intensificação do comércio dessa época. A bússola, a pólvora, a orientação pelos astros através dos mapas celestes, que tinha em Copérnico, por exemplo, um exímio artífice, enfim, a investigação científica começava a encontrar um emprego que também podia dar lucro.

Niklas Koppernigk (1473 – 1543), cujo pai era polonês e cuja mãe era alemã, dedicava-se à astronomia e à matemática e tornou-se famoso sob o latinizado nome de Copernicus.

Segundo as idéias de Hiparco e Ptolomeu, geralmente aceitas, o cosmos tinha na Terra o centro de todas as coisas, que eram atraídas para ela pela gravidade, explicando-se os movimentos aparentes dos corpos celestes por sua série de ciclos e epí-ciclos. O sistema conformava-se ao pensamento de Aristóteles e até aos fatos, mas era desagradavelmente complicado. **Copérnico** após muitos estudos, descobriu, segundo Cícero, que Hicetas imaginava girasse a Terra em torno de seu próprio eixo; de acordo com Plutarco, outros haviam sustentado a mesma opinião ou até imaginado, como Aristarco, que a Terra se movia em torno do Sol. O 5º postulado de Copérnico comenta que “a revolução diária aparente do firmamento se deve ao fato de a Terra, como os demais planetas, girar em volta do Sol”¹². Apoiado nessa antiga autoridade, verificou Copérnico que todos os fenômenos eram facilmente explicados e tão ligados uns aos outros, que nada se podia alterar sem confundir todo o sistema. “Daí, por essa razão”, diz ele, “segui esse sistema”.

O Renascimento foi caracterizado por profundas transformações ocorridas na vida e na visão de mundo do homem europeu. Os horizontes geográficos alargaram-se com o desenvolvimento da arte da navegação e as conseqüentes descobertas do caminho marítimo para as Índias, do continente americano e do circuito para uma volta completa pelo mundo. A classe social dos burgueses floresceu, as cidades

¹² NETO, Afonso H.G. *Copérnico*. São Paulo: Editora Três, 1973, p. 74.

dedicadas ao comércio internacional enriqueceram e a economia européia deixou de gravitar dentro das limitações dos feudos medievais.

Nesta época nasce **Giordano Bruno** (1548), durante dez anos viveu num convento até doutorar-se em teologia em 1575. Nesse período estudou avidamente quase toda a filosofia grega e medieval e a cabala judaica, deixando-se impressionar particularmente pelo “onisciente Lúlio” e pelo “magnânimo Copérnico”. Esses estudos acabaram por afastar Bruno da ortodoxia católica e motivaram constantes censuras e admoestações dos superiores. Afinal, foi processado por heresia.

Giordano Bruno vê o Universo como um sistema em permanente transformação, no qual, como já afirmava Heráclito de Éfeso o mundo não é, como pretendia o aristotelismo - filosofia que simboliza, segundo Bruno, tudo que é morto e seco no universo -, uma estrutura hierarquizada na qual o movimento (atualização de um potência) seria comandado, em última instância, pelo estático (o ato puro do imóvel primeiro motor). Ao contrário, o Universo seria um todo no qual nada é imóvel, nem mesmo a Terra, como afirma a antiga religião dos egípcios e Copérnico viera confirmar com seu heliocentrismo.¹³

A teoria de Copérnico, só lentamente abriu caminho e só se tornou amplamente conhecida quando **Galileu**, utilizando o recém inventado telescópio, revelou os satélites de Júpiter, um sistema solar em miniatura.

Mas em 1616 o Papado alarmara-se. Galileu sofreu censura e a teoria foi condenada como “falsa e completamente oposta à Sagrada Escritura” embora pudesse ser ensinada como simples hipótese matemática. Mas acima de tudo a sua contribuição foi no mínimo estrutural para toda a ciência física, pois anos antes, em 1593, Galileu havia inventado uma bomba para fazer subir a água e escrito um tratado de fortificações e em 1597, inventa o compasso geométrico e militar, que produz em larga escala. A sua obra “As duas novas ciências” é um tratado à mecânica.¹⁴

A precisão da observação astronômica, especialmente dos movimentos planetários, foi muito aperfeiçoada por **Tycho Brahe**, nobre dinamarquês de Copenhagen (1546 – 1601). No ano antes de sua morte a ele se associou **Johannes Kepler** (1571 – 1630), a quem legou sua exclusiva coleção de dados.

¹³ BRUNO, Giordano. In: Bruno, G. & Vico, G. B. *Os pensadores*. São Paulo: Abril Cultural, 1988, p XI

¹⁴ GALILEI, Galileu. *As duas novas ciências*. São Paulo: Nova Stella, 1987, p. XII.

William Gilbert, de Colchester (1540 – 1603), membro do Saint John's College, de Cambridge e depois presidente do College of Physics, apresentou em seu livro *De Magnete* todos os fatos conhecidos a respeito do magnetismo, ajuntando muitas observações originais. A agulha magnética, descoberta pelos chineses no século XI, foi logo usada pelos navegadores maometanos e apareceu na Europa um século após sua descoberta.

Gilbert investigou as forças entre os imãs e mostrou que um imã, quando livremente suspenso, além de se orientar na direção norte-sul, mergulha, na Inglaterra, com o pólo norte para baixo, formando ângulo que depende da latitude. Concluiu que a Terra era, por si mesma, um imã cujos pólos coincidiam aproximadamente, mas não totalmente, com os pólos geográficos.

Próximo a esta época, outro grande pensador e cientista, **Renée Descartes**, realizou estudos sobre a refração e explicou que esse fenômeno se devia à aceleração sofrida pela luz ao incidir sobre um material.¹⁵

Ainda hoje admite-se seja **Isaac Newton** (1642 – 1727), portador do mais ilustre nome no longo elenco da ciência. Nascido em Woolsthorpe, Lincolnshire, no dia de Natal de 1642, o mesmo ano em que morreu Galileu, entrou para o Trinity College, Cambridge, em 1661, e acompanhou as conferências matemáticas de Isaac Barrow. Foi eleito Scholar do College em 1664 e Fellow em 1667. Em 1665 e no ano seguinte, tangido para Woolsthorpe pela peste que grassava em Cambridge, passou a meditar sobre problemas planetários.

A obra de Galileu mostrara a necessidade de uma força que agisse na direção do Sol para manter os planetas em suas órbitas. Diz-se que Newton descobriu a pista enquanto ociosamente observava a queda de uma maçã no pomar de Woolsthorpe. Meditou sobre a causa da queda e a distância que atingiria a aparente atração da Terra pela maçã: por acaso atingiria a Lua, explicando a queda contínua daquele corpo na direção da Terra, fora de uma trajetória reta?

Da terceira lei de Kepler, Newton deduziu que as forças que mantêm os planetas em suas órbitas devem ser, aproximadamente pelo menos, inversamente proporcionais aos quadrados de suas distâncias em relação ao centro em torno do qual giram, e então comparou a força necessária para manter a Lua em sua órbita com a da gravidade na superfície da Terra, verificando, segundo diz: “que elas respondiam muito aproximadamente”. Sempre avesso à publicação, não se moveu

no sentido de tornar conhecida sua descoberta: “responder muito aproximadamente” talvez não lhe parecesse satisfatório.

Só em 1685, provou matematicamente que uma esfera uniforme de matéria gravitante atrai corpos fora dela como se toda a sua massa estivesse concentrada no centro. Assim se justificava a simplificação segundo a qual o Sol, os planetas, a Terra e a Lua eram tomados como pontos maciços.

Estava aberto o caminho que permitiria a Newton tratar de seu velho problema da maçã e da Lua. Utilizando uma nova medida do tamanho da Terra, obteve concordância dentro de estreitos limites, ficando completa a prova da identidade: devem-se a uma e mesma ignota causa, a familiar queda de uma maçã ao chão e o majestoso percurso da Lua em sua órbita.

Nesse entretempo a questão da gravidade achava-se submetida a discussão geral, especialmente na Royal Society. Se as órbitas planetárias, que na realidade são elipses, forem consideradas como círculos, segue-se dos resultados de Huygens e da terceira lei de Kepler que a força deve ser inversamente proporcional ao quadrado da distância. Mas as trajetórias reais são elipses e não havia em Londres, aparentemente, quem fosse capaz de resolver o problema que se apresentava. Halley, em vista disso, foi procurar Newton em Cambridge e verificou que ele já resolvera a questão dois anos antes, tendo, porém perdido as notas que redigira. Não obstante, elaborou outra solução e mandou-a a Halley. Instado por Halley, que pagou a publicação, Newton escreveu sua obra, que em 1687 apareceu sob o título de “*Mathematical Principles of Natural Philosophy*”, considerando um dos maiores textos da história da ciência.

Newton desenvolveu o método de investigação científica de Galileu. Adiando a indagação relativa ao porquê da ocorrência das coisas, concentra-se no problema do como. Vê-se isto claramente em seu trabalho sobre a gravidade. Embora se diga freqüentemente que Newton estabeleceu a “ação à distância”, na verdade, ele considerava absurda essa idéia. Demonstrou que os corpos se movem como se as partículas se atraíssem entre si, mas claramente e muitas vezes afirmou não saber por que, ou por qual mecanismo, a gravidade atua. Este é um outro problema que surge em fase ulterior da investigação Newton também definiu que a quantidade de movimento é a medida do mesmo, provinda conjuntamente da velocidade e da

¹⁵ VALVERDE, J. M. (Texto básico) *Historia do Pensamento – Fascículo 25*. São Paulo: Nova Cultural, 1987

quantidade de matéria.¹⁷ Já no século XVIII, ocorre no meio científico, uma controvérsia sobre Newton e Leibnitz, a respeito de prioridade, que acabou causando uma infeliz separação entre os matemáticos ingleses e continentais. Os ingleses, baseados na geometria ou no método das fluxões de Newton, fizeram relativamente pouco no sentido de desenvolver o cálculo diferencial e suas conseqüências, que foram ampliadas fora da Inglaterra por Bernoulli, Euler e outros. Obtiveram-se na Inglaterra, entretanto, resultados úteis no desenvolvimento de certas séries matemáticas, com Taylor e Maclaurin.

Maupertuis foi quem, de maneira especial, difundiu na França a obra de Newton, da qual Voltaire escreveu resumo popular. Durante algum tempo a França serviu de principal centro de atividade científica. Lagrange (1736 – 1813) criou o cálculo das variações e sistematizou o assunto das equações diferenciais – trabalho que se revelou útil na solução de problemas físicos e astronômicos.

O sistema newtoniano foi desenvolvido por Pierre Simon Laplace (1749 – 1827) que, começando como filho de um estalajadeiro, habilmente ascendeu ao título de marquês da Restauração. Tratou os problemas de atração pelo método da Lagrange e demonstrou que o sistema solar era estável, sendo apenas temporárias, e corrigindo-se automaticamente, as perturbações de um planeta devidas a outros planetas ou a cometas.¹⁶

A mais importante invenção prática do século XVIII foi a **máquina a vapor**, que no século seguinte revolucionou o transporte e, conseqüentemente a produção. A máquina a vapor, indiscutivelmente uma resposta do homem às necessidades desse período, foi produzida e aperfeiçoada por métodos empíricos, não se podendo pretender que sua invenção haja decorrido da aplicação de princípios científicos. Deve-se a **Newcomen** a primeira máquina a vapor estacionária; foi melhorada por Smeaton e usada principalmente para acionar bombas nas minas de Cornish. O principal inconveniente dos modelos primitivos estava no desperdício que o resfriamento do cilindro de vapor importava a cada tempo, só se tornando razoavelmente eficiente quando **James Watt**, em 1777, usou um cilindro de condensação separado, mantido sempre frio, e logo depois converteu o movimento linear em rotatório por um eixo de manivelas. Diversos barcos com rodas de pás renunciaram os vapores do século seguinte. O transporte terrestre tornou-se mais

¹⁷ NEWTON, Isaac. Os pensadores. Editora Nova cultural, 1988.

eficiente graças às melhores estradas, nas quais carruagens rápidas e vagões bem feitos substituíam os cavalos de sela dos tempos primitivos. Cabe ressaltar que, se num primeiro momento a máquina surge por procedimentos empíricos, o aperfeiçoamento decorre da aplicação de princípios científicos.

Também no século XVIII, Charles Augustin de **Coulomb** realizou uma série de medidas cuidadosas das forças entre duas cargas pontuais, usando uma balança de torção. Através destas medidas, Coulomb chegou a algumas conclusões, válidas tanto para forças de atração quanto de repulsão.

Deve-se procurar na mudança da posição relativa da ciência e da indústria a principal diferença entre o século XIX e os que o precederam, pelo menos no que se refere ao nosso enfoque. Até então a invenção e outros melhoramentos nas artes da vida haviam decorrido em sua maior parte independentemente da ciência, ou tinham marcado o compasso que a ciência deveria seguir ou apresentado problemas que ela devesse resolver. São poucos os casos em que a ciência caminhou à frente, seguida pela prática, como ocorreu, por exemplo, com os melhoramentos relativos à navegação.

No século XIX tornam-se eles, todavia, numerosos. O conhecimento científico da eletricidade levou ao telégrafo elétrico, as experiências de **Faraday** sobre o eletromagnetismo conduziram ao dínamo e à grande indústria da engenharia elétrica, e as **equações eletromagnéticas de Maxwell**, após experiência de cinquenta anos, deram origem à telefonia sem fio, à transmissão pelo rádio e ao radar.

A partir de 1895 os **raios-X, os elétrons, os quanta e a relatividade** provocaram completa revolução na ciência física. Tornou-se claro que a física newtoniana e a do século XIX só eram válidas dentro de determinados limites de tamanho e velocidade; abaixo das dimensões atômicas e em velocidades próximas das da luz as primeiras idéias falhavam, impondo-se generalização mais ampla, em que o esquema antigo surgisse como um caso especial, aplicável a fenômenos de grande escala e a massas de movimento lento.

Voltando um pouco no tempo entre 1840 a 1850 **James Prescott Joule** (1818 – 1889) andou empenhado em medir experimentalmente o calor libertado pelo trabalho mecânico e elétrico. Verificou que, qualquer que fosse o trabalho feito, a realização da mesma quantidade de trabalho produzia a mesma quantidade de

¹⁶ DAMPIER, William C. op. cit.

calor. Para aquecer cerca de uma libra de água de modo que sua temperatura subisse de um grau Fahrenheit, tornavam-se necessários 772 pés-libras de trabalho – número depois corrigido para 778.

Em 1824, **Sadi Carnot**, filho do “Organizador da Vitória” na França Republicana, imaginou o mais simples caso ideal – uma máquina sem atrito em que não haja perda de calor por condução, etc. Deve-se supor que a máquina realiza um ciclo completo, de modo que a substância que a faz funcionar – vapor, ar ou qualquer outra – é levada de volta a seu estado inicial. Ampliou-se naturalmente o estudo do calor e da energia a fim de elucidar as leis das máquinas térmicas (**Termodinâmica**).

Thomas Young (1773 – 1829) venceu algumas das dificuldades na maneira de encarar a luz como ondas num éter. Estudou as faixas coloridas ou claras e escuras produzidas pela interferência de duas partes embricadas de um feixe luminoso que atravessa dois mínimos orifícios feitos num anteparo. Se uma parte tem de percorrer mais de uma onda e meia do que outra, a crista de uma onda coincidirá com a depressão da seguinte e a onda será destruída ali.

Voltando ao estudo da estrutura atômica; considerando-se que, os elétrons do átomo girassem em órbitas planetárias newtonianas, emitiriam energia radiante e a órbita se contrairia com conseqüente aceleração do período de rotação e da freqüência das ondas emitidas. Existiriam átomos em todas as fases e por isso em todos os espectros se deveria encontrar radiação de todas as freqüências, em vez de radiação de umas poucas freqüências, como ocorre nos espectros de linha de muitos elementos químicos.

Para enfrentar essas dificuldades **Planck** em 1901 imaginou uma teoria dos quanta, segundo a qual a radiação não é contínua, mas emitida em borbotões, existindo, como a matéria, tão somente em unidades indivisíveis ou átomos, nem todos de igual tamanho, mas de tamanhos proporcionais à freqüência da radiação.

A radiação ultravioleta de alta freqüência só pode irradiar quando dispõe de grande quantidade de energia, de sorte que é pequena a probabilidade de se irradiarem muitas unidades, sendo também pequena a quantidade total. Por outro lado, as radiações infravermelhas, de baixa freqüência, possuem unidades pequenas, cuja emissão é favorecida pelo acaso, mas cujo total irradiado volta a ser pequeno por serem elas pequenas. Em algumas áreas especiais de freqüência intermediária, em que a unidade é de tamanho intermediário, as probabilidades

podem ser favoráveis a uma emissão máxima de energia. Assim, a teoria quântica, como muitos outros problemas físicos e químicos, é um exercício de probabilidades.

Em 1923 **Compton** apresentou a idéia de uma unidade de radiação comparável ao elétron e ao próton. Deu-lhe o nome de fóton. O quantum de energia E é proporcional à frequência ν . Então, $E = h\nu$, onde h é a constante de Planck.

Mas em 1925 **Heisenberg** concebeu uma nova teoria da mecânica quântica baseada apenas nas frequências e amplitudes da radiação emitida e nos níveis de energia do sistema atômico. A teoria trata das linhas principais do espectro de hidrogênio e a influência que sobre ele exercem os campos elétrico e magnético.

Em 1926 **Schroedinger** desenvolveu um trabalho de Broglie sobre altos quanta. Tomando partículas materiais como sistemas ondulatórios, obteve equações matematicamente semelhantes às de Heisenberg.

A velocidade de uma onda isolada não é a mesma de um grupo de ondas, que se nos apresenta como partícula, enquanto as frequências se manifestam como energias.

Em 1905 **Albert Einstein** mostrou que as idéias de espaço e tempo absolutos são conceitos puramente metafísicos que não decorrem necessariamente das observações e dos experimentos da física. A contração de Fitzgerald seria invisível a quem se deslocasse com a régua e sofresse as alterações correspondentes, mas poderia ser observável por um observador que se movesse diferentemente.

O tempo e o espaço não são, pois, absolutos, mas relativos ao observador, e de tal modo, que a luz sempre caminha com a mesma velocidade em relação a qualquer observador. A massa de um corpo em movimento aumentará na mesma proporção em que seu comprimento diminui no sentido do movimento. Segundo o princípio da relatividade, a massa e a energia são equivalentes, sendo a massa m , quando expressa em energia, mc^2 . Também está de acordo com a teoria das ondas de Maxwell, que possuem momentum igual a E/c , onde E é sua energia. Sendo mc o momentum, obtemos finalmente $E = mc^2$.

São relativos ao observador; pois, o espaço e o tempo. Mas em 1908 Minkowski mostrou que o espaço e o tempo se compensam mutuamente, de modo que uma combinação dos dois, em que o tempo é uma quarta dimensão, relativa a três do espaço, é a mesma para todos os observadores. Outras quantidades que permanecem absolutas são o número, a entropia termodinâmica e a ação, aquele

produto da energia pelo tempo que nos dá o quantum. Na física reversível os eventos podem ocorrer em ambos os sentidos, mas na segunda lei da termodinâmica e no aumento irreversível da entropia de um sistema isolado na direção de um máximo, encontramos um processo físico que só pode desenvolver-se num sentido, como a marcha implacável do tempo no espírito humano. A teoria da relatividade restrita se originou das equações do campo eletromagnético de Maxwell. Por outro lado, este último só pode ser compreendido de modo satisfatório por meio da teoria da relatividade restrita.¹⁸

No espaço-tempo de Minkowski existem trajetórias naturais como as trajetórias retas dos corpos que se movem livremente no espaço tridimensional. Como um projétil cai sobre a Terra e os planetas giram em torno do Sol, vemos que perto da matéria essas trajetórias naturais devem encurvar-se, o que significa também que deve haver uma curvatura no espaço-tempo. Os cálculos mostram que as conseqüências desta teoria são as mesmas que as de Newton em relação à ordem comum de precisão da observação. Mas em um ou dois casos é possível imaginar um experimento crucial. A deflexão de um raio de luz pelo Sol é duas vezes maior na teoria de Einstein do que na de Newton.

Durante o eclipse de 1919 Sir Arthur Eddington (1882 – 1944), no Golfo de Guiné, fotografou a imagem de uma estrela que se achava logo para fora do disco solar. Comparada com estrelas mais distanciadas do Sol, a imagem da estrela próxima achava-se deslocada de uma extensão exatamente igual à prevista por Einstein. Em segundo lugar, a discrepância de 42 segundos de arco por século na órbita de Mercúrio, não explicada pela teoria de Newton, foi solucionada por Einstein, que calculou uma alteração de 43 segundos de arco.

Da metade do século passado em diante, a disputa das super potências pelo controle tecnológico e a corrida à Lua fez com que a física do estado sólido se desenvolvesse, caminhando rumo aos microcomponentes, conduzindo o computador que ocupava uma sala a ocupar uma mesa ou até menos; fazendo hoje parte integrante e indispensável de nossas vidas. Na década de 1940 e, novamente na década de 1960, a Física Quântica deu duas enormes contribuições à tecnologia: o **transistor** e o **laser**. A primeira contribuição estimulou o crescimento da **microeletrônica**, que trata das interações (em nível quântico) entre os elétrons e a

¹⁸ EINSTEIN, Albert. *Notas autobiográficas*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1982, p. 63

matéria macroscópica. O laser está abrindo caminho para um novo campo, denominado **fotônica**, que trata das interações (novamente em nível quântico) entre os fótons e a matéria macroscópica.

A possibilidade de redução dos componentes de rádios, calculadoras, televisores e muitos outros aparelhos, deve-se muito ao desenvolvimento dessas tecnologias.

Assim, se em outras civilizações é preciso um esforço para desvelar a relação entre ciência e sociedade, nesta fase da sociedade capitalista esta relação se coloca mais claramente. A ciência, incorporada em diversas tecnologias, faz parte da vida e está relacionada com os problemas fundamentais do nosso tempo, sendo imprescindível uma compreensão mais radical dessa situação para que a ciência seja vista como uma conquista civilizatória e colocada a serviço do homem para o enfrentamento dos problemas do nosso tempo.

SUBSÍDIOS PARA PENSAR A QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO

Prof^a. Dra. Rozanna Marques Muzzi
UCDB/UEMS

“... Ela (a filosofia natural) é a própria base de toda e qualquer ciência que visa o estudo da natureza. E os conhecimentos que ela proporciona devem ser distribuídos a todos, ao povo em geral. São noções muito preciosas para serem desconhecidas pela maioria, para serem bagagem científica e cultural de poucas pessoas...”.

John Dalton, o “pai da química”, ao seu irmão Jonathan Dalton.

Estabelecer um Currículo Referencial para a área de Química no Ensino Médio passa, invariavelmente, pela necessidade de fornecer ao jovem estudante o conhecimento e o embasamento cultural suficientes, não somente para vencer os desafios impostos pela sociedade do capital, mas, principalmente para que esse conhecimento lhe permita maior controle da sua existência e cidadania.

Nos limites deste texto, vamos sugerir conhecimentos relevantes no âmbito da química que, uma vez acessados, poderão contribuir para este embasamento. Em consonância com as demais disciplinas da área, isto será feito tendo como base o contexto em que estes conhecimentos foram produzidos, ou seja, serão organizados a partir das Unidades Temáticas. Cabe frisar que retomar o contexto do Mundo Antigo, das Civilizações Grega e Romana, e do Mundo Medieval será de suma importância para estudos das Unidades colocadas na Modernidade.

Sob o ponto de vista da Química, a evolução científico-tecnológica da Humanidade Antiga pode ser analisada à luz dos conhecimentos adquiridos com a investigação da matéria. Esse tema, origem de toda investigação no campo da Química, traz consigo a bagagem de conhecimentos acumulados desde os tempos primitivos até a modernidade, fortemente influenciada ou moldada pelas condições materiais de cada época.

O homem, no contexto da evolução de sua história, sempre foi capaz de dar as respostas para as necessidades criadas pela vida em sociedade. Na história primitiva, quando a existência da pequena comunidade de *Homo sapiens* estava ameaçada de extinção, o homem buscou as condições necessárias para vencer o desafio de “existir”. Tais condições, por sua vez, sempre estavam intimamente relacionadas às pequenas, mas significativas, conquistas de técnicas capazes de adaptar o meio natural às suas necessidades de sobrevivência.

O simples ato de forjar utensílios, de dominar a utilização do fogo de nada adiantariam sem o despertar da consciência humana, que permitiu ao homem não somente preparar alimentos ou mesmo armas e demais utensílios, mas também concebê-los, moldá-**los** e aprimorá-los de forma a garantir melhores condições de sobrevivência. Estes avanços estão diretamente ligados à produção da vida material.

A transformação da matéria desde a antiguidade, cujos estudos são o foco central desta ciência, só foi possível com o desenvolvimento das técnicas primitivas.

O fogo, tão somente usado desde a sua descoberta para atender necessidades primárias, como a preparação de alimentos ou defesa da comunidade começou, no sexto milênio a.C., a soprar dos foles das forjas para transformar minerais em metais. Os minerais, por sua vez, eram usados tão

somente na sua forma nativa para a fabricação de armas e tintas presentes nos registros em cavernas.

Da evolução do conhecimento adquirido pela civilização, emergem os parteiros, curandeiros, mineiros, ferreiros e tantos outros artesãos que possuíam o domínio das técnicas, ainda arcaicas, próprias de cada ofício.

Nesse sentido, uma das primeiras experimentações em Química foi no campo da Metalurgia. Esta temática engloba conhecimentos, como os estados físicos da matéria, reações de substâncias inorgânicas, conceitos de sais e óxidos, corrosão, procedimentos industriais, dentre outros, que podem ser explorados no Ensino Médio, dentro da visão da sociedade arcaica e, num crescente, chegar até a manipulação de tais substâncias nos dias atuais.

A experiência das primeiras aldeias já envolvia o uso controlado de calor na queima da cerâmica e preparação de alimentos em fornos e, da combinação da matéria prima e da tecnologia surgiu o meio adequado para as primeiras experimentações em metalurgia. As operações da metalurgia antecederam a escrita e a invenção da roda. São datados de 7000 a.C. os primeiros experimentos com minério de cobre na Anatólia.

A técnica de extração de ouro, um dos primeiros metais a ser obtido, ainda hoje permanece essencialmente a mesma que há milênios, ou seja, o metal é obtido pela ação transformadora do fogo a partir de seus minérios.

Outros metais, como o ferro, passaram por iguais procedimentos na antiguidade que ainda hoje são utilizados. O bronze, uma liga de cobre e estanho, em 5000 a.C. era obtido na sua forma nativa, passando a ser usado na Tailândia por volta de 3000 a.C., idade que coincide com a obtenção do ferro a partir de seus óxidos minerais. Segundo VANIN *“Esses feitos químicos são tão importantes que, até pouco tempo atrás, eram utilizados para classificar o desenvolvimento do homem em três períodos: a Idade do Cobre (anterior a 3000 a.C.), do Bronze (de 3000 a.C. 1100 a. C) e a do Ferro (de 1100 a.C em diante)”*¹.

É importante registrar que a experiência de trabalhar o cobre levou ao conhecimento das propriedades de outros materiais.

As técnicas de fundição dos minerais até a era Cristã permitiram a produção de ligas metálicas, um dos progressos das operações metalúrgicas que envolvem a mistura de tipos diferentes de metal. Seu emprego imediato na fabricação de ferramentas, armas, utensílios e cunhagem de moedas fortaleceu os impérios, culminando na sua expansão e aumento de poder dos imperadores. Os egípcios eram muito hábeis nos trabalhos com ouro, como se pode ver nas magníficas máscaras e adornos mortuários dos faraós, sendo a mais famosa a de Tutankamon (1352 a.C.).

No primeiro século do Cristianismo os procedimentos de fundição dos minerais foram aprimorados e aplicados na obtenção de utensílios moldados em vidro, conforme se pode ver nos escritos bíblicos de Revelações.

¹ VANIN, José Atílio. *Alquimistas e Químicos (Coleção Polêmica) São Paulo: Moderna, 1995, p. 10*

O período magno do pensamento chinês, 350-200 a.C., foi caracterizado pela formação das escolas taoísta, legalista e confucionista. Não coincidentemente foram registradas neste período as primeiras descobertas científicas, visto que este foi um dos momentos em que mais se valorizou o conhecimento da natureza no mundo antigo.

A exploração desses temas baseado em experimentações relativamente simples, como produção de diferentes padrões de tintas, através de rochas e terras moídas ou extratos vegetais pode resultar numa forma bastante eficiente de introdução do aluno do ensino médio no estudo preliminar da investigação da matéria. Experimentações com metais ou outros materiais como papel, resinas, cerâmica, também podem ser incluídos.

Um dos pontos mais importante a ser explorado na temática Humanidade Antiga é o estudo da matéria sob a perspectiva do surgimento e evolução das Civilizações Grega e Romana.

No século XII a.C. os dórios invadem a Grécia, destruindo a civilização micênica com sua estrutura de base agrária. Forçados a emigrar para as ilhas e Ásia Menor, os aqueus fundam cidades como Mileto e Éfeso, com atividades econômicas centradas na navegação, no comércio e no artesanato.

A valorização das individualidades é fruto de uma nova mentalidade emergente nas cidades-estado, devido às novas condições de vida nas colônias gregas.

A adoção do regime monetário no século VII a.C. permite o fortalecimento econômico e social de comerciantes, navegadores e artesãos, fator decisivo na decadência da organização social aristocrática.

Assim, essa nova organização das cidades-estado aponta para a necessidade da expansão das técnicas, incluindo a compreensão, o domínio, a reprodutibilidade e a possibilidade de transferência de conhecimento. O século VI a.C. é, portanto, marcado pela manifestação do pensamento racional, desprovido de misticismo, mas imbuído de realidades. É nesta atmosfera que se dá o surgimento da ciência teórica e das bases da filosofia, propostas pela escola de Mileto.

Dos pensamentos produzidos por essa escola, podemos destacar, a contribuição dos filósofos gregos que contribuíram para a formação do conhecimento que embasou a investigação acerca da teoria atômica e influenciou no desenvolvimento da química moderna.

Segundo a tradição filosófica, Tales de Mileto (640-546 a.C.) é o primeiro físico grego ou investigador das coisas da natureza. De suas idéias, como dos demais pré-socráticos, pouco se conhece. Dentre o legado dos doxógrafos cabe destacar a idéia que coloca **a água como o princípio de todas as coisas**. Com Nietzsche a crítica moderna enfatiza a importância destas idéias:

A filosofia grega parece começar com uma idéia absurda, com a proposição: a água é a origem e a matriz de *todas* as coisas. Será mesmo necessário deter-nos nela e levá-la a sério? Sim, e por três razões: em primeiro lugar porque enuncia algo sobre a origem das coisas; em segundo lugar porque o faz sem imagem e fabulações e, enfim, em terceiro lugar porque nela, embora apenas em estado de crisálida está contido o pensamento: "Tudo é um".²

² OS PRÉ-SOCRÁTICOS. *Os pensadores*. São Paulo: Nova Cultural, 1999, p. 43.

Anaximandro (610-547 a.C.), discípulo e sucessor de Tales, foi o primeiro a introduzir o termo princípio e dentre os que afirmam *que há um só princípio móvel e ilimitado*, disse que: *o apeíron (ilimitado) era o princípio e o elemento das coisas existentes*. Aristóteles, recuperando as suas idéias coloca que:

Pois tudo ou é princípio ou procede de um princípio, mas do ilimitado não há princípio: se houvesse, seria seu limite. E ainda: sendo princípio, deve também ser não-engendrado e o indestrutível, porque o que foi gerado necessariamente tem fim e há um término para toda destruição.³

Para Anaxímenes (585-528 a.C.), também defensor de princípio único, ***o universo resulta das transformações do ar infinito***. O Ar infinito seria ***o pneuma apeíron***. ***Todas as*** coisas seriam produzidas pelo duplo processo mecânico de rarefação e condensação de ar infinito. *“Diferencia-se nas substâncias, por rarefação e condensação. Rarefazendo-se, torna-se fogo; condensando, vento, depois nuvem, e ainda mais, água, depois terra, depois pedras, e as demais coisas (provêm) destas”*.⁴ Anaxímenes, último representante da escola de Mileto, identifica qual a *physis*, que permitia, então, a compreensão da passagem da unidade primordial à diversidade das coisas que compõem o universo.

Essas primeiras visões da constituição do universo são variações do monismo corporalista, que incluem os vários tipos de *physis*: água, ar, ou mesmo a visão pitagórica da unidade numérica.

A instauração da democracia nas cidades-estado tornou evidentes as conseqüências do apego às idéias do monismo corporalista. Era necessária a revalorização da multiplicidade e do movimento e, assim, o monismo foi substituído pelo pluralismo. A isonomia ou igualdade perante a lei era a marca da nova polis democrática. Neste contexto, surge a teoria das quatro raízes.

Para Empédocles (490-435 a.C.) há somente mistura e dissociação dos componentes da mistura. O universo pode ser entendido como o resultado de quatro raízes: água, ar, terra e fogo. Há isonomia entre as raízes, nenhuma é mais importante que outra e todas são eternas e imutáveis. A diversidade vem da mistura das raízes em diferentes proporções. O Amor e o Ódio – fluidos-forças, regidas pelo mesmo princípio de igualdade: a força de atração e repulsão entre as raízes. A compensação cíclica das ações de Amor e Ódio faria o equilíbrio relativo entre as forças do universo e a conservação de sua energia. Aristóteles, defensor da teoria dos quatro elementos diz: *“Não há nascimento para nenhuma das coisas mortais; não há fim pela morte funesta; há somente mistura e dissociação dos componentes da mistura. O nascimento é apenas um nome dado a esse fato pelos homens”*.⁵

Anaxágoras (500-428 a.C.) foi o primeiro a mudar a teoria dos princípios e supriu a causa que faltava, fazendo infinitas as corpóreas; *pois todas as homeomerias, como, por exemplo, água, fogo ou ouro não gerados e incorruptíveis, parecem engendrar-se e destruir-se apenas pela combinação e dissolução, estando todas as coisas em todas as coisas e caracterizando nelas o predominante*.⁶

³ *Ibid.*, p. 48.

⁴ *OS PRÉ-SOCRÁTICOS. Os pensadores. São Paulo: Nova Cultural, 1999, p. 56.*

⁵ *Ibid.*, p. XXXII

⁶ *Ibid.*, p. 216.

Outro pensamento que co-existiu com as idéias monistas da concepção da matéria foi o de Leucipo e seu discípulo Demócrito (500-370 a.C.). Para este Por convenção há o quente e o frio. Na verdade há somente *átomos e vazio*. A questão do intervalo que separa as unidades: a afirmação do movimento pressupõe o não ser. O não ser existe porque o movimento existe. As partículas corpóreas (átomos, indivisíveis fisicamente, divisíveis matematicamente) se movem no vazio. Características do átomo: plenos, infinito em número, invisíveis, móveis por si mesmo, distintos apenas por atributos geométricos –forma, tamanho, posição. Constituição do universo: o contínuo incorpóreo e infinito (vazio) e o descontínuo corpóreo (átomos).

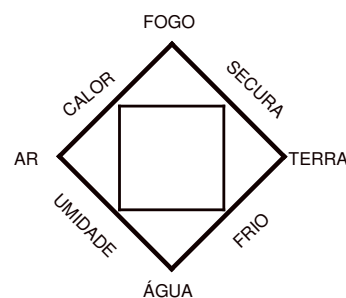
Leucipo y su amigo Demócrito admiten por elementos lo lleno y lo vacío o, usando de sus mismas palabras, el ser y el no ser. Lo lleno, lo sólido, es el ser; lo vacío y lo raro es el no ser. Por esta razón, según ellos, el no ser existe lo mismo que el ser. En efecto, lo vacío existe lo mismo que el cuerpo; y desde el punto de vista de la materia éstas son las causas de los seres. (...) Estas diferencias son en su sistema tres: la forma, el orden, la posición. Las diferencias del ser sólo proceden, según su lenguaje, de la configuración, de la coordinación y de la situación. La configuración es la forma, y la coordinación es el orden, y la situación. Y así A difiere de N por la forma; A N de N A por el orden; y Z de N por la posición.⁷

Entretanto, Aristóteles resgata a teoria das quatro raízes, formulando a teoria dos quatro elementos, atribuindo à matéria quatro qualidades primárias e fundamentais, formando pares opostos. Cabe frisar que esta teoria perdurou na ciência por mais de vinte séculos.

É fundamental acessar fontes que permitam dimensionar a importância dos conhecimentos produzidos nesta época. Não podemos, por exemplo, desvincular Aristóteles do seu contexto social. Apesar das críticas feitas a Aristóteles no medievo, sobretudo no momento de transição para modernidade, que, numa perspectiva histórica, precisavam ser feitas para superação da sociedade feudal, temos que resgatá-lo para compreender a ciência moderna. *“Na prática a experiência não parece diferir da arte e se observa que até mesmo os que só têm experiência conseguem melhor seu objetivo dos que possuem a teoria sem a experiência. Isto consiste em que a experiência é o conhecimento das coisas particulares e a arte, pelo contrário, o do geral”⁸.*

O estudo do desenvolvimento do pensamento filosófico desta época é bastante propício para a formação dos conceitos do jovem estudante do Ensino Médio acerca dos fenômenos que o cercam. Assim, os mistérios da composição da matéria que foram questionados na Grécia Clássica, ainda hoje não foram totalmente esclarecidos. Está aí um terreno fértil para o desenvolvimento do conceito de átomo, tendo-se por base o desenvolvimento do conceito de modelo.

Apesar de fazer referências rápidas, é extremamente viável nessa temática o resgate de alguns textos clássicos, para que se possa oportunizar ao estudante o



⁷ ARISTÓTELES. *Metafísica*. (Trad. Patrício de Azcárate). Madrid: Espasa, 2000, p. 48-9. Extratos deste texto, particularmente do livro I, podem ser utilizados para discutir com os alunos as várias concepções sobre o matéria.

trabalho com literatura que traga à discussão as divergências de pensamentos (moldadas pelos modos de produção e de concepção da organização da sociedade em que se deram tais pensamentos) no âmbito da ciência.

Na temática Humanidade Feudal devemos destacar a grande influência da alquimia para o desenvolvimento da química. No eixo temporal compreendido entre 800-200 a.C., embasada na sabedoria que surge simultaneamente entre todos os povos, a alquimia emerge das técnicas mágico-ritualísticas dos curandeiros, mineiros e ferreiros. Para GOLDFARB “*A partir de então, o alquimista não será somente mais um artesão ou um mágico; ele é, também, um sábio que entende os princípios que regem a realidade*”.⁹ Cabe registrar que ao recuperar extratos de textos clássicos podemos fazer emergir, em meio a concepções hegemônicas, outras que valorizavam as atividades práticas. Ou seja, desde os tempos antigos a técnica caminha com a sabedoria.

De todas as escolas alquímicas fundadas, a que teve influência direta na construção da ciência Química que hoje conhecemos foi a escola alquímica européia.

A escola alquímica fundada no ocidente tomou corpo de doutrina pelas mãos dos alexandrinos, onde, pela primeira vez, a teoria grega da matéria foi usada para a transformação dos metais. Dessa forma, a alquimia vai se diferenciar da metalurgia quando ela busca o entendimento dos segredos mais íntimos da matéria.

A idéia de transformação da matéria, herança dos alexandrinos, está baseada na teoria dos quatro elementos de Aristóteles. A respeito desta teoria cabe um aparte.

Aristóteles, decidido a abolir a dicotomia ente o mundo sensível e o ideal e insatisfeito com a vaga descrição da natureza feita por seu mestre, postula a realidade das mudanças, que é a chave para sua teoria da matéria. A matéria, segundo Aristóteles era embebida de suas quatro qualidades: quente, frio, seco e úmido. Essas qualidades, embebidas de materialidade gerariam os elementos: fogo, ar, água e terra. Tais elementos formavam as esferas elementares, localizadas em camadas distintas do espaço, conforme sua densidade. Ainda, segundo esta teoria, cada elemento ao ser solto ou arrancado de seu lugar natural tenderia a este retornar (ex. uma pedra caindo, estaria buscando seu elemento natural, a terra). Aristóteles postula, ainda, uma série de transformações possíveis na matéria, levando a explicações que tornam possível uma teoria de misturas que admitia as combinações, anteriormente negadas pelos seus predecessores.

Outras idéias da Grécia Clássica, posteriores a Platão e Aristóteles, contribuíram para a formação da teoria alquímica, dentre elas as dos estóicos, dos neopitagóricos, dos gnósticos e dos herméticos.

⁸ ARISTÓTELES. *Metafísica*. (Trad. Vincenzo Cocco). São Paulo: Abril Cultural e Industrial, 1973, p. 211-212.

⁹ ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria. *Da Alquimia à Química*. São Paulo: Edusp, 1987, p. 16

No mundo totalizado dos estóicos não havia lugar para dualismo, sendo que a única ruptura é a da matéria prima das coisas, com o *pneuma* ou *tonos* (causa, estrutura) das coisas. Oriundo desse pensamento, talvez seja a primeira vez que a matéria seja classificada. Os vários tipos de *pneuma* efetuam diferentes tipos de ação sobre a matéria cuja somatória determina seu estado físico. A matéria *Hexis* é a orgânica e a *Fisis*, a inorgânica. Esta teoria também representa grande avanço no conceito de mistura, pois aqui o processo de síntese é distinto do processo de mistura.

A mentalidade do europeu medieval foi marcada pelas variáveis religiosas de sua época. A igreja aparece como elemento importante na formação do medieval germânico-romano. O trabalho prático era fortemente incentivado, inclusive no meio clérigo. O “homem de Deus” medieval começou, então, a aplicar todo o seu conhecimento instrumental e técnico.

É no competente manuseio das forças naturais que as filosofias grega e árabe começaram a encontrar seu caminho no ocidente. Foi nessa atmosfera de simbologismos e signos que os primeiros textos gregos filosóficos foram traduzidos para a língua latina. A primeira obra alquímica traduzida para o latim por Robert de Chester, em 1144, é intitulada Livro da Composição da Alquimia (De compositione alchemiae).

A alquimia, ciência embasada num pensamento mágico-vitalista, deixou grande legado no campo das experimentações, nos estudos com metais, ácidos e sais, através de seu arsenal técnico, não somente em termos de instrumentos, mas também de métodos práticos e na nomenclatura.

As obras da alquimia latina se caracterizam pela tendência à análise dos processos laboratoriais, provavelmente pela grande influência da escolástica que estava em ascensão e não deixava muito espaço para que fossem feitos estudos filosóficos sobre os conhecimentos práticos da natureza.

Na fase da alquimia, onde as tentativas de “transmutação” dos metais eram corriqueiras e imprescindíveis, grande parte do trabalho se dava no campo das experimentações. Estes experimentos podem ser discutidos (podendo até ser reproduzidos) **em** aulas do Ensino Médio e muitos temas como reatividade, natureza dos elementos, acidez e basicidade, podem ser explorados e estudados no contexto em que foram desenvolvidos.

Os grandes nomes do ensino filosófico no medievo europeu eram de origem clerical, principalmente das ordens dos dominicanos e franciscanos, que mantinham casas de estudos onde eram proporcionados ensinamentos diferenciados aos seus membros mais promissores. Um desses membros, Roger Bacon (1214-1292), que viria a ser um dos maiores divulgadores da alquimia, nasceu na Inglaterra e estudou em Oxford, vindo a se engajar na ordem dos Franciscanos mais tarde.

Na sociedade científica que Roger Bacon vivia quase tudo era deduzido por analogia. Os pensamentos e deduções, por sua vez, eram fortemente carregados de simbolismos. A ciência experimental era um fim e não um meio, como na ciência moderna.

“podemos reduzir um mineral imperfeito a um mineral perfeito (...) uma vez que o chumbo é uma espécie de prata que foi invadida pela doença mineral da humurosidade, maleabilidade, negrume e peso,

*quando estes forem postos à parte teremos novamente prata boa e verdadeira*¹⁰ (Roger Bacon, in *Saniores Medicinae*)

No século XVII, quando espírito e matéria foram irremediavelmente separados como substâncias distintas e incomunicáveis, a alquimia deixou de ser possível como um todo harmonioso. O vitalismo de Roger Bacon dá lugar para o mecanicismo de Robert Boyle. Segundo GOLDFARB,

Existe um movimento crescente entre os naturalistas do século XVII, que têm uma de suas maiores expressões na obra de Boyle, de destruir o elemento mágico e holístico do experimento. (...) O sentido, a dimensão enquanto Arte praticada pelo alquimista fica totalmente desarticulado diante da nova realidade científica. Será a mesma aqua fortis reagindo com a prata, a mesma aqua regia reagindo com o ouro, mas os olhos que verão estas reações, modificarão o contexto do próprio experimento”.¹¹

Diante disso, Goldfarb enfatiza que há uma impossibilidade teórica e histórica de tomar a Química como fruto de um desenvolvimento científico da Alquimia. Enquanto a Alquimia é fundamentada numa cosmologia vitalista e qualitativa, a Química é definida pela filosofia natural mecanicista e quantitativa. Começa, então, a transição que levará aos conceitos conhecidos na Química moderna.

Robert Boyle (1627-1691), filho do Conde de Cork, estabeleceu a lei de Boyle: o produto da pressão (P) de um gás pelo seu volume (V) é uma constante (k), na condição de temperatura (T) constante. Também foi autor de “O químico cético”, 1661.

“...daí que pela mudança de textura possível de ser feita pelo fogo ou outros agentes que tenham a faculdade não somente de dissociar as pequenas partes dos corpos, mas também de conectá-las de uma nova maneira, esta mesma parcela de matéria pode adquirir ou perder os acidentes que chamamos de sal, enxofre ou terra... Não vejo porque não possamos conceber que ela (a natureza) pode produzir corpos (...) rearranjando suas minúsculas partes sem resolver a matéria nas tais substâncias simples ou homogêneas, como se pretende.”¹²

A transição da Idade Média para a Modernidade compreende, também, a enorme contribuição de Antoine-Laurent Lavoisier, quando inicia seus estudos sobre a veracidade da teoria do flogístico. Do trabalho de Lavoisier, destacamos: “*Há oito dias atrás descobri que o enxofre, queimando, ao invés de perder peso, muito pelo contrário ganha (...)* O mesmo acontecendo com o fósforo; esse aumento de peso vem de uma prodigiosa quantidade de ar que é fixado durante a combustão”.¹³

Entre estes estudos, podemos destacar as experiências sobre a combustão de substâncias no ar, a descoberta do azoto, a calcinação do azoto, método de nomenclatura química, experiências com ácidos.

¹⁰ BACON, Roger. In: ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria. *Da Alquimia à Química*. São Paulo: Edusp, 1987, p. 131.

¹¹ ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria. *op. cit.*, p. 187

¹² BOYLE, Robert. *Septical Chymist*. 1661, p. 199.

¹³ LAVOISIER, Antoine L. *Traité élémentaire de chimie de Lavoisier*. Avant-propos par m. Henry Le Chatelier, Les classiques de la découverte scientifique. Paris: Gauthier-Villars, 1937.

Na sua mais importante obra, o Tratado Elementar de Química (1789), condena categoricamente a teoria do flogístico. Neste trabalho, através do uso sistemático da balança, inovou com uma nova forma de pensar, levando à famosa Lei da Conservação da Matéria. Os primeiros experimentos sobre compostos orgânicos também estão contemplados neste Tratado.

“... Se tudo se explica em química de uma maneira satisfatória sem a ajuda do flogístico, só por isso é infinitamente provável que esse princípio não exista, que seja um ser hipotético, uma suposição gratuita... Uma opinião que vejo como um erro funesto à química e que me parece ter retardado consideravelmente os progressos (desta) pela maneira de filosofar que ela introduziu. Rogo-lhes, meus leitores... Despojarem-se tanto quanto possível de todo preconceito; verem nos fatos apenas o que lhes apresentam, banirem tudo o que o raciocínio supôs, transportarem-se aos tempos anteriores a Stahl, esquecerem-se por um momento, se possível, de que sua teoria existiu”¹⁴

Quase que um contemporâneo de Lavoisier, o inglês John Dalton, publica em 1800 seus primeiros ensaios sobre a teoria dos gases. Nestes ensaios enuncia a lei sobre a dilatação dos gases, conhecida como a Lei de Gay-Lussac. Ainda em 1803 enuncia a Lei das pressões Parciais e, pouco mais tarde, enuncia a Lei das proporções múltiplas. Tais experimentos, de certa forma, colocaram Dalton no caminho que o levaria a estudar acerca da estrutura atômica dos gases.

Sua última obra, Um Novo Sistema de Filosofia Química, publicada em três volumes (1808, 1810 e 1827), resgata em seu primeiro volume a proposta de Leucipo e Demócrito, adormecida por mais de vinte séculos. Tratando a teoria atômica sob a ótica da interpretação dos fenômenos químicos, Dalton admite que cada corpo simples ou elemento, que resiste a toda tentativa de decomposição, seria constituído de partículas infinitesimais, não cindíveis, todas iguais entre si, de forma esférica, e cujo peso variava de elemento para elemento.

“Aceita-se universalmente que todos os corpos de tamanho perceptível sejam eles líquidos ou sólidos, são constituídos por um número enorme de partículas extremamente pequenas, isto é, átomos de matéria, os quais se mantêm unidos por causa de uma força de atração mais ou menos potente, conforme as circunstâncias... Não é minha intenção questionar esta conclusão... É importante averiguar se as partículas últimas de um corpo, tal como as da água, por exemplo, são todas semelhantes; isto é, se elas possuem a mesma forma, o mesmo peso, etc...”¹⁵.

Mesmo com todas as evidências apontando para uma nova forma de ver a ciência, o pensamento encampado por Boyle no século XVII só começou a ser aceito, de fato no meio químico,

¹⁴ LAVOISIER, Antoine L. *op. cit.*

¹⁵ DALTON, John. In: Garozzo, F. *John Dalton – Col. Os homens que mudaram a humanidade*. Rio de Janeiro: 1975, 133.

após as obras de John Dalton. Estava inaugurada, portanto, uma nova fase na química, a Química Moderna.

Na Unidade Temática III, propomos o estudo da química sob a ótica da Humanidade Moderna, primeiramente na fase do desenvolvimento da modernidade. Neste momento podemos destacar os trabalhos que contribuíram para o desenvolvimento da teoria atômica, começando com os trabalhos de Dalton.

A primeira evidência experimental da estrutura interna dos átomos foi a descoberta, em 1897, da primeira partícula subatômica, o elétron. O modelo do átomo indivisível de Dalton estava sendo superado.

J.J. Thomson, envolvido na descoberta do elétron, investigava os então chamados raios catódicos, que mostraram serem partículas carregadas negativamente, idênticas entre si, não importando a fonte de metal usada para o cátodo. Posteriormente, Robert Millikan determinou a carga do elétron.

Mas o modelo atômico de Thomson –uma bolha carregada positivamente, gelatinosa, com elétrons suspensos nela - também foi derrubado em 1908, quando E. Rutherford realizou, juntamente com seus alunos H. Geiger e E. Marsden, a famosa experiência do bombardeamento de uma lâmina de platina com partículas α . Este experimento levou Rutherford a propor o modelo atômico planetário. Anteriormente a esta data os trabalhos sobre as partículas subatômicas já estavam em andamento, quando em 1898 Marie Sklodowska Curie mostrou que a radiação observada recentemente por Becquerel era própria do átomo de urânio. Outros elementos também foram identificados e descritos como radioativos, o rádio e o polônio. A teoria atômica continuou avançando, posteriormente, com os trabalhos de Niels Bohr, Albert Einstein, Heisenberg, Heidegger, Schrödinger, dentre outros.

Nesse período a química orgânica começava a dar seus primeiros passos rumo a organização dos conhecimentos acumulados há séculos.

Anteriormente, no período que aqui denominamos *Transição para a Modernidade (Unidade Temática II)*, os compostos obtidos de organismos vivos foram chamados de “orgânicos”, como os componentes do sangue, urina e pele. Este termo foi utilizado pela primeira vez em 1807 por Berzelius, que acreditava que tais compostos possuíam uma “força vital” além dos elementos químicos que os compunham e que seria tão impossível sintetizar um composto orgânico a partir de seus elementos quanto converter a matéria inorgânica em um organismo vivo.

Essa teoria, entretanto, sofreu seu primeiro golpe com o experimento de F. Wöhler (1828) que permitiu preparar uréia, um dos componentes da urina, a partir de substâncias então consideradas inorgânicas.

Com a melhoria nos métodos de análise e de síntese dos compostos orgânicos em meados do século XIX, a atenção voltou-se para a problemática da determinação estrutural dos compostos já conhecidos e dos novos que estavam sendo descobertos. Neste ponto podemos destacar a importante contribuição de Kekulé, quando introduziu as regras gerais de ligações de valência e a representação das moléculas como grupos de átomos ligados entre si.

Pouco tempo depois Kekulé (1865) apresentava uma resposta à questão da estrutura do benzeno: as cadeias carbônicas podiam se fechar formando anéis. Dessa forma, juntamente com Liebig e Wöhler, Kekulé fomentava o nascimento da importante escola alemã de química.

A classificação periódica dos elementos, que se constitui na sistematização dos conhecimentos acerca deles e suas propriedades fora estabelecida por Lothar Meyer (1864) e Dmitri Mendeleiev (1869). O conceito da periodicidade química estabelecia que as propriedades, como volume molar, ponto de ebulição e dureza, eram funções do peso atômico dos elementos. Uma das maiores conseqüências direta desses avanços, embasados na sistematização do conhecimento, foi o surgimento da indústria química.

A indústria alemã de corantes no final do século XIX, embasada nos trabalhos de renomados cientistas como Hoffmann e Perkins, começou a modificar as relações industriais. Anteriormente moldada em processos semi-artesaniais, a indústria química mudou seu padrão de produção, dando origem aos primeiros monopólios do setor. Assim, começamos o desenvolvimento da Unidade Temática IV: A Era dos Monopólios e a Crise da Modernidade.

Na primeira metade do século XX, as indústrias de perfumes e fármacos alemãs se constituem em outro alvo bem sucedido. A consolidação da Bayer é um exemplo. Desenvolvida em 1889, a Aspirina[®], um analgésico produzido pela Bayer, é atualmente um dos fármacos mais vendidos do mundo e um dos mais simples estruturalmente.

Com a influência da formação das escolas químicas, principalmente na Alemanha e, sob essa atmosfera de sistematização da produção podemos considerar os trabalhos de Pasteur nas fermentações alcoólicas e no campo da estereoquímica. Este último ponto foi a base dos conceitos desenvolvidos na modernidade, para o estabelecimento da síntese de compostos bioativos.

Destacamos, ainda, neste período, os trabalhos de G.N. Lewis, com respeito às ligações entre os elementos e formação de moléculas; de L. Pauling, sobre as propriedades químicas e a estrutura molecular; H. Staudinger, na determinação das macromoléculas; J. Watson e F. Crick, na

descoberta das macromoléculas biológicas em 1959. Destacamos, ainda, a produção de novos materiais, como os polímeros sintéticos.

No período que antecedeu a Segunda Guerra Mundial, as sulfas eram os mais promissores antibióticos sendo que, alguns anos mais tarde, concorreram com outro medicamento recém descoberto: as penicilinas.

Os produtos naturais estavam em alta. As pesquisas e descobertas de R. Robinson (alcalóides); de W. Haworth (carboidratos e vitamina C); P. Karrer (carotenóides e vitaminas A e BA); A. Butenandt (hormônios sexuais) fomentavam um dos setores da economia mais promissores e lucrativos: a indústria farmacêutica.

Com a crise da sociedade moderna, a química, a partir dos anos 70 passa a responder aos novos desafios impostos pela sociedade capitalista, como a destruição do meio ambiente e o surgimento de novas doenças. Essa resposta se traduz, então, no campo da medicina, com a busca frenética de substâncias bioativas, fitofármacos e novas drogas visando a “cura do câncer, cura da AIDS”. A indústria farmacêutica que nos anos 90 entrou na era dos supermedicamentos promete devolver a milhões de pessoas uma qualidade de vida que já se achava perdida para sempre. Evidentemente, que as quantidades astronômicas de recursos investidos em pesquisa pelo setor são plenamente compensados por lucros não menos astronômicos.

A recente Química Ambiental (uma área da química que surgiu para dar respostas a mais uma questão colocada pela sociedade do consumo) se empenha na descoberta de novos métodos para o tratamento de resíduos, reciclagem e compostos “ecologicamente corretos” empregados na agricultura, principalmente no controle de pragas e doenças.

Outros setores da economia têm aplicação direta dos conhecimentos da química desenvolvidos ao longo da existência da civilização humana, como produção de energia, transporte e comunicação.

Nesta última Unidade Temática, conforme foi apresentada, todos os temas relacionados à Química Orgânica podem ser trabalhados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS CONSULTADAS E RECOMENDADAS

- ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria. *Da Alquimia à Química*. São Paulo: Edusp, 1987
- ALINGER, N. et al. *Química Orgânica*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978.
- ALONSO, A.; AYESTARÁN, I. & URSÚA, N. (Org.), *Para Compreender Ciência, Tecnología Y Sociedad*". Estella: Verbo Divino, 1996.
- ARISTÓTELES. *Os Pensadores*, Abril S.A. Cultural, 2ª. ed., 1978, São Paulo.
- BACON, Roger. *Os Pensadores*, Abril S.A. Cultural, 2ª. ed., 1978, São Paulo.
- BOVET, Daniel P. *Vitórias da Química*. Brasília: Ed. UnB, 1993
- BRAGA, M. et al. *Lavoisier e a Ciência no Iluminismo*. São Paulo: Atual, 2000.
- CARTA, Luís et al. *Lavoisier – Col. Os Homens que mudaram a humanidade*. Rio de Janeiro: editora Três, 1975.
- CHADWICK, J. *The Collected Papers of Lord Rutherford*. New York, 1962..
- CHASSOT, Attico. *A ciência através dos tempos* (Coleção Polêmica) São Paulo: Moderna, 1994.
- FORD, Leonard A *Chemical Magic*. 2ª ed. Dover Science, 1993.
- LAVOISIER, Antoine L. *Láir Et L'eau - Les classiques de la science*. Paris: Armand Colin, 1923.
- LAVOISIER, Antoine L. *Traité élémentaire de chimie de Lavoisier. Avant-propos par m. Henry Le Chatelier*", *Les classiques de la découverte scientifique*. Paris: Gauthier-Villars, 1937.
- MAAR, Juergen H. *Pequena História da Química*. Papa-Livro: 1989.
- MOL, Gerson S. & SANTOS, Wilson L.P. *Química na Sociedade*. Brasília: Ed. UnB, 1998.
- OS PRÉ-SOCRÁTICOS. *Os Pensadores*, Abril S.A. Cultural, 2ª. ed., 1978, São Paulo.
- RIVAL, Michel. *Os grandes experimentos científicos*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1997
- VANIN, José Atilio. *Alquimistas e Químicos* (Coleção Polêmica) São Paulo: Moderna, São Paulo, 1995.
- WOJTKOWAK, B. *História de La Química*. Espanha: Acribia, 1999.

Alguns periódicos da área de Educação em Química e História da Ciência:

[Enseñanza de las Ciencias - Revista de Investigación y Experiências Didácticas](#),

Institut de Ciències de L'Educació de la Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, Espanha.

[Journal of College Science Teaching](#) , *The National Science Teachers Association, Londres, Inglaterra.*

[Education Research: a Review for Teachers and All Concerned with Progress in](#), *National Foundation for Educational – NFER, Londres, Inglaterra.*

[The Science Teacher](#), *National Science Teacher Association, Washington, USA.*

[Science Education](#), Wiley Publishers, Tenesse – USA

[Journal of Chemical Education](#), *Division of Chemical Education, American Chemical Society, <http://jchemed.chem.wisc.edu/index.html>*

[AMBIX: The Journal of the Society for the History of Alchemy and Chemistry](#), *Peter J T Morris Editor of Ambix, Londres, Inglaterra.*

[The British Journal for the Philosophy of Science](#), *Oxford <http://www3.oup.co.uk/jnls/list/phisci/>*

Episteme, Grupo Interdisciplinar em Filosofia e História das Ciências/ ILEA-UFRGS ,
<http://www.ilea.ufrgs.br/episteme/>

International Journal For Philosophy Of Chemistry, Ed. Joachim Schummer, HYLE Publications,
Karlsruhe, Alemanha, <http://www.hyle.org/index.html>

Alguns sites de interesse ou consultados:

[Ciência em Casa](http://planeta.clix.pt/cienciaemcasa/) - <http://planeta.clix.pt/cienciaemcasa/>

[CH on-line / CH na Escola](http://uol.com.br/cienciahoje/) - <http://uol.com.br/cienciahoje/>

[Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência \(2\)](http://www.if.unicamp.br) - <http://www.if.unicamp.br>

[Laboratório Virtual de Química Geral](http://fc.unesp.br/lvq/menu.htm) - <http://fc.unesp.br/lvq/menu.htm>

<http://www.mundoquimica.hpg.ig.com.br/Nova%20pasta/hist.htm>

[Pensamento Clássico](http://www.mundodosfilosofos.com.br/classico.htm) - www.mundodosfilosofos.com.br/classico.htm

[The alchemy web site and virtual library](http://alchemy.first-net.cz/) – <http://alchemy.first-net.cz/>

SUBSÍDIOS PARA PENSAR A BIOLOGIA NO CURRÍCULO DO ENSINO MÉDIO

Prof^a. MSc. Zaira da Rosa Guterres
ENSINO MÉDIO – SED/MS

Neste texto, tendo como referência o documento nacional (PCN de Biologia) e as orientações da Secretaria do Estado de Educação (SED/MS), faremos algumas reflexões visando levantar subsídios para substanciar a proposta que foi produzida a partir da capacitação realizada no ano de 2002. Primeiramente, temos que reconhecer o documento produzido pelo Ministério da Educação (MEC) como uma formulação que contou com a participação de pesquisadores de diferentes filiações teóricas. Por esta razão o documento não expressa uma posição teórica definida, porém, traz elementos importantes para a reflexão.

As ciências modernas, inclusive a biologia, no seu desenvolvimento histórico produziram uma linguagem própria, uma lógica interna, métodos particulares de investigação, manifesto nas teorias e nos modelos construídos para interpretar os fenômenos que se propõe explicar. Estas produções ocorreram em uma determinada forma de organização dos homens em sociedade, razão pela qual, a nosso ver, a opção teórica sugerida pela SED/MS pode contribuir, verdadeiramente, para superar uma visão que desvincula a ciência das condições concretas de sua produção.

Hoje, a apropriação de conhecimentos biológicos é essencial para que os jovens possam exercer sua cidadania, participando de debates sobre questões polêmicas, como as relacionadas com o desenvolvimento econômico, a exemplo do aproveitamento dos recursos naturais e a utilização de tecnologias que podem produzir impactos nos ecossistemas. Os grandes avanços da Genética, da Biologia Molecular, das tecnologias de manipulação do DNA e a clonagem colocam em pauta aspectos éticos na produção e aplicação dos conhecimentos científicos e tecnológicos.

Nesta perspectiva, pretendemos, nos limites deste texto, sublinhar os conhecimentos relevantes para serem tratados no âmbito das Unidades Temáticas, contextos gerais que serão considerados para organização do currículo.

Desde os tempos mais antigos, o homem indagou sobre a origem e o sentido do mundo, e freqüentemente sobre o seu objetivo. As respostas para essas questões, nas culturas primitivas, eram realizadas pelos mitos. Todos os povos primitivos eram marcadamente naturalistas; e isso não causa surpresa alguma, uma vez que sua sobrevivência dependia do conhecimento da natureza. Eles precisavam conhecer os inimigos potenciais, bem como os meios de subsistência; estavam interessados na vida e na morte, na doença e no nascimento, na mente e nas diferenças entre o homem e outros seres vivos. Era quase universal entre os homens primitivos do mundo a crença de que tudo na natureza é “vivo”, que mesmo as rochas, as montanhas e o firmamento são habitado pelos espíritos, almas ou deuses. Os poderes dos deuses fazem parte da natureza, e a própria natureza é ativa e criativa. Todas as religiões antes do judaísmo, eram mais ou menos animistas, e sua atitude em relação ao divino era completamente diferente da do monoteísmo dos judeus. A interpretação do mundo pelo homem primitivo era uma conseqüência direta das suas crenças animistas (Mayr, 1998).

Existem razões para se acreditar que as ciências das civilizações primitivas tenham avançado além desse estágio, mas exceto em relação a algum saber medicinal, quase não temos informações sobre o conhecimento biológico dos sumérios, babilônios, egípcios e de outras civilizações anteriores a dos gregos. Não há evidências de que tenham sido feitas tentativas de organização de esquemas explicativos sobre quaisquer fatos que tenham sido acumulados.

A filosofia constitui o outro caminho para abordar os mistérios do mundo, embora, na história primitiva, não estivesse estritamente separada da religião. A filosofia encara esses mistérios com perguntas, com dúvidas, com curiosidade, e com tentativas de explicação, portanto, com uma atitude totalmente diferente da religião. Os filósofos pré-socráticos (jônios) iniciaram essa aproximação de modo diferente, buscando explicações “naturais”, nos termos das forças observáveis da natureza, como o fogo, a água e o ar. Esse esforço para entender racionalmente a casualidade dos fenômenos naturais foi o início da sistematização do conhecimento (Mayr, 1998).

As grandes obras épicas dos gregos antigos, de Homero e Hesíodo, retratam vivamente o politeísmo, que estava em estrito contraste com o monoteísmo do judaísmo, do cristianismo e do islamismo. Parece que esse politeísmo permitiu o desenvolvimento da filosofia e da ciência primitiva. Para os gregos não existia um Deus poderoso e único; por isso, nada impedia, na Grécia, que pensadores diferentes chegassem a diferentes conclusões.

Em relação à biologia grega, podemos distinguir três grandes tradições: a história natural, baseada no conhecimento de plantas e animais locais; a filosofia, com os filósofos jônios – Thales, Anaximandro e Anaximenes, e seus seguidores e a biomédica da escola de Hipócrates (Gould, 1992).

Na Antigüidade, Aristóteles (384 a.C.) foi o primeiro pensador de que temos registros a pesquisar e sistematizar estudos biológicos. Em suas investigações, marcadas pela observação naturalista e a abstração teórica, procurou demonstrar que na natureza domina a ordem e a regularidade. Em sua obra *Investigação Sobre os Animais*, constituída por dez livros, os estudos estão sistematizados da seguinte forma: espécie por espécie, do ponto de vista geral e comparativo, com um tratamento sucessivo das “partes” (órgãos, sistemas) das funções fisiológicas (percepção, reprodução, alimentação) e dos comportamentos animais, (cópula, nidificação, migração, hibernação, etc.). Ainda que sua obra não contenha uma taxionomia rigorosa, ela apresenta distinções e dicotomias que permitem classificar os animais estudados. A ordenação por dicotomia é acompanhada de uma anatomia comparada e de uma concepção da fisiologia animal e suas partes analisadas por analogia e contraste. Suas observações são ricas em detalhes, principalmente sobre o comportamento de peixes e cefalópodes e o desenvolvimento embrionário das aves. Aristóteles no seu estudo sobre a *Reprodução dos Animais*, obra organizada em cinco livros, versa sobre a procriação e questões relacionadas com a herança. Nesta época, a grande referência para estudos das *plantas*, foi Teofrasto.

A história da taxionomia começa com Aristóteles, pois embora as civilizações anteriores

tivessem alguns conhecimentos sobre animais e plantas, os poucos escritos que chegaram até nós não falam de classificações. Suas obras mostram que, contrariamente à maioria dos seus contemporâneos, ele não considerou apenas as características morfológicas externas, mas também os caracteres anatômicos.

Como filósofo que exerceu influência sobre homens importantes da Escolástica, como Sto. Tomáz de Aquino, e pela sua valiosa produção no campo da biologia, contribuiu, através de seus escritos, para revitalização da zoologia no final da Idade Média e na Renascença. Seja em relação à estrutura, aos hábitos alimentares, ao comportamento, ou à reprodução, em todos os campos ele levantou questões significativas, que fizeram do estudo dos animais uma ciência. Lançou os fundamentos para a eventual organização da biologia em morfologia, sistemática, fisiologia, embriologia e etologia, e deixou instruções sobre como deve proceder um pesquisador. A sua formalização de tipos de indivíduos (espécies) e de grupos coletivos (gêneros) constitui o ponto de partida para classificações mais precisas e mais bem elaboradas dos períodos posteriores (Mayr,1998).

Na Civilização Romana tivemos a presença de Galeno, médico romano, que exerceu grande influência sobre a Anatomia, mas grande parte dos seus escritos foi perdida. Uma de suas principais obras foi *Do Uso das Partes do Corpo Humano*, constituída de 17 volumes, onde ele já estabelecia uma relação entre estrutura e função..

Dessa forma, na Unidade Temática: Civilizações Grega e Romana, poderemos tratar de parte dos conhecimentos produzidos por Aristóteles, Teofrasto e Galeno. É fundamental que trabalhos sejam resgatados numa perspectiva histórica, ou seja, como produções vinculadas ao modo de ser do homem da sociedade escravista. É relevante selecionar extratos que possam colocar em discussão tópicos importantes da biologia no seu desenvolvimento histórico, revelando os limites dos quadros explicativos e o seu sentido social. Em outras palavras, será grandioso o empenho dos profissionais que se empenharem, por exemplo, em superar a caricatura feita de Aristóteles, expressa na abusiva simplificação de suas contribuições para a civilização.

Em decorrência da degradação do Império Romano, surge uma nova ordem social, o Cristianismo, que desempenha um papel importante na consolidação da sociedade feudal. Nessa nova forma de organização social, o conhecimento teológico torna-se fundamental na mediação das relações entre os homens.

No séc. XII, as traduções para o latim de muitas obras gregas e árabes expandiram a apreciação geral das pessoas cultas para o entendimento das ciências naturais. Essas traduções permitiram que Aristóteles fosse conhecido no mundo ocidental. Os gregos eram grandes pensadores, porém realizavam poucos experimentos, já os árabes eram grandes experimentadores, eles lançaram os fundamentos sobre os quais mais tarde surgiu a ciência experimental, sendo que a alquimia teve uma grande contribuição.

No século XIII surgiu um movimento em direção ao interesse primário dos seres humanos consigo mesmos, uma espécie de humanismo, este movimento permitiu um maior interesse de pesquisadores pelas ciências, nas escolas de medicina da Itália foi até possível dissecar novamente

cadáveres. Cabe ressaltar que nesta época a humanidade foi assolada por pestes, a população ignorava completamente o que causava as doenças (exceto pelas explicações usuais sobre o castigo de Deus ou a possessão por demônios).

Em meio à crise da sociedade feudal, surge uma obra, inspirada nos estudos que Aristarco de Samos realizou na Civilização Grega, mas agora, com potencial revolucionário. A publicação do livro de Copérnico, que continha o desenvolvimento da teoria heliocêntrica, produz, de um lado, adesões de homens brilhantes como Giordano Bruno, e de outro, grande desconforto para as estruturas comprometidas com conservação do poder da sociedade em crise. Cabe destacar a importância do surgimento da imprensa e do movimento de Reforma Protestante no acirramento da luta entre a sociedade feudal e a nova forma de organização social, a revolucionária sociedade burguesa.

No campo das ciências, inclusive biológicas, tivemos nesta época grandes produções, como *Novum Organum*, de F. Bacon e *Discurso do Método*, de Descartes, contribuindo significativamente para uma mudança de atitude em relação à pesquisa. A discussão de novos caminhos para se fazer ciência denotava a rejeição ao escolasticismo, que buscava a verdade por meio da lógica. Passou-se a dar maior ênfase a experimentação e a observação.

Francis Bacon, 1620, na obra *Novum Organum* propunha que as leis da ciência tinham que ser estabelecidas como generalizações tiradas de observações específicas. Essa ciência experimental já fora posta em prática, mas Bacon forneceu o apoio teórico, descrevendo o que hoje é chamado de *método científico*.

Tivemos, neste período, produções relevantes no âmbito da anatomia e da fisiologia, como os trabalhos de Leonardo da Vinci (pranchas de anatomia); de André Versálio, que revolucionou a área de anatomia com sua obra *De Humani Corporis Fabrica*; de William Harvey, que versa sobre os movimentos do coração e do sangue, descrevendo de forma consistente a completa circulação sanguínea. Descartes, no seu texto *Paixões da Alma*, tece considerações que envolvem conhecimentos de anatomia e fisiologia.

A fecundidade dessa época para as ciências biológicas, além dos trabalhos já citados, pode ser evidenciada nos estudos de F. Sylvius, que sugere que a digestão envolve processos químicos e não somente mecânicos. O físico francês R. A. Ferchault de Réaumur realiza experimentos para testar se a digestão realmente envolve reações químicas. Pelo trabalho do físico italiano V. Menghini, o ferro é identificado como um dos componentes do corpo. A percepção da relação direta entre músculos e nervos leva o fisiologista suíço A. Von Haller, com seus trabalhos, a inaugurar o nascimento da Neurologia.

A Revolução Científica ofereceu uma contribuição maior para o interesse na diversidade com o desenvolvimento de novos instrumentos, destes o microscópio possibilitou a definição de um novo universo, o dos seres microscópicos. Dentre aqueles que adentraram este novo universo, podemos

citar: o inglês R. Hooke, com os primeiros desenhos de células observadas ao microscópio; o holandês A. Von Leeuwenhoek, examinando ao microscópio seres ínfimos em gotas de água coletadas num lago, marca o estabelecimento de um novo cenário para investigação. Um século depois (1773), o biólogo dinamarquês O. F. Muller começa os estudos sobre os micróbios.

Galileu Galilei foi outro homem brilhante que contribuiu para o desenvolvimento da ciência moderna. A ciência passava a explicar os processos e fenômenos da natureza por *leis naturais*, sendo que estes anteriormente eram considerados inexplicáveis, a não ser pela intervenção do Criador, ou por leis especiais ordenadas por Ele. A partir desta época, a matemática torna-se uma linguagem indispensável na atividade científica.

As obras de Descartes, Newton e Leeuwenhoek foram responsáveis por mudança no pensamento científico da época. Os avanços científicos nos séculos XVII a XIX, ocorreram em três vias: a filosofia da natureza (ciências físicas), a geologia e a história natural. Estes avanços prepararam o terreno para a teoria evolucionista (Gould, 1992).

Carl von Linné, publicou em 1735 o livro intitulado (Sistemas da Natureza), no qual classificava numerosas plantas, estendendo essa classificação, em direções posteriores, aos animais. Linné era metódico em suas classificações; as espécies semelhantes eram agrupadas em gêneros; os gêneros semelhantes em classes; e as classes semelhantes em ordens. Descreveu de modo preciso cada espécie, dando-lhe dois nomes, gênero e espécie (nomenclatura binomial). Ele foi a primeira pessoa a classificar os seres humanos como membros da espécie *Homo sapiens*.

O processo sistemático de Linné transformou-o no pai da moderna taxionomia. Mais ainda, seu sistema de grupos, grupos de grupos, e assim por diante, deu a sua descrição dos seres vivos a aparência de uma árvore com grandes galhos, que se dividiam em galhos menores, depois em galhos menores ainda, até que os raminhos finais fossem as espécies. Isso fez com que a noção da evolução biológica parecesse mais natural do que nunca, embora o próprio Linné fosse fortemente antievolucionista, agarrando-se firmemente às lendas da Gênese.

Até então, os diversos naturalistas que se mantinham ocupados classificando as formas de vida, esquivavam-se, ou por convicção religiosa, ou por prudência, de chegar à conclusão lógica da existência da evolução biológica.

O primeiro cientista importante a especular abertamente sobre a evolução foi o naturalista francês, Georges Louis Leclere de Buffon (1707-1788), tratando-a como um assunto de degeneração. Afinal de contas, é uma observação comum que muitas coisas deterioram-se com o tempo. Por que a evolução não exemplificaria esse fato? Buffon afirmava que os macacos eram humanos degenerados, os burros, cavalos degenerados, os chacais, lobos degenerados e assim sucessivamente. Apesar dos limites dessa visão, estava implícito que as espécies transformavam-se com o tempo, o que foi crucialmente importante. Buffon foi ousado em pensar que deveria haver alguma causa natural, que não envolvesse Deus, para o surgimento da Terra.

Dessa forma, podemos no âmbito da Unidade Temática: *O Mundo Feudal e a Transição para Modernidade*, conforme vimos, tratar de conhecimentos produzidos no âmbito da anatomia, da

fisiologia, o início das investigações de seres microscópicos, o sistema de classificação de Linné e as idéias de Buffon sobre as transformações das espécies.

Embora muitos cientistas tivessem sérias dúvidas de que a evolução biológica de fato acontecera, ninguém sugerira anteriormente um mecanismo que a explicasse. O primeiro a tentar dar uma resposta a essa pergunta foi Lamarck, que em 1809 publicou o livro *Filosofia Zoológica*, no qual especulou que determinados animais usariam continuamente certas partes do corpo, ou não as usariam e que essas partes poderiam, como resultado, desenvolver-se gradativamente e que essas partes, desenvolvidas ou degeneradas, seriam herdadas por seus filhos, que uma vez mais pelo uso ou pelo desuso, continuariam o processo. Isto é a herança das características adquiridas.

Lamarck baseava-se na premissa de que os seres vivos têm um *impulso interior* capaz de permitir sua adaptação ao meio, desde que pressionados por alguma *necessidade* imposta pelo ambiente. Eles adotariam novos hábitos de vida, utilizando algumas partes do corpo com mais intensidade do que outras; as partes mais utilizadas se desenvolveriam, enquanto as menos usadas se atrofiariam ou chegariam mesmo a desaparecer. Essa hipótese tornou-se conhecida como *lei do uso e desuso*.

As mudanças ocorridas nos organismos em decorrência de imposições ambientais seriam transmitidas pela reprodução aos descendentes, segundo a *lei da transmissão de características adquiridas*. As idéias de Lamarck foram muito criticadas por seus contemporâneos. Nem tanto pela oposição da hereditariedade dos caracteres adquiridos, mas porque a comunidade científica recusava a própria idéia de evolução. A hipótese da evolução dos seres vivos não podia ser facilmente aceita, pois entrava em confronto direto com a doutrina oficialmente reconhecida da imutabilidade das espécies, o fixismo. Mas suas idéias foram de grande importância na história da Biologia. (Gould, 1992)

Georges Cuvier (1769-1832), um cientista francês antievolucionista, opôs-se firmemente à teoria de Lamarck. Para explicar a origem dos fósseis, que ele mesmo encontrara em grande quantidade, desenvolveu uma teoria própria, a **teoria das catástrofes**, com a qual procurava salvar o fixismo. Segundo tal concepção, teriam ocorrido pelo menos três grandes cataclismos na Terra; o último deles teria sido o dilúvio descrito na Bíblia, que teria destruído grande parte das formas vivas. As mesmas regiões eram sucessivamente repovoadas por seres provenientes de localidades próximas.

O biólogo inglês Charles Robert Darwin (1809-1882), como muitos outros biólogos, acreditava que as formas de vida tivessem evoluído com o tempo, sendo que algumas espécies teriam se transmutado em uma outra espécie relacionada, enquanto outras teriam sido extintas. Mas não conseguia entender qual era o mecanismo que teria impulsionado essa evolução.

Em 1831 Darwin integrou-se em uma expedição para uma viagem ao redor do mundo, que duraria cerca de cinco anos. No caminho Darwin coletou materiais para estudo e fez inúmeras anotações, que serviram de base para o desenvolvimento de suas idéias.

Nas costas do Equador, a expedição fez escala no arquipélago de Galápagos, onde Darwin

estudou com particular interesse o grupo dos fringílídeos. Observando esses pássaros, Darwin notou diferentes adaptações, principalmente em relação ao bico e ao tipo de alimento utilizado.

Retornando à Inglaterra, Darwin trazia a convicção de que os seres vivos se modificam, adaptando-se ao meio. Sabia que suas idéias contrariavam as crenças da época. Durante cerca de vinte anos, organizou suas anotações elaborando hipóteses para os mecanismos de adaptação dos seres vivos a seus ambientes. (Gould, 1992)

Envolvido com essa questão, chegou-lhe às mãos o livro *Um ensaio sobre populações*, de Thomas Malthus, que afirmava que a população humana crescia em progressão geométrica enquanto a produção de alimentos crescia em progressão aritmética. Em outras palavras, a população crescia muito mais rapidamente que a produção de alimentos. Com o tempo haveria uma população muito grande para a pequena quantidade disponível de alimentos. Essas idéias fizeram Darwin imaginar que nas circunstâncias propostas por Malthus, ocorreria uma grande luta pela sobrevivência. Também percebeu que, embora houvesse uma tendência de as espécies selvagens terem um grande aumento em suas populações, esse acentuado incremento numérico não acontecia, e as populações selvagens normalmente se mantinham estáveis.

Darwin explicava que, dentro de cada espécie, há grande *diversidade*, ou seja, os indivíduos são diferentes uns dos outros; essa diversidade é transmitida e vai-se acentuando de uma geração para a seguinte. Em cada grupo, alguns indivíduos sobrevivem, enquanto outros são eliminados, sendo a “escolha” realizada pelo ambiente, por meio da *seleção natural*.

Em 1858 o naturalista Alfred Russel Wallace enviou a Darwin uma cópia de um trabalho, solicitando sua apreciação. Quando Darwin o leu, percebeu que as idéias de Wallace sobre evolução das espécies eram muito semelhantes às suas. Os dois publicaram conjuntamente seus trabalhos em uma revista científica, sem despertar a atenção dos leitores. Darwin, então se dedicou a escrever sua maior obra, *Origem das Espécies*, publicada em 1859.

A teoria de Darwin consistia em três inferências, baseadas em cinco fatos, derivados em parte da ecologia das populações, e em parte dos fenômenos da hereditariedade: Inferência 1 – Desde que é produzido maior número de indivíduos do que podem suportar os recursos disponíveis, mas permanece estável o tamanho da população, isso implica, que somente uma pequena parte da progênie de cada geração ira sobreviver; Inferência 2 – A sobrevivência não é a esmo, mas depende, em parte, da constituição genética dos indivíduos sobreviventes. Essa sobrevivência desigual constitui um processo de seleção natural; Inferência 3 – No curso das gerações, esse processo de seleção natural conduzirá a uma mudança gradual e contínua das populações, vale dizer, à evolução e à produção de novas espécies. (Mayr, 1998).

A pergunta que um historiador deve fazer é, qual desses fatos eram novos para Darwin; e se nenhum deles o era, por que outros antes dele não chegaram às mesmas inferências? Ele deve perguntar também em que seqüência Darwin chegou às várias conclusões, e por que a referência de Malthus ao crescimento exponencial das populações se revelou tão crucial para o ordenamento final da estrutura lógica de Darwin?

Uma das preocupações de Darwin era com a diversidade, ele sempre tinha uma teoria sobre cada coisa, e muito antes de conhecer a teoria da seleção natural, ele tinha uma sobre a formação das espécies nas ilhas. A teoria da especiação consistia em que, se um grupo de animais fosse isolado da população, ele aos poucos se diferenciaria sob o impacto das novas condições, até tornar-se uma espécie diferente.

Teorias transformistas foram esboçadas a partir do séc. XVIII por Maupertuis ou Buffon, desenvolvidas no início do séc. XIX por Lamarck, mas só depois da publicação de *Origem das Espécies*, é que essas teorias passaram a ser amplamente debatidas. A contribuição de Darwin não é, absolutamente, a idéia de que as espécies se transformam e descendem umas das outras; mesmo que não tivesse atingido o grande público, essa tese já tinha sido proposta por muitos outros investigadores. A sua originalidade estava no fato de explicar essa evolução por um mecanismo preciso, a *seleção natural*; portanto o darwinismo não deve ser confundido, como ainda é por muitos, com o transformismo. O darwinismo é a explicação da transformação das espécies pela *luta pela vida*, que elimina os menos aptos e conserva os “melhores”. O essencial dessa teoria baseia-se em duas constatações: 1ª) Os criadores de animais conseguem modificar as espécies em que estão interessados; para isso, selecionam os reprodutores em função de determinados critérios, escolhidos freqüentemente por razões econômicas. A “seleção artificial” revelou-se muito eficaz; raros os caracteres que não podem ser modificados desta forma; em certos casos, a transformação é relativamente rápida; 2ª) Em quase todas as populações nascem mais indivíduos do que os que podem sobreviver, dada a limitação dos recursos; os que chegam à idade de procriação foram escolhidos por uma *seleção natural* que eliminou os menos aptos.

A primeira constatação prova que os caracteres sobre os quais a seleção artificial age são transmitidos de pais para filhos; com efeito, as diferenças referentes às características em que se baseia a escolha de reprodutores são reencontradas, pelo menos parcialmente, nos descendentes.

A segunda constatação mostra que certos caracteres (força física, resistência ao meio etc.) tiveram um papel importante na capacidade de sobrevivência e de procriação dos indivíduos, condicionaram o seu “valor seletivo”; esses caracteres são selecionados naturalmente; portanto, devem propagar-se de geração para geração progressivamente pela população, que, de geração em geração, transforma-se, evolui. (Gould, 1992)

A revolução darwiniana foi chamada, com boas razões, a maior de todas as revoluções científicas. Ela representou não apenas a substituição de uma teoria científica (“imutabilidade das espécies”) por uma outra, mas obrigou a repensar radicalmente o conceito do homem sobre o mundo e sobre si mesmo. Mais especificamente, ela impôs a rejeição de algumas das crenças, mais amplamente aceitas pelo homem ocidental (Mayr, 1998).

A natureza radical das mudanças propostas por Darwin fica melhor documentada quando se listam algumas das implicações filosóficas em suas teorias:

- (1) A substituição de um mundo estático por um mundo evolutivo (não original em Darwin).
- (2) A demonstração da não plausibilidade do criacionismo (Gillespie, 1979).
- (3) A refutação da teologia cósmica.

(4) O fim de qualquer justificativa para um antropocentrismo absoluto, pela aplicação do princípio da descendência comum do homem.

(5) A explicação do “plano” do mundo puramente pelo processo materialista da *seleção natural*, processo este que consiste em uma interação entre a variação não direcionada e o sucesso reprodutivo oportunista, o que era totalmente estranho ao dogma cristão.

(6) A substituição do essencialismo pelo pensamento de população.

A natureza da oposição a Darwin pode ser entendida muito melhor quando nos damos conta da atitude geral em relação à evolução, que prevalecia na metade do século XIX. Antes de Darwin, as considerações sobre evolução eram tidas como parte da filosofia. Efetivamente, todos aqueles que de fato especularam sobre a evolução eram teólogos, ou outros que não biólogos, e que basicamente não tinham competência alguma para tratar de uma disciplina biológica tão complexa (Mayr, 1998).

A teoria de que o mundo não é constante, mas sim o produto de um processo contínuo de evolução, não foi, evidentemente, uma inovação de Darwin. Em 1959, a opinião predominante ainda era de que o mundo é estável, no entanto, a evidência maciça que Darwin apresentou era tão convincente que, dentro de poucos anos, todo biólogo se tornou um evolucionista. Para muitos biólogos de hoje, a evolução já não é mais simplesmente um fato documentado pelas mudanças no acervo genético das espécies de geração, e pelas alterações das biotas fósseis nos estratos geológicos cuidadosamente datados. As resistências que ainda hoje persistem limitam-se inteiramente a adversários com amarras religiosas.

Darwin afirmava insistentemente que a evolução é gradual, esta afirmação encontrou tanta oposição quanto a teoria da *seleção natural*.

Mas, sobretudo, o grande limite da teoria darwiniana, de que o seu autor estava consciente, era a ausência de uma explicação correta para a transmissão de caracteres. Em suas tentativas de explicar o mecanismo de evolução de um grupo, Darwin esbarra na impossibilidade de compreender o processo elementar, a fabricação de um indivíduo. Em 1868, ele apresentava a teoria das gêmulas apenas como uma “hipótese provisória” para preencher uma lacuna. Vimos que três anos antes, em 1865, Mendel imaginara o modelo genético que, sabemos hoje, está de acordo com a realidade; mas suas idéias não tinham encontrado receptividade alguma, apesar dos esforços de difusão de Mendel junto a alguns cientistas; essas idéias representavam uma inovação fundamental demais para serem aceitas. Como não as conheceu, Darwin só podia admitir, como seu predecessor Lamarck, a hereditariedade dos caracteres adquiridos e basear a sua teoria numa hipótese falsa.

A obra de Darwin e sua ressonância têm que ser compreendida no interior da sociedade em que foi produzida. Nesta época, a Inglaterra era expressão do desenvolvimento material, representando a forma mais avançada da sociedade capitalista. Neste período, o capital passa a utilizar a força produtiva de mulheres e crianças na nascente produção fabril. O valor pago pelo capitalista era insuficiente para que o operário pudesse assegurar sua existência, fazendo, freqüentemente, com que famílias inteiras tivessem que vender sua força produtiva. Se de um lado, a *Origem das Espécies* teve uma importância fundamental para o desenvolvimento da sociedade capitalista, para superação de concepções herdadas da sociedade feudal, como a idéia de

imutabilidade, de outro, as caricaturas feitas decorrem dos conflitos de interesses das duas classes que estão em cena, a burguesia e o proletariado.

Seria injusto, sem dúvida, imputar ao próprio Darwin os prolongamentos da sua teoria; entretanto, tudo leva a crer que ele tenha sucumbido à tentação de estender o processo da “luta pela vida” ao domínio social.

O desenvolvimento de um *darwinismo social* não apresenta, pois, de forma nenhuma, apesar do termo empregado para designá-lo, um prolongamento das constatações feitas por Darwin a respeito da seleção natural que rege a evolução do mundo vivo. Trata-se de uma reflexão inteiramente diferente que tende a uma atitude deliberada, de seleção artificial. Só por um flagrante abuso de linguagem é que se pode apresentar a aceitação de uma ordem social ou política implicando desigualdade, opressão e exploração como uma consequência dos mecanismos naturais.

Quando, em 1900, a descoberta de Mendel foi finalmente compreendida e amplamente aceita, os biólogos não souberam ver que ela preenchia uma lacuna da teoria de Darwin; ela apresentou-se, pelo contrário, como radicalmente contraditória com esta última; a oposição parecia tão total que suscitou polêmicas de rara violência, principalmente na Grã-Bretanha. Uma análise mais meticulosa mostrou, pouco a pouco, que essa oposição escondia, de fato, uma complementaridade; o mendelismo não destruía a teoria de Darwin; pelo contrário, permitia fornecer-lhe bases sólidas e desenvolvê-la; os artesãos dessa reconciliação foram principalmente os matemáticos, que construíram uma síntese notavelmente coerente: o neodarwinismo.

Na Unidade Temática, *Desenvolvimento da Modernidade*, podemos focalizar os seguintes conhecimentos: Teoria Celular, com estudos preliminares de processos metabólicos fundamentais, como a respiração e a fotossíntese; Constituição Tecidual; Trabalhos de Lamarck Darwin sobre a evolução das espécies; Trabalhos de Gregor Mendel, fundamentos da genética moderna; Considerações sobre a classificação dos seres vivos e Conceitos básicos de ecologia.

Na história da biologia evolucionária, podem ser reconhecidos alguns períodos bem delimitados. A principal preocupação dos evolucionistas, no período de 1859, era a prova da evolução e o estabelecimento das várias linhas da descendência comum. A pesquisa filogenética era a principal preocupação dos evolucionistas; as controvérsias nesse campo dominavam a pesquisa e as publicações. As grandes questões do período eram: a evolução é gradual ou aos saltos? A hereditariedade é sólida ou tênue? A mudança genética é devida a pressões de mutação ou a pressões seletivas? O período de 1936 a 1960 foi dominado pela síntese evolucionista. A abordagem populacional estendia-se a todas as pesquisas, e surgiu um novo interesse pela diversidade, particularmente em nível de população e de espécies; os aspectos de adaptação da variação eram analisados como sendo devidos às forças da seleção, mas todas as interpretações genéticas eram dominadas pelo conceito da frequência dos genes (Mayr, 1998).

Os desdobramentos posteriores da biologia evolucionária aconteceram de maneira bastante difusa. Incluem um forte interesse nos componentes estocásticos da variação, e um reconhecimento da diversidade do material genético (na forma dos vários tipos de DNA). Foram estabelecidos amplos

contatos com a ecologia e a biologia comportamental, e o estudo da evolução e do papel evolucionário das macromoléculas tornou-se um ramo cada vez mais importante da biologia evolucionária. Em decorrência de todos esses desenvolvimentos, o estudo da evolução passou a ser uma ciência altamente diversificada. A expansão do pensamento evolucionista para todos os ramos da biologia levou ao colapso das paredes que separavam a biologia evolucionária dos outros campos da biologia, a tal ponto que hoje é impossível dizer se tais áreas, como a ecologia e a evolução molecular, devem ser integradas à biologia evolucionária.

Em 1908, um matemático e um biólogo mostraram um comportamento bastante notável das estruturas genéticas, expresso na “*lei de Hardy-Weinberg*”. Mas podemos destacar muitos outros resultados teóricos que exigiram a definição precisa de certos conceitos.

A dificuldade essencial nesse domínio é que os objetos que se estuda são, na grande maioria das vezes, inacessíveis à observação; nenhum raciocínio sério pode ser conduzido, nenhum resultado válido pode ser obtido, se não tiver o cuidado de precisar com rigor o sentido das palavras utilizadas. Essa dificuldade pode ser ilustrada pelo caso do conceito central de evolução. Quando dizemos que uma população evolui, o que queremos dizer? Os indivíduos que compõem essa população não podem “evoluir”; salvo raríssimas mutações, o patrimônio genético de cada um permanece o mesmo durante toda a existência; desde sua concepção até a sua morte, esse patrimônio é fixo. Do pai e da mãe ao filho e a filha, nenhuma “evolução” acontece, pois estão se criando seres inteiramente novos.

O que evolui não é o indivíduo, nem a coleção de indivíduos que constituem uma população, mas o conjunto de genes de que eles são portadores. De uma geração à outra, esse conjunto transforma-se sob a influência de múltiplos eventos. As mutações trazem novos genes; trata-se, é verdade, de eventos muito raros, mas para uma espécie considerada em seu conjunto, eles são a única fonte de verdadeira inovação. As mutações podem ser estruturais e numéricas, elas podem ser transmitidas aos descendentes, aumentando a variabilidade da espécie. Quando consideramos não mais uma espécie em seu conjunto, mas uma população em particular dentro de uma espécie, a inovação pode provir da entrada no grupo de um gene, até então desconhecido, trazido por um imigrante proveniente de uma outra população da mesma espécie. Essas migrações, particularmente intensas no homem, desempenham um papel importante na manutenção da variabilidade de cada grupo.

Os genes assim introduzidos, seja por mutação, seja por migração podem ter uma influência, benéfica ou maléfica sobre a capacidade dos indivíduos deles dotados para sobreviver e procriar. Essa influência depende, é claro, do “meio”, ou seja, das condições em que vive o grupo, assim como dos outros genes que o indivíduo possui.

O objetivo do *neodarwinismo* é passar em revista esses diversos fatores, definir sua influência sobre o destino de um gene e precisar o ritmo da transformação das estruturas genéticas. Naturalmente, um processo tão complexo só pode ser estudado se a realidade for limitada em modelos mais ou menos fiéis e suficientemente simples para que se possa tratá-los matematicamente.

No início do século XX a teoria evolucionista sofreu aperfeiçoamentos, também surgiram novos campos da biologia. De particular importância foram os campos da etologia, da ecologia e da biologia molecular.

O termo “ecologia” foi proposto em 1866 por Haeckel, como a ciência que tratava “da casa da natureza”. Porém a ecologia permaneceu estática e descritiva por bastante tempo. A sua revitalização se deve a três desdobramentos (mudanças cíclicas de populações, competitividade e alteração de energia em águas doces e no oceano).

Os cálculos de Lotka-Volterra sugerem que as mudanças cíclicas de populações são devidas às relações predador-presa e a vários outros aspectos do crescimento, declínio e retomada cíclica das populações. O segundo desdobramento foi uma maior ênfase na competitividade. Ela conduziu ao estabelecimento do princípio da exclusão competitiva e do seu teste experimental, por Gause. O terceiro desdobramento, que conduziu à pujança da ecologia, deve-se à atenção aos problemas de alteração de energia, particularmente em águas doces e no oceano. (Odum, 1988)

Considerando que muitos fatores ecológicos são comportamentais, tais como o resguardo contra predadores, estratégias de alimentação, escolha do nicho, aspectos ambientais, pode-se eventualmente chegar ao ponto de dizer que, pelo menos em relação aos animais, o maior volume de pesquisa ecológica ocupa-se hoje em dia com problemas comportamentais. E, além disso, todo o trabalho ecológico com plantas e com animais trata, em última análise, de seleção natural (Bourguignon, 1990).

Em biologia, raramente lidamos com classes de entidades idênticas, mas quase sempre se estudam populações, que consistem em indivíduos únicos. Isso é válido para cada nível da hierarquia, das células aos ecossistemas. Muitos fenômenos biológicos, particularmente fenômenos de população, caracterizam-se por variações extremamente altas. Tipos de evolução, ou tipos de especiação podem diferir entre si, este grau de variabilidade, raramente ou nunca se encontra nos fenômenos físicos.

Enquanto as entidades nas ciências físicas, digamos átomos ou partículas elementares, possuem características constantes, as entidades biológicas caracterizam-se por sua mutabilidade. As células, por exemplo, alteram continuamente as suas propriedades, e assim também ocorre com os indivíduos. Todo indivíduo está sujeito a mudanças drásticas, desde o nascimento até a morte, isto é desde o zigoto original, ao longo da adolescência, da idade adulta, da senectude, até a morte. (Bourguignon, 1990)

Quando a análise dos processos biológicos se tornou mais detalhada e mais sofisticada, ficou evidente que, em última instância, muitos desses processos podiam ser reduzidos à ação de moléculas biológicas. Os biólogos moleculares elaboraram a estrutura de diversos compostos biológicos, mas o trabalho mais fascinante, foi o esclarecimento da natureza química do material genético, quando Avery e seus colaboradores (1944) demonstraram, experimentalmente, que o DNA era o material genético. (Mayr, 1998)

A descoberta da estrutura do DNA em 1953 por Watson e Crick e a elucidação do código

genético, foram de grande relevância para o desenvolvimento da biologia celular e molecular. Um dos desafios da biologia molecular é entender a estrutura e a função dos cromossomos dos eucariontes. Para entender isso, é preciso também saber qual é a função específica e a interação dos vários tipos de DNA (inativos, repetitivos, medianamente repetitivo, altamente repetitivo, etc.). Embora, quimicamente todos esses DNA sejam, em princípios iguais, alguns deles produzem substâncias construtivas, outros têm função reguladora, etc.

Todos os organismos possuem um material genético, codificado no DNA do núcleo do zigoto (ou no RNA, em alguns vírus). A presença deste material confere aos organismos uma peculiar dualidade, consistindo num fenótipo e num genótipo. Dois aspectos sobre o material genético devem ser enfatizados: o primeiro é que ele é o resultado de uma história que remonta à origem da vida. O segundo é que ele dota os organismos da capacidade de realizar processos.

Uma das propriedades do material genético é que ele consegue comandar a sua própria repetição precisa, bem como a de outros sistemas vivos, como organelas, células e organismos. Nada há exatamente igual na natureza inorgânica. Um erro ocasional poderá ocorrer durante a replicação, levando a uma mutação. A mutação é a fonte primária de toda a variação genética.

A composição material do organismo é exatamente a mesma que se encontra no mundo inorgânico. A diferença entre a matéria inorgânica e os organismos vivos não consiste na substância de que são compostas, mas na organização dos sistemas biológicos. Todos os processos biológicos têm ao mesmo tempo uma causa próxima e uma causa evolutiva.

Mas o que impele a evolução? Esta é uma pergunta que Darwin respondeu em essência e os biólogos do século XIX refinaram produzindo a síntese, conhecida como neodarwinismo, com a qual hoje convivemos em instável consenso. Respondê-la em linguagem moderna é descer além das espécies e subespécies, até os genes e cromossomos –às origens derradeiras da diversidade biológica, portanto.

O evento evolutivo fundamental é uma mudança na frequência das configurações de genes e cromossomos de uma população. Se, com o tempo, uma população de borboletas passa de 40% de indivíduos azuis para 60%, e se a cor azul for hereditária, terá ocorrido uma evolução simples. Transformações maiores são realizadas quando um grande número de tais mudanças estatísticas se combina. As mutações podem ocorrer apenas nos genes, sem efeito algum sobre a cor das asas ou qualquer outro traço externo, mas, qualquer que seja a natureza ou magnitude, são sempre expressas em porcentagens de indivíduos de uma população ou entre populações. A evolução é absolutamente um fenômeno de populações. Os indivíduos e seus descendentes imediatos não evoluem – no sentido de que a proporção de portadores de diferentes genes muda ao longo do tempo. Esta concepção de evolução em nível populacional é uma decorrência inefutável da idéia de seleção natural, que é o cerne do darwinismo. Há outras causas de evolução, mas a seleção natural é, esmagadoramente, a dominante (Griffiths et al, 1998).

A evolução por seleção natural como nós a entendemos hoje é um ciclo contínuo que só pode ser interrompido pela morte da população inteira. O ponto de partida é a origem da variação por

mutação, que são mudanças aleatórias na constituição química dos genes, na posição dos genes nos cromossomos e nos números de cromossomos. Genes são as partes do DNA que determinam a produção de proteínas e enzimas, que irão regular diversas funções nos organismos. Cada gene é constituído por até vários milhares de pares de nucleotídeos, ou “letras” genéticas. Três nucleotídeos determinam um aminoácido. Os aminoácidos, por sua vez se agrupam em proteínas; as proteínas são os blocos de construção das células, as células, os blocos de construção dos organismos.

O número de genes em um grande organismo típico, como um ser humano, é da ordem de 100 mil . Pelo menos cinco genes em diferentes cromossomos afetam a variação de traços quantitativos como a época de floração das plantas, o tamanho dos frutos, a cor da pele dos seres humanos, etc. Até cem genes atuam em conjunto para estabelecer traços complexos como a estrutura do ouvido ou da pele (Lewin, 2000).

Através de um grande número de etapas moleculares o código do DNA é traduzido no conjunto de qualidades distintivas de uma espécie. A ordem precisa dessa marcha leva os nucleotídeos do DNA para o RNA mensageiro e em seguida para o RNA transportador e os aminoácidos; os aminoácidos se agregam em proteínas; algumas das proteínas se agregam em estruturas celulares, algumas em enzimas que catalisam a própria construção; outras enzimas aceleram o metabolismo; e finalmente, todo esse conjunto auto-organizante projeta para o mundo aquelas propriedades de anatomia, fisiologia, e comportamento pelos quais o organismo vive ou morre se reproduz ou não.

O tipo mais comum e elementar de mutação é uma alteração química de um gene; da legião de mutações gênicas e rearranjos cromossômicos que surgem numa população a cada geração , muitos são tão ínfimos que têm um efeito neutro, não chegando a favorecer nem prejudicar a sobrevivência e a reprodução. Ou então afetam traços quantitativos como altura longevidade, aumentando-os ou reduzindo-os de maneiras difíceis de detectar. A vasta maioria das mutações genéticas, cujos efeitos são intensos o bastante para serem facilmente detectáveis, é também nociva. Por definição, elas se opõem à seleção natural e, portanto são raras. Por outro lado, se um novo alelo mutante ou uma nova combinação rara de alelos preexistentes for superior ao alelo “normal” ou comum, ele tende a se espalhar pela população por muitas gerações. Com o tempo torna-se uma norma genética (Sousa, 2001).

O processo de evolução por seleção natural pode ser resumido dessa maneira. Substituições aleatórias de nucleotídeos nos genes provocam mudanças correspondentes de anatomia, fisiologia ou comportamento. O processo dissemina na população múltiplas formas do gene. A mutação genética também começa a ocorrer quando os genes mudam de posição nos cromossomos, ou quando o número de cromossomos (e, portanto de genes) aumenta ou diminui, o genótipo é alterado por uma ou outra dessas formas de mutação e, como resultado, passa a haver um fenótipo diferente. Novos fenótipos – traços alterados de anatomia, fisiologia ou comportamento – geralmente têm algum efeito na sobrevivência e na reprodução. Se o efeito for favorável, se levar a índices mais elevados de sobrevivência e reprodução, os genes mutantes que o provocaram começam a se espalhar pela população. Se o efeito for desfavorável, os genes que o provocaram vão diminuindo e podem

desaparecer por completo.

É fácil ver por que o darwinismo é ao mesmo tempo a maior idéia da ciência do Séc. XIX e a mais simples. Sua força provém do fato de a seleção natural poder assumir infinitas formas. A evolução é obscurecida ainda pelo fato de a freqüência dos genes e cromossomos poder ser alterada pura e simplesmente pelo acaso. Este processo, uma alternativa à seleção natural chamada deriva genética, pode ocorrer rapidamente em populações muito pequenas, tanto mais depressa quanto mais os genes forem neutros, isto é, com pouco ou nenhum efeito na sobrevivência e na reprodução. A deriva genética é uma questão de sorte ou azar.

Três características da evolução contribuem para conferir a ela um enorme potencial criativo. A primeira é a vastíssima gama de mutações incluindo substituições de pares de nucleotídeos, deslocamento das posições dos genes nos cromossomos, mudanças no número de cromossomos e transferência de pedaços de cromossomos. Todas as populações estão sujeitas a uma abundância desses novos tipos genéticos que põe a prova os antigos.

Uma segunda fonte de criatividade evolutiva é a velocidade com que a seleção natural pode agir. A seleção não precisa de tempo geológico, abrangendo milhares de anos para transformar uma espécie. Uma última característica criativa da seleção natural é a capacidade de montar novas estruturas e processos fisiológicos de alta complexidade, incluindo novos padrões de comportamento, sem nenhum plano mestre ou força subjacente que não a própria seleção natural atuando ao acaso sobre as mutações. A seleção natural é, portanto, a fonte da diversidade biológica. As diferenças entre os indivíduos da mesma espécie, englobando todos os seus cromossomos e genes, associadas as diferenças no número e na estrutura dos próprios cromossomos, constituem a variação genética.

A lição número um da genética é que os indivíduos, todos diferentes, não podem ser classificados, avaliados, organizados: a definição de “raças”, útil para certas pesquisas, só pode ser arbitrária e imprecisa; a questão sobre o “menos bom” e o “melhor” fica sem resposta; a qualidade específica do homem, a inteligência, de que ele tanto se orgulha, escapa no essencial às nossas técnicas da análise; as tentativas passadas de “melhoramento” biológico do homem foram, por vezes, simplesmente ridículas, na maioria das vezes criminosas em relação aos indivíduos, devastadoras para o grupo (Bourguignon, 1989).

A biologia tornou-se hoje em dia tão vasta e diversificada que já não pode ser dominada por uma feição particular, como a descrição das espécies na era de Lineu, a construção de filogenias no período pós-darwiniano. É bem certo que a biologia molecular é particularmente ativa nos dias de hoje, mas a neurobiologia também é vigorosa e florescente, da mesma forma que a ecologia e a biologia comportamental. E mesmo os ramos menos ativos da biologia têm os seus próprios períodos, organizam simpósios e levantam novas questões o tempo todo. A partir de 1970, as técnicas utilizadas em genética molecular, permitiram o estudo das células e suas moléculas de maneira jamais imaginadas. Isto levou a descoberta de novas classes de genes e proteínas, que forneceram novos meios para a determinação das funções das proteínas e de domínios individuais dentro das mesmas, revelando um imenso número de relações entre estas macromoléculas. Por permitirem a

obtenção de qualquer proteína em grandes quantidades, viabilizaram a produção em massa e de maneira eficiente de vacinas e de hormônios protéicos. Foram descobertas as enzimas de restrição, que permitiram o surgimento da Engenharia Genética, com a produção de organismos transgênicos e finalmente a clonagem. Esta tecnologia tem muitas aplicações nas áreas da medicina, agricultura e indústria, atualmente são feitos altos investimentos em tecnologia e pesquisa para permitirem a obtenção de novos medicamentos. Na agricultura são utilizadas diversas técnicas genéticas, que permitem uma maior produtividade, bem como precocidade e resistência a doenças. Na indústria são utilizadas bactérias modificadas geneticamente, que produzem substâncias de interesse ou decompõem certos compostos.

Em meio a hegemonia da Biologia Molecular, ao destaque dado a vários campos da biologia, não podemos deixar de lado a Biologia da Conservação. Vivemos num momento de grande tensão e um dos indicadores é a crise ecológica. Portanto, é necessário que estes conhecimentos sejam vinculados ao nosso tempo, assim como os problemas a eles relacionados, como a degradação dos recursos naturais, a perda de diversidade biológica, etc. O texto *Biodiversidade*, organizado por E. O. Wilson tem como fonte o “Fórum Nacional sobre BioDiversidade realizado em Washigton em 1986” e apresenta um material significativo sobre o assunto.

Para finalizar, na Unidade Temática *A era do monopólios e a crise da modernidade*, poderão ser tratados os seguintes conhecimentos: experimentos que denotaram ser DNA o material genético, o modelo de Watson & Crick para a estrutura do molécula do DNA, o experimento de Stanley Miller para testar a hipótese científica sobre a origem da vida, o código genético, organismos geneticamente modificados e os vários aspectos relacionados a crise ecológica.

Bibliografia

- BOURGUIGNON, André. *História Natural do Homem*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1990.
- GATTY, Bernard. *A Origem do Ser Vivo*. São Paulo: Martins Fontes, 1986.
- GOULD, Stephen Jay. *Darwin e os Grandes Enigmas da Vida*. São Paulo: Martins Fontes, 1992.
- JACQUARD, Albert. *Elogio da Diferença*. São Paulo: Martins Fontes, 1988.
- LEWIN, B. *Gene VII*. Oxford: Oxford University Press, 2000.
- MAYR, Ernst. *O Desenvolvimento do Pensamento Biológico*. Brasília: Ed. UnB, 1998.
- ODUM, P.E. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.
- GRIFFITHS, J.F; MILLER, H.M; SUZUKI, T.D. *Introdução a Genética*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.
- SOUZA, M.V. *Gestão da Vida - Genoma e Pós-genoma*. Brasília: ed. UnB, 2001.
- WILSON, Edward. *Diversidade da Vida*. São Paulo: Companhia das Letras, 1994.

TEMA A: O MUNDO ANTIGO

Unidade Temática I: Civilizações Grega e Romana.

Matemática

Nesta unidade temática podemos desvelar as concepções filosóficas que influenciaram a elaboração do conhecimento matemático das civilizações Grega e Romana. Este período teve grande importância, pois os gregos conseguiram sistematizar todo conhecimento matemático empírico acumulado até então pela humanidade. Evidentemente, este feito não pode ser desvinculado do modo de ser do homem desta época.

Os gregos desenvolveram a geometria axiomática e dedutiva, e ainda utilizaram instrumentos como a régua e o compasso para desenvolver os conhecimentos da época. Até a álgebra era geométrica, pois um valor desconhecido (o "x" de hoje) era representado por um segmento de um tamanho qualquer. Portanto, de Tales a Diofanto temos relevantes conhecimentos matemáticos produzidos por estas civilizações. A obra *Os Elementos*, de Euclides, por sistematizar os conhecimentos da época pode ser uma referência para o trabalho didático.

Física

Dentre os conhecimentos relevantes para serem tratados nesta Unidade, destacamos as primeiras concepções sobre a matéria. A primeira teoria atômica começa na Grécia, no século V a.C. Leucipo, de Mileto, e seu aluno Demócrito, de Abdera (460 a.C. - 370 a.C.), formulam as primeiras hipóteses sobre os componentes essenciais da matéria. Segundo eles, o Universo é formado de átomos e vácuo. Os átomos são infinitos e não podem ser cortados ou divididos. São sólidos, mas de tamanho tão reduzidos que não podem ser vistos. Estão sempre se movimentando no vácuo. É com Aristóteles que a Física e as demais ciências ganham o maior impulso na Antiguidade. Suas principais contribuições para a Física são as idéias sobre o movimento, queda de corpos pesados (chamados "graves", daí a origem da palavra "gravidade") e o geocentrismo. Aristóteles descreve o cosmo como um enorme, porém finito, círculo de esferas concêntricas girando em torno da Terra, que se mantêm imóvel no centro delas. O estagirata considera que os corpos caem para chegar ao seu lugar natural. Na antiguidade, consideram-se elementos primários a terra, a água, ar e fogo. Quanto mais pesado um corpo (mais terra) mais rápido cai no chão. A água se espalha pelo chão porque seu lugar natural é a superfície da Terra. O lugar natural do ar é uma espécie de capa em torno da Terra. O fogo fica em uma esfera acima de nossas cabeças e por isso as chamas queimam para cima.

A hidrostática, estudo do equilíbrio dos líquidos, é inaugurada por Arquimedes. Para resolver um problema colocado por Hieron, rei de Siracusa, Arquimedes realiza alguns experimentos e formula o princípio que leva o seu nome: todo corpo mergulhado em um fluido recebe um impulso de baixo para cima (empuxo) igual ao peso do volume do fluido deslocado. Por isso, os corpos mais densos do que a água, afundam e os mais leves, flutuam. Um navio, por exemplo, recebe um empuxo igual ao peso do volume de água que ele desloca. Se o empuxo é superior ao peso do navio ele flutua. Arquimedes - (287 a.C. - 212 a.C.) - nasce em Siracusa, na Sicília, freqüenta a Biblioteca de

Alexandria, onde começa seus estudos de matemática. Torna-se conhecido pelos estudos de hidrostática e por outras invenções, como o parafuso sem ponta para elevar água e engenhosos artefatos bélicos, utilizados na defesa contra os ataques dos romanos. Constrói um espelho gigante que refletia os raios solares e queimava a distância os navios inimigos. É também atribuído a Arquimedes o princípio da alavanca. Com base neste princípio, foram construídas catapultas que também ajudaram a resistir aos romanos. Depois de mais de três anos, a cidade é invadida e Arquimedes é assassinado por um soldado romano.

Nesta fase encontramos Aristarco de Samos, que utilizava a geometria de Euclides para cálculos astronômicos sendo o primeiro a propor o sistema heliocêntrico. E também temos o grande Eratóstenes de Siene, o primeiro a medir a circunferência da Terra com um erro tolerável para a época, sendo que dispunha de poucos instrumentos para fazê-lo com precisão.

Cabe pontuar que a lógica aristotélica irá dominar os estudos da Física até o final da Idade Média.

Química

Nesta Unidade podemos resgatar, primeiramente, os conhecimentos dos povos primitivos, cujo estudo pode dar uma boa base ao aprendizado acerca do estudo da matéria. Um bom exemplo dessa temática é o estudo dos metais, sua produção e suas transformações, pois o aluno terá oportunidade de apreender o desenvolvimento e aprimoramento das técnicas como algo fundamental para Sociedade Escravista.

Também é recomendada a discussão do tema com base na realização ou observação de um experimento envolvendo transformação de metais ou seus sais.

Nesta linha, muitas propriedades da matéria deverão ser desenvolvidas, assim como algumas técnicas para manuseio de instrumentos de laboratório ou mesmo projetos para adaptação e criação deste material.

Outro tema importante a ser estudado é o conceito de átomo, já que o resgate dos conceitos desenvolvidos pela civilização Grega é fundamental para a formação e a aprendizagem, não só deste tema, mas também para os estudos que deverão ser feitos adiante.

É importante ressaltar que o resgate destes conhecimentos deve estar plenamente contextualizado, pois dessa forma os conceitos de modelo, correntes de pensamento e influência na produção científica futura poderão ser adequadamente desenvolvidos.

Biologia

No mundo antigo houve uma expressiva produção de conhecimentos biológicos e, no texto inicial, procuramos ilustrar como estes conhecimentos estavam ligados à vida dos homens. Para desenvolver esta unidade, podemos recorrer aos estudos de Aristóteles sobre os animais, de Teofrasto sobre as plantas ou ainda aos trabalhos de Galeno no campo da anatomia.

Aristóteles merece destaque nas investigações em zoologia e biologia, pois suas investigações permitiram uma análise dos animais e de seus processos biológicos. O universo biológico de Aristóteles está diretamente relacionado ao seu sistema filosófico com os *seres vivos*, organizados em uma escala de perfeição natural que vai das plantas até os ínfimos organismos e destes até o homem, animal superior, *lógico e político*. Em suas investigações, marcadas pela observação naturalista e a abstração teórica, procurou demonstrar que na natureza domina a ordem e a regularidade. Na sua *Investigação Sobre os Animais*, obra constituída por dez livros, os estudos estão sistematizados da seguinte forma: espécie por espécie, do ponto de vista geral e comparativo, com um tratamento sucessivo das “partes” (órgãos, sistemas) das funções fisiológicas (percepção, reprodução, alimentação) e dos comportamentos animais, (cópula, nidificação, migração, hibernação, etc). Ainda que sua obra não contenha uma taxionomia rigorosa, ela apresenta distinções e dicotomias que permitem classificar os animais estudados. A ordenação por dicotomia é acompanhada de uma anatomia comparada e de uma concepção da fisiologia animal e suas partes analisadas por analogia e contraste. Suas observações são ricas em detalhes, principalmente sobre o comportamento de peixes e cefalópodes e o desenvolvimento embrionário das aves.

Aristóteles no seu estudo sobre a *Reprodução dos Animais*, obra organizada em cinco livros, versa sobre a procriação e questões relacionadas com a herança. Galeno, médico romano, exerceu grande influência sobre os estudos de anatomia. Dos seus estudos, muitos foram perdidos, mas a obra *Do Uso das Partes do Corpo Humano*, constituída de 17 volumes, denota a importância de seus escritos.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

1. Aquisição de Linguagens

É importante, de início, ressaltar que não estamos propondo para esta série do Ensino Médio colocar em tela tudo o que foi produzido pelos homens nesta sociedade, no que tange a área de Ciências da Natureza e Matemática, mas selecionar dentre o que foi formulado, algo que possa ser relevante para pensar o conhecimento como repostas formuladas por homens concretos ao enfrentarem os problemas do seu tempo.

No estudo desta Unidade podemos, em matemática, propor leituras de extratos dos Pré-Socráticos, de Platão ou de Aristóteles, para recuperar aspectos relevantes da matemática grega. Da mesma forma, podemos recorrer a textos de autores romanos para desvelar o movimento de formação, desenvolvimento e crise do Império Romano.

Considerando que alguns livros da obra *Os Elementos de Euclides* estão disponíveis na internet¹ e que se trata de um texto fundamental no âmbito da área, pois nele Euclides sintetiza todo conhecimento matemático produzido até aquele momento, este pode ser um valioso recurso didático para discutir a geometria no ensino médio.

Na física, a leitura dos fragmentos dos Pré-Socráticos e a crítica moderna, feita, por exemplo, por Hegel e Nietzsche, podem ser relevantes para mostrar as primeiras concepções sobre a matéria. Neste momento é imprescindível tratar dos trabalhos de Leucipo e Demócrito, pois representam as bases do pensamento atomista. Para se ter uma síntese dessas formulações podemos recorrer a extratos da *Física* ou da *Metafísica* de Aristóteles onde ele discute a questão e defende a *Teoria dos quatro elementos*. Pode-se recorrer também a uma série de fascículos intitulados *História do Pensamento*, publicados pela Editora Abril Cultural.

Para acessar os alunos aos conhecimentos produzidos no campo da astronomia, área que desde a antiguidade despertou o interesse de homens talentosos, podemos recorrer a fragmentos de alguns Pré-Socráticos, como os Pitagóricos, com a idéia da esfericidade da Terra e dos demais corpos celestes, dos Eleatas que colocaram a Terra no centro do mundo. Por outro lado, é relevante recuperar Heráclito com seu interesse pelo devir e Anaxágoras com a idéia do turbilhão e a tese da pluralidade dos mundos. Da Acadêmica platônica o mundo como criação ordenada, onde os planetas desenvolvem movimentos regulares ao redor da Terra esférica que ocupa o centro do mundo. Sobre bases platônicas de um universo formado por esferas concêntricas, Eudóxio de Cnide formula o sistema de esferas homocêntricas para explicar os movimentos diferentes do Sol, da Lua, dos planetas e das estrelas fixas. Aristóteles adota o sistema de Eudóxio com as correções de Calipo, introduzindo a idéia de esferas compensadoras. No período helênico a Astronomia avança com Aristarco de Samos que defende a tese que a Terra e os demais planetas giravam em torno do Sol, e não o contrário. Apesar deste importante trabalho, homens ilustres como Arquimedes rejeitaram esta idéia, pois a sociedade não estava disposta a tirar a Terra do centro do mundo. Como cresciam as evidências que revelavam a fragilidade do sistema das esferas homocêntricas, Hiparco propôs a teoria dos círculos excêntricos e dos epiciclos. Em Alexandria, três séculos mais tarde, Cláudio Ptolomeu retoma os trabalhos de Hiparco, principalmente a teoria dos planetas, e continua a catalogação das estrelas que foram divididas, a partir de seu brilho aparente, em seis categorias. Apesar de consciencioso em suas inumeráveis observações, da mesma forma que Hiparco, Ptolomeu não deu atenção à teoria heliocêntrica de Aristarco de Samos.

Na química, assim como na física, é fundamental o estudo sobre as concepções da matéria. Estes estudos são importantes para compreensão dos trabalhos com metais que, indiscutivelmente, tiveram uma grande relevância social. A recuperação desses conhecimentos, incluindo as técnicas e os instrumentos que eram utilizados, pode ser feita através de textos de história da química, em periódicos da área e na internet, especialmente em *sites* ligados à universidades.

¹ www.mat.uc.pt/~jaimecs/euclid/eleme.htm

Na biologia, é fundamental recuperar os trabalhos sistematizados por Aristóteles através de leituras de partes de obras como a *Investigação Sobre os Animais* ou *Reprodução dos Animais*, para dimensionar a importância dos estudos realizados.

No âmbito da anatomia é fundamental recuperar os estudos do médico romano Cláudio Galeno. Para tanto, podemos utilizar obras como a do Prof. Carlos A. M. Gottschall, *O sopro da alma e a bomba da vida: três mil anos de idéias sobre respiração e circulação*, que faz referência aos conhecimentos anatômicos produzidos nesta época.

Em linhas gerais, para recuperar conhecimentos produzidos nesta Unidade podemos utilizar textos de História da Ciência ou artigos de periódicos como a Revista Brasileira de História da Ciência publicada pela Unicamp ou na internet.

2. Iniciação à pesquisa e produção de texto.

Para tratar os conhecimentos produzidos no mundo antigo, nas civilizações grega e romana, além de extratos das obras já citadas, podemos recorrer a outras fontes. Por exemplo, alguns episódios, filmes, da série *Cosmos* de Carl Sagan e o próprio livro onde o autor trata da ciência deste período pode ser utilizados como recurso didático.

A recuperação dos experimentos realizados e a proposição para que os alunos, em grupo, realizem atividades experimentais podem ser potencializadas. Na medida do possível, podemos sugerir o uso do computador e dos recursos da informática para elaboração dos relatórios.

Conforme já colocamos, nesta Unidade temática o aluno poderá entrar em contato com a concepção dedutiva do conhecimento matemático por meio da leitura de parte da obra "*Os Elementos*" de Euclides. Pesquisar sobre a relevância social dos conhecimentos matemáticos da época, por exemplo, a presença destes na arquitetura e nas artes pode alargar bastante a visão dos alunos.

Além da produção de textos a partir de leituras já sugeridas no tópico anterior, o professor poderá propor questões visando ampliação deste universo, possibilitando aos alunos desvelar as relações entre as disciplinas que compõem a área e a ligação destes conhecimentos com a totalidade. Considerando que os fenômenos biológicos estão sujeitos também as leis físicas e químicas, podemos colocar, para exemplificar, a seguinte questão: Em que medida a física e a química limitavam a formulação de explicações sobre funções vitais como a digestão e a circulação? Neste período, Hiparco organizou um catálogo de mais de 800 estrelas, cuja posição estava exatamente determinada. Ptolomeu continuou este trabalho, dividindo as estrelas, a partir de seu brilho aparente, em seis categorias. Diante disso, podemos colocar o seguinte questionamento: Estes conhecimentos foram produzidos para responder a que necessidades? Com a produção destes conhecimentos, no âmbito das ciências, que necessidades foram colocadas.

Podemos propor uma investigação para que os alunos, durante um ano, através de observações e sem o uso de equipamentos sofisticados, identifiquem estrelas e constelações. Este projeto, que pode ser denominado *Descobrimos o céu*, para ser executado, inevitavelmente, levará a outras fontes, como o *Atlas Celeste*, do Astrônomo Ronaldo Rogério Freitas Mourão. Atividades como estas permitem colocar em discussão os procedimentos dos antigos na produção desses

conhecimentos e também, resgatar o fascínio que a Astronomia exerceu sobre os homens de diferentes civilizações.

3. Textos Fundamentais

ARISTÓTELES. *Investigación sobre los animales – Livro I ao X*. Madrid: Gredos, 1992

ARISTÓTELES. *Metafísica*. Madrid: Espasa, 2000.

ARISTÓTELES. *Reproducción de los animales – Livro I ao V*. Madrid: Gredos, 1994.

BIEMBENGUT, Maria Salett. *Número de ouro e Secção Áurea*. Blumenau: FURB, 1996.

EVES, Howard. *Introdução à História da Matemática*. Campinas, Unicamp, 1997.

GOTTSCHALL, C. A. M. *O sopro da alma e a bomba da vida*. Porto Alegre: AGE/FUC, 2000.

MACHADO, Nilson José. *Matemática e Realidade*. São Paulo: Cortez, 1997, p.19-25.

MILIES, Francisco César Polcino e BUSSAB, José Hugo de Oliveira. *A geometria na Antiguidade Clássica*. São Paulo: FTD, 1999.

MOURÃO, Ronaldo R. de Freitas. *Atlas Celeste*. 6ª ed. Petrópolis: Vozes, 1986.

PRÉ-SOCRÁTICOS. *Fragments, doxografia e comentários*. São Paulo: Nova Cultural, 1999. (Os pensadores)

A leitura de textos da Revista do Professor de Matemática (algumas sugestões):

ÁVILA, Geraldo. *Geometria e Astronomia*. RPM, n. 13, p. 5 – 12.

_____ *Arquimedes, a esfera e o Cilindro*. RPM, nº 10, p. 11 – 20.

_____ *Retângulo áureo, divisão áurea e seqüência de Fibonacci*. RPM, nº 4, p. 09-14.

BONGIOVANI, Vincenzo. *Ano Bissesto*. RPM, nº 20, p.14-15.

BONGIOVANNI, Vincenzo e WATANABE, Renate. *Pi Acaba?*. RPM, nº 19, p. 1-8.

GUELII, Oscar. *Visualizando as equações*. RPM, nº 16, p. 29 – 35.

PUTNOKI, José Carlos. *Que se devolvam a Euclides a régua e o compasso*. RPM, n. 13, p. 12-17.

ROSA, Euclides. *Como abrir um túnel, se você sabe geometria*. RPM, nº 5, p. 2-5.

SOUZA, Severino de. *Arquimedes e a coroa do rei*. RPM, nº 9, p. 11-20

Sugestões de filmes e documentários:

COSMOS (Série, Episódio 1/3). Direção: Carl Sagan. Produção: Turner Home Entertainment. Distribuidora: Videolar da Amazônia S.A. 1981.

Uso de software (alguns exemplos):

*Módulo e Volumes – <http://www.auge.com.br/>

*Geometria Descritiva – <http://www.dapp.min-edu.pt/nonio/softeduc/soft3/gem.htm>

*Exploração do teorema de Pitágoras com o Cabri Geométric – <http://www.malhatlantica.pt/mat/historia.htm>

* The Factory – <http://www.educasoft.com.br/Telas/frpagina2.htm>

* Siracusa – <http://www.educasoft.com.br/Telas/frpagina2.htm>

*Matemática 2 - <http://www.educasoft.com.br/Telas/frpagina2.htm>

Uso de algumas fitas:

- Geometria – <http://www.mavil.com.br/ft22.htm>

Vol 1: Ângulos, Vol 2: Polígonos, Vol 3: Triângulos, Vol 4: Quadriláteros, Vol 5: Circunferências.

TEMA B: A EUROPA MEDIEVAL

Unidade Temática II: O Mundo Feudal e a Transição para Modernidade

Matemática

Nesta unidade temática, o aluno se defrontará com um período caracterizado por profundas transformações ocorridas no âmbito da sociedade da época. A concepção de mundo do homem europeu sofre mudanças na medida que se alastram os horizontes geográficos com o desenvolvimento da navegação, com o florescer da classe social burguesa nas cidades e o fortalecimento de um comércio que extrapola os limites feudais e torna-se gradativamente um comércio internacional.

O aluno precisa conhecer a ciência matemática produzida nesse período através das idéias, dos valores e costumes da sociedade da época. Para tanto, é preciso conhecer a concepção de mundo que se expressa nas idéias dos homens que influenciaram de sobremaneira a elaboração do conhecimento matemático dessas civilizações. Este período ficou caracterizado como o modo racional de pensar o conhecimento matemático. Não bastava a observação e a experimentação para estabelecer o conhecimento do fenômeno, era necessário descrever usando o conhecimento matemático para explicar e justificar o fenômeno observado. Tivemos aqui, o desenvolvimento da idéia de função, quando Galileu introduziu o tratamento quantitativo nas suas representações gráficas. Segundo ele, o universo pode ser escrito em linguagem matemática. Galileu Galilei introduziu, com seu modo de pensar a ciência, uma nova metodologia para a pesquisa científica.

Foi nesta época que houve o aprimoramento dos instrumentos de medida, propiciando a busca de resultados inspirados na experiência e na observação. Em seguida, Descartes com seu estudo sobre o método cartesiano de conhecimento, contribuiu para a idéia de função. Entretanto, foi só a partir dos trabalhos Newton e Leibniz que se delineou o conceito.

Neste período, a matemática também sofreu grande avanço; na aritmética, para resolução de problemas, na astronomia com a descoberta dos logaritmos para auxiliar os cálculos com números grandes, na matemática financeira com o desenvolvimento do comércio internacional.

Para que o aluno possa apreender o conceito de funções desde sua essência, é necessário que ele passe pelo recurso experimental, pois se defrontará com o fenômeno a ser estudado, o que levará este aluno a buscar soluções para resolver o fenômeno. Neste momento, é importante o resgate da álgebra desde seus primórdios, pois estaremos propiciando, também aos alunos, a vivência das fases do desenvolvimento da noção de função. A primeira fase, na Antiguidade, onde o estudo de casos de dependência entre duas quantidades ainda não havia isolado as noções de variável e de função; a segunda fase, na Idade Média, onde as noções eram expressas sob uma forma geométrica e mecânica, mas em que ainda prevaleciam as descrições verbais ou gráficas. É no Período Moderno, que a noção se define como quantidades dependentes. É ainda nesta fase, que devemos trabalhar de forma mais detalhada a matematização dos fenômenos da natureza.

Cabe aqui estudar com os alunos a introdução à Álgebra desde de Diofanto até Descartes e François Viète. O aluno poderá perceber que cada fase da evolução da álgebra está intimamente

ligada ao modo de pensar, ao modo de ver o mundo que cada sociedade tem em sua época. Isto faz, com que o conhecimento matemático caminhe de forma a acompanhar as pequenas ou bruscas mudanças de cada período. Estudar como os Árabes e Hindus chegaram a solução de equação do 2º grau de forma geométrica e não consideravam as raízes negativas, já que para eles não tinha significado esse número negativo, leva o aluno a perceber o processo de produção do conhecimento matemático. A resolução da equação do terceiro grau veio bem mais tarde, com Tartaglia e Cardano, num desafio para uma disputa matemática. Duelo relativamente comum naquela época de efervescência criativa e extraordinária explosão produtiva nas artes, na literatura e nas ciências.

Física

Este é o momento oportuno para colocar em discussão os estudos de Copérnico sobre o *movimento dos corpos celestes*, pois este trabalho é um marco na reação contra um longo período de dominação da Igreja. Ao defender a mudança de concepção do posicionamento do planeta Terra no Cosmos, Copérnico, não só contribuía para os estudos astronômicos, mas possibilitava ao homem uma nova posição como centro emanador das visões que direcionaram os rumos da humanidade.

Giordano Bruno, em seguida, vê o Universo como um sistema em permanente transformação, no qual, como já afirmava Heráclito de Éfeso, todas as coisas são e não são ao mesmo tempo. O mundo não é como pretendia o aristotelismo – filosofia que simboliza, segundo Bruno, *tudo que é morto e seco no universo* –, uma estrutura hierarquizada na qual o movimento (atualização de um potência) seria comandado, em última instância, pelo estático (o ato puro do imóvel primeiro motor). Ao contrário, o Universo seria um todo no qual nada é imóvel, nem mesmo a Terra, como afirma a antiga religião dos egípcios.

Descartes, durante os cinco primeiros anos de permanência na Holanda elaborou um pequeno tratado de metafísica e, principalmente, à composição de uma obra que deveria abarcar o conjunto da física: *O tratado do mundo e da luz*. O trabalho já estava pronto para ser impresso quando este tomou conhecimento da condenação de Galileu, motivada por uma tese a que ele também havia aderido: a do movimento da Terra.

Outro grande personagem desta fase foi Francis Bacon considerado por alguns como fundador da ciência moderna e do *empirismo*. A teoria da indução, tal como exposta por Bacon no *Novum Organum – Livro I*, distingue inicialmente experiência vaga e experiência escriturada. A primeira compreende o conjunto de noções recolhidas pelo observador quando opera ao acaso. A segunda abrange o conjunto de noções acumuladas pelo investigador quando, tendo sido posto de sobreaviso por determinado motivo, observa metodicamente e faz experimentos. Este último tipo constitui o mais importante e o ponto de partida para a constituição das tábuas de investigação, núcleo de todo o método baconiano. No livro II este faz uso das referidas tábuas para investigar o calor.

Outro componente desta fase foi, Galileu Galilei, um dos criadores da física moderna, quando enunciou as leis fundamentais do movimento, foi também um dos maiores astrônomos de todos os tempos, pelas observações pioneiras que fez com o telescópio.

Química

Com a decadência da sociedade feudal, começam a se organizar pequenas cidades ao redor do castelo do Senhor Feudal ou no entroncamento das estradas que ligavam os feudos. Essas localidades se dedicavam a atividade comercial, sendo denominadas *Burgos*. Nestes espaços, para atender o mercado insipiente a produção era artesanal. É no competente manuseio das forças naturais que as filosofias grega e árabe começaram a encontrar seu caminho no ocidente. Foi nessa atmosfera de simbologismos e signos que os primeiros textos gregos filosóficos foram traduzidos para a língua latina.

A alquimia, ciência embasada num pensamento mágico-vitalista, deixou grande legado no campo das experimentações, nos estudos com metais, ácidos e sais, através de seu arsenal técnico, não somente em nível de instrumentos, mas também de métodos práticos e na nomenclatura das substâncias.

Os grandes nomes do ensino filosófico no medievo europeu eram de origem clerical, principalmente das ordens dos dominicanos e franciscanos, que mantinham casas de estudos onde eram proporcionados ensinamentos diferenciados aos seus membros mais promissores. Um desses membros, Roger Bacon (1214-1292), viria a ser um dos maiores divulgadores da alquimia.

Seria importante para o estudo dessa temática o resgate da obra de Roger Bacon, sua interpretação à luz do contexto do medievo europeu. Neste momento uma outra metodologia que o professor do ensino médio pode empregar com a maior chance de êxito é a reprodução de alguns experimentos alquímicos. A discussão que poderá ser gerada em torno destes experimentos poderá alcançar níveis maiores de aprofundamento nas questões estudadas.

Biologia

Nesta unidade poderemos resgatar escritos de Santo Agostinho, que na condição de representante maior da patrística, nos permite desvelar, em parte, o momento de decadência do Império Romano (da sociedade escravista) e de consolidação do Cristianismo, essenciais para o estabelecimento de uma nova ordem social. A influência da escola platônica e a sua ligação com a nova ordem social, o feudalismo, aparece, por exemplo, nas *Confissões* (Livro XII) onde ele fala sobre *A Criação*.

Se no desenvolvimento da sociedade feudal tivemos alguns estudiosos, no campo da anatomia os avanços foram pequenos devido à influência do pensamento escolástico que limitava todo conhecimento ao quadro de referência teológico. A fase renascentista representa um momento fundamental para ciência, incluindo a Biologia; pois, esse movimento de reação à ordem feudal, possibilita novas leituras e redimensionamento de várias questões. Nesse período temos, por exemplo, os trabalhos de Leonardo da Vinci (pranchas de anatomia), de André Versálio, autor da obra *De Humani Corporis Fabrica*, que revolucionaram a área de anatomia e de William Harvey, que versa sobre os movimentos do coração e do sangue, descrevendo de forma consistente a completa circulação sanguínea, considerado o criador da Fisiologia Moderna. Descartes, no *Discurso do Método*, tece elogios ao rigor científico presente no trabalho de Harvey.

A fecundidade dessa época para as ciências biológicas, além dos trabalhos já citados, pode ser evidenciada nos estudos F. Sylvius, que sugerem que a digestão envolve processos químicos e não somente mecânicos. O físico francês R. A. Ferchault de Réaumur realiza experimentos para testar se realmente envolve reações químicas. Pelo trabalho do físico italiano V. Menghini, o ferro é identificado com um dos componentes do corpo. A percepção da relação direta entre músculos e nervos leva o fisiologista suíço A. Von Haller, com seus trabalhos, a inaugurar o nascimento da Neurologia. Os trabalhos do físico inglês R. Hooke, primeiros desenhos de células observadas ao microscópio, e do holandês A. Von Leeuwenhoek, examinando ao microscópio seres ínfimos em gotas de água coletadas num lago, marca o estabelecimento de um novo cenário para investigação. Um século depois (1773), o biólogo dinamarquês O. F. Muller começa os estudos sobre os micróbios.

Apesar dos estudos sistemáticos sobre os invertebrados, o naturalista francês Jean-Baptiste de Lamack ficou conhecido pela sua hipótese sobre a evolução das espécies. Neste momento nasce a Paleontologia, estudo dos animais e plantas extintos, através dos trabalhos do naturalista francês George Cuvier, maior especialista em anatomia dessa época. Estes trabalhos foram fundamentais na formulação do pensamento evolucionista.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

1. Aquisição de Linguagens

O filme *Giordano Bruno*, de Giuliano Montaldo, representa um recurso didático valioso para recuperar os contornos desta Unidade. Uma sessão para assistir o filme e outra para a discussão sobre o seu conteúdo, tendo a possibilidade de retomar as imagens no decorrer dos trabalhos. Outro material interessante é a peça de teatro *A Vida de Galileu*, de Bertolt Brecht. O acesso a peças teatrais como a citada é importante, por se tratar de uma forma de linguagem que nos permite desvelar aspectos importantes do momento que está sendo estudado.

Nesta Unidade, na matemática ou pontualmente no campo da Álgebra, podemos recuperar os trabalhos realizados desde Diofanto até Descartes e François Viète. A resolução de equações, incluindo a de 3ª grau, pode ser objeto de estudo. Recuperar os trabalhos de Galileu, com o uso da linguagem matemática no tratamento dos dados, pode ser extremamente relevante para demonstrar o surgimento da noção de função.

Na física, é fundamental recuperar extratos da obra de Copérnico sobre o movimento dos corpos celestes, que dezessete séculos depois de Aristarco retoma a teoria heliocêntrica. Esta obra teve grande importância para época.

Leituras de pelo menos parte de um dos diálogos que constitui a obra *Acerca do infinito, do universo e dos mundos* de Giordano Bruno, pensador ligado à igreja e bastante influenciado pelo trabalho de Copérnico, são recomendadas, pois registram de forma exemplar um movimento contra uma ordem social que não responde mais as necessidades do seu tempo. A peça *A vida de Galileu*, de Bertolt Brecht é outro texto que revela a relação entre a ciência e sociedade neste momento.

Entre os textos fundamentais para a área, podemos recuperar o *Novum Organum* ou *Verdadeiras indicações acerca da interpretação da natureza*, de F. Bacon e o *Discurso do Método*, de Descartes. No livro I do *Novum Organum* Bacon, da mesma forma que Descartes no *Discurso do Método*, discute caminhos para se fazer ciência. No livro II, Bacon busca demonstrar o uso dos instrumentos, das tábuas, para se fazer ciência. A recuperação destes textos é relevante considerando os seguintes aspectos: a importância social de se propor novos caminhos em oposição aos que sustentavam as relações do mundo feudal em decomposição; a influência destas produções no desenvolvimento da ciência e a crítica que se faz atualmente aos princípios basilares que possibilitaram o esplendor da ciência moderna. Cabe ressaltar que não estamos falando de um estudo exaustivo, mas de algo que nos possibilite entrar no debate.

Para estudo do *Novum Organum* (Livro I), de Francis Bacon, podemos, por exemplo, propor atividades em grupo, onde cada grupo fique responsável pela discussão de um aforismo. Através desta atividade podemos colocar em debate aspectos fundamentais da obra, sendo vital a escolha, por parte do professor, dos aforismos que serão discutidos.

Extratos de textos de Galileu Galilei, principalmente das *Duas Novas Ciências*, podem ser utilizados para recuperar suas importantes contribuições para a mecânica. É fundamental que os trabalhos de Tycho Brahe e Johannes Kepler também sejam recuperados.

No âmbito da química, podemos colocar em tela significativos conhecimentos alquímicos através da obra de Roger Bacon. Textos de história da química, periódicos da área e sites da internet, principalmente os ligados às universidades, podem oferecer material de qualidade.

Os trabalhos de Leonardo da Vinci no campo da anatomia, as pranchas, podem ser acessados através de uma publicação – *Coleção de Arte* – da Editora Globo e, também, através da internet.

Se no caso dos trabalhos de Versálio e Harvey as fontes primárias são de difícil acesso, podemos recuperar um pouco destes trabalhos no livro do Prof. Carlos A. M. Gottschall, já citado anteriormente. Em Descartes, no texto *As Paixões da Alma*, temos material para colocar em discussão o pensamento mecanicista que passa a influenciar grandemente a ciência a partir dessa época.

Para o estudo dos trabalhos do físico inglês R. Hooke (primeiros desenhos de células observadas ao microscópio), do holandês A. Von Leeuwenhoek (examinando ao microscópio seres ínfimos em gotas de água coletadas num lago) e do biólogo dinamarquês O. F. Muller (começa os estudos sobre os micróbios) podemos recorrer a extratos de texto de história da ciência ou a verbetes da *Enciclopédia*.

Leituras de textos que registrem a contribuição de Lamarck, sobretudo para formulação da teoria da evolução, visando superar uma visão simplificadora sobre os seus trabalhos são essenciais. Cabe recuperar também os estudos do francês George Cuvier, maior especialista em anatomia dessa época sobre animais e plantas extintos. Estes estudos marcam o nascimento da Paleontologia. Diante da dificuldade de obtermos, por exemplo, textos como *Filosofia zoológica* de Lamarck, podemos buscar textos significativos que tratam desses conhecimentos como *História Natural do Homem*, de André Bourguignon.

Cabe ressaltar que em todas as unidades temáticas é primordial que no desenvolvimento do trabalho didático se utilize os recursos tecnológicos disponíveis na escola, como a televisão e o vídeo, pois há material, como documentários que são facilmente acessíveis e que não estão sendo utilizados; o uso do computador (softwares com simulações de fenômenos físicos), visitas aos laboratórios das universidades e observatórios.

2. Iniciação à pesquisa e produção de texto.

Para contextualizar esta Unidade, podemos ainda propor outras leituras como algumas Cartas de Galileu sobre a questão religiosa, publicada na obra *Ciência e Fé*, de Galileu Galilei.

Além da encenação da peça *A vida de Galileu*, ou de parte dela, podemos propor para os alunos a adaptação para a linguagem teatral dos diálogos de Bruno ou de Galileu, forma de escrita comum neste período. Experiências como estas podem dar mais densidade ao trabalho didático, pois exigem um grandioso trabalho de pesquisa.

Além de leituras de extratos do *Novum Organum*, o professor poderá nesta Unidade propor a leitura de outros textos, como *Nova Atlântida*, onde Bacon descreve um Estado imaginário em que a felicidade decorre das atividades

realizadas na Casa de Salomão, onde vivem e trabalham os sábios, que são responsáveis pelo bem-estar da população.

Através de um filme, documentário, da série Cosmos, de Carl Sagan os alunos poderão ter um primeiro contato com os trabalhos de Christiaan Huygens, Leonardo da Vinci, Nicolau Copérnico, René Descartes, Galileu Galilei, Tycho Brahe e Johannes Kepler. Uma aproximação mais rica pode ser feita pelo livro Cosmos, de Carl Sagan.

Sessões de estudo para discutir os conhecimentos de anatomia e de fisiologia, buscando estabelecer conexões com as outras disciplinas da área podem contribuir, não só para compreensão destes conhecimentos, mas, sobretudo para superar os limites da própria biologia. A discussão dos trabalhos de R. Hooke, A. Von Leeuwenhoek e O. F. Muller podem ser precedidos de trabalhos experimentais. Para tanto, podemos recorrer a instrumentos simples, acessíveis à escola. Pesquisar a evolução da técnica, particularmente aos avanços relacionados com esta Unidade pode contribuir para, efetivamente, alcançarmos a dimensão de área.

Dentro da perspectiva adotada, serão relevantes a recuperação e discussão de experimentos fundamentais para a área, a partir, se possível, de fontes primárias. A realização de atividades experimentais, com coleta de dados (valores de diversas medidas, tais como: tempo, temperatura, velocidade, aceleração, fenômenos de refração e de reflexão, etc.), análise e discussão dos resultados podem ser potencializados.

É oportuno frisar que é indispensável que as leituras sejam precedidas por relatórios, textos produzidos que expressem a forma de apropriação dos conhecimentos, pois isto é essencial para avaliar o trabalho que está sendo realizado.

3. Textos fundamentais

BACON, Francis. *Novum organum ou Verdadeiras indicações acerca da interpretação da natureza e Nova Atlântida*. – Col. *Pensadores*. (trad. de José Aluysio Reis de Andrade). 2ª ed. São Paulo: Abril Cultural, 1979

BOURGUIGNON, André. *História Natural do Homem*. Vol. 1 – O Homem Imprevisto. (Trad. Maria Luiza X. de A. Borges) Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1990.

BRECHT, Bertold. *A Vida de Galileu*. São Paulo: Abril Cultural, 1977.

BRUNO, Giordano. *Acerca dos infinito, do universo e dos mundos*. (trad. Aura Montenegro) 4ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2000.

BRUNO, Giordano. *Acerca dos infinito, do universo e dos mundos*. (trad. Aura Montenegro) 4ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2000.

EVES, Howard. *Introdução à História da Matemática*. Campinas, Unicamp, 1997.

GALILEI, Galileu. *Ciência e Fé – Coleção Clássicos da Ciência v. 3* (trad. Carlos Arthur R. do Nascimento). São Paulo: Nova Stella Editorial, 1988.

GALILEI, Galileu. *O Ensaíador*. São Paulo: Nova Cultural, 1999. (Coleção Pensadores)

GOTTSCHELL, C. A. M. *O sopro da alma e a bomba da vida*. Porto Alegre: AGE/FUC, 2000.

PAPAVERO, Nelson et al. *História da Biologia Comparada. Desde o Gênesis até o fim do Império Romano do Ocidente*. 2ª ed. Ribeirão Preto: Holos, 2000.

RIVAL, Michel. *Os grandes experimentos científicos*. (trad.: Lucy Magalhães) Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1997, 167 pp.

Sugestões de Periódicos:

A leitura de textos da **Revista do Professor de Matemática** (algumas sugestões):

TUNALA, Nelson. *Resolução geométrica da equação do 2º grau*. RPM, n. 12, p. 33 - 35.

CARVALHO, Paulo Cezar Pinto. *Um Problema Doméstico*. RPM, n. 32, p. 01-08.

GUELLI, Oscar. *A regra da falsa posição*. RPM, nº 15, p. 18-22.

ÁVILA, Geraldo. *Funções e gráficos num problema de freagem*. RPM n. 12, p. 18-23.

MILIES, Francisco César Polcino. *A solução de Tartaglia para a equação do terceiro grau*. RPM, n. 25, p. 15-22.

CARVALHO, Paulo Cezar Pinto. *Um problema "Doméstico"*. RPM, n. 32, p. 1-8.

WAGNER, Eduardo. *Um pouco sobre Descartes*. RPM, n. 19, p. 9-14.

ÁVILA, Geraldo. *Kepler e a órbita elíptica*. RPM, n. 15, p. 2 – 13.

Leitura de Textos da **Revista da Sociedade Brasileira de Educação Matemática** (SBEM):

FRAGOSO, Wagner da Cunha. *Equação do 2º Grau: Uma abordagem histórica*. Educação Matemática em Revista, n. 8, p. 57-61.

ZUFFI, Edna Maura. *Alguns Aspectos do desenvolvimento histórico do Conceito de Função*. Educação Matemática em Revista, SBEM, n. 9, p. 10-16.

Sugestões de filmes e documentários:

GIORDANO BRUNO. Direção: Giuliano Montaldo. Produção: Champion/ Roma. Distribuidora: Globo Vídeo, 1984.

COSMOS (Série Cosmos: Episódio 3) Direção: Carl Sagan. Produção: Turner Home Entertainment. Distribuidora: Videolar da Amazônia S.A. 1981.

TEMA C: A MODERNIDADE

Unidade Temática III: O Desenvolvimento da Modernidade

Matemática

Nesta Unidade, o aluno precisa continuar os estudos sobre os conhecimentos que tiveram início na transição e foram desenvolvidos na modernidade. Os problemas financeiros e as grandes navegações fizeram surgir a função exponencial, os logaritmos e as seqüências aritméticas e geométricas. São conhecimentos que foram criados para atender certas necessidades e resolver problemas específicos, ou seja, simplificar as trabalhosas operações aritméticas dos astrônomos, com vistas à elaboração de tabelas de navegação. Esta utilidade prática dos logaritmos perdurou até recentemente, quando foi superada pelo uso das calculadoras. Apesar da trigonometria ter sido descoberta há mais de dois mil anos e sua motivação original ter sido o problema da “resolução de triângulos” baseando-se teoricamente na semelhança de triângulos, podemos perceber neste período, um desenvolvimento acentuado da trigonometria aplicada a cartografia, navegação oceânica e a astronomia. As noções básicas de trigonometria tiveram uma nova dimensão com o surgimento do Cálculo Infinitesimal e posteriormente o avanço teórico da Análise Matemática. Para isso é preciso considerar as funções $\sin t$, $\cos t$ definidas para todo número real t , ou seja, falar em seno e cosseno de um número, em vez de um ângulo. Essa transição é feita por meio de uma função E , que chamamos de função de Euler. É também importante se observar que, por volta de 1600 d.C., a Trigonometria estava num estágio bastante desenvolvido.

A probabilidade teve seu desenvolvimento neste período com os trabalhos de Blaise Pascal e Fermat, portanto podemos trabalhar com a evolução desse conceito, motivando a iniciação do conceito através da própria história de vida de Pascal.

Física

Nesta fase encontramos Isaac Newton, que não foi propriamente um filósofo. Não formulou uma teoria do ser, nem uma ética, nem uma completa teoria do conhecimento. Não é possível, porém, compreender a maior parte da reflexão filosófica do século XVIII e seus desenvolvimentos posteriores, sem se conhecer sua física e sua mecânica celeste. Sua principal obra, *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, é tida por alguns pensadores como um fundamento duradouro das ciências naturais, válido para o futuro, com toda perfeição possível de uma ciência particular.

Esta obra sintetiza de forma primorosa as duas grandes correntes metodológicas da ciência moderna - a matematização e a experiência -, superando por incorporação o empirismo de Francis Bacon e o racionalismo de Descartes. Durante o século XVIII muitas experiências se fizeram com a eletricidade estática obtida por atrito. Franklin demonstrou a relação desta eletricidade com o raio. Também se estabeleceu a diferença entre condutores e isolantes, enquanto Coulomb e Cavendish demonstraram que as forças magnéticas e elétricas diminuam segundo o quadrado da distância. Isto permitiu a Gauss incluí-las com a gravitação num tratamento matemático geral da lei do inverso do quadrado. A Gauss devemos ainda um sistema científico de unidades elétricas.

Com Michael Faraday temos a introdução de uma nova terminologia, ainda hoje em uso – eletrólise, íons, ânodo, cátodo, etc. Os trabalhos experimentais deste cientista demonstraram que devemos encarar o fluxo da eletricidade através dos líquidos condutores como transporte de cargas por átomos ou íons móveis, indo as cargas positivas num sentido e as negativas no oposto. Mas tarde, tivemos uma importante contribuição de Benjamin Franklin, que além de estadista era cientista, na identificação dos pólos positivo e negativo da eletricidade.

Nesta fase foram realizados estudos sobre calor e energia, merecendo destaque os trabalhos de Prescott Joule, que se empenhou em medir experimentalmente o calor liberado pelo trabalho mecânico e elétrico. Os estudos de William Thomson, empregando o conceito de *energia* num sentido restrito para denotar a capacidade de produzir trabalho, contribuíram para os trabalhos de Joule que demonstraram a correlação entre energia e trabalho. Sadi Carnot propôs uma máquina térmica ideal, que funcionava através de transferência de calor da fonte quente para fonte fria. Cabe destacar que estes trabalhos, que levaram as leis fundamentais da termodinâmica, responderam as necessidades tecnológicas da época possibilitando o aprimoramento da máquina a vapor.

Química

Nesta Unidade Temática podemos destacar os trabalhos que contribuíram para o desenvolvimento da teoria atômica, começando com os trabalhos de Dalton. Entretanto, o modelo do átomo indivisível de Dalton estava sendo superado com as novas descobertas no final do século XIX, que comprovavam a existência de uma partícula subatômica, o elétron.

O desenvolvimento, então, de vários modelos atômicos se sucederam, e todas as novas evidências experimentais foram usadas como base na proposição das teses.

Os trabalhos de Mendeleev, com a ordenação dos *elementos químicos* conhecidos e os trabalhos de Arrhenius, com a *Teoria da dissociação eletrolítica*, são tópicos para serem tratados nesta Unidade.

É neste momento quando todo dado experimental passa a ser fundamental na formação de novos conceitos, que a química orgânica dá seus primeiros passos para se firmar como ciência, para isso, derruba a teoria da força vital com os experimentos de F. Wöhler.

Apesar do grande volume de conhecimento produzido nesta época, sugerimos que no desenvolvimento do trabalho didático se dê ênfase as produções mais relevantes na investigação sobre a estrutura da matéria e ao surgimento da química orgânica.

Biologia

A necessidade havia levado o homem ao universo microscópico e neste período tivemos trabalhos importantes, como o do botânico inglês Robert Brown que descobre o núcleo das células, sugerindo ser uma estrutura essencial a vida, pois neste momento não havia conhecimentos consistentes sobre o assunto. Nesta mesma década, os alemães M. J. Schleiden, botânico, e A. H.

Schwann, fisiologista, formulam as bases da Teoria Celular. Quando o espaço se divide em dois, nasce um novo universo, define uma nova unidade. A criação de um universo microscópico, da unidade de base da vida, suscita novas questões, produz novas necessidades técnicas e científicas. E isto, se buscado para além da especialidade, revelará sua ligação com a vida dos homens. Cabe frisar que não estamos propondo, neste momento, recuperar todos os conhecimentos de Biologia Celular, como normalmente aparece nos manuais didáticos de Biologia, pois estes foram sendo produzidos no transcurso da modernidade é, fundamentalmente, porque isso precisa ser redimensionado na organização do currículo. Não podemos colocar em tela no ensino médio, por um semestre, processos altamente complexos, como por exemplo, a bioquímica da fotossíntese ou da respiração celular, mas tratar o essencial destes conhecimentos para que os alunos tenham uma visão geral sobre a dinâmica dos sistemas biológicos.

Neste contexto, de ampliação dos domínios da sociedade capitalista, surge a Teoria da Evolução, propostas por Charles Darwin e Alfred Russel Wallace. A obra ***Origem das Espécies***, de Charles Darwin, é um texto clássico da área e expressa a resposta a uma necessidade social, tendo um grande impacto sobre a sociedade da época, influenciando o pensamento nas diferentes áreas do conhecimento.

O trabalho do químico francês Louis Pasteur, 1862, lança luzes no entendimento de muitas doenças ao defender que os micróbios são causadores de doenças. Anos depois, Pasteur não consegue ser bem sucedido na busca do agente que provoca a raiva, mas o botânico holandês Martinus Willem Beijerinck, 1898, sugere que este agente é pequeno demais para ser visto, denomina-o Vírus. Nos anos seguintes, constata-se que os vírus são responsáveis por muitas doenças, como por exemplo, a gripe e a catapora.

Em 1865 Gregório Mendel, padre agostiniano com formação em Filosofia, desenvolve um trabalho experimental com ervilhas e enuncia as leis da herança, estabelecendo as bases da genética moderna.

Tendo como base a Teoria Celular, o espanhol Santiago Ramón y Cajal, 1889, desenvolve a idéia de que o sistema nervoso é constituído de células especializadas chamadas neurônios. Embora idéias que buscassem explicar a fisiologia do sistema nervoso, baseando-se naturalmente nos aspectos anatômicos, já tivessem sido colocadas anteriormente, nos trabalhos de Cajal isto é explorado com muito mais detalhe. Este trabalho revela os avanços dos estudos da morfologia e fisiologia dos tecidos.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

1. Aquisição de Linguagens

Para tratar os conhecimentos matemáticos sugeridos para esta Unidade Temática (Seqüências aritméticas e geométricas, Logaritmos, Função exponencial, Função de Euler e Probabilidade) podemos buscar textos que denotem o desenvolvimento dos conceitos. É fundamental organizar o trabalho didático de forma que os alunos possam apreender a importância social destes

conhecimentos. Para tanto, é significativa a proposição de problemas onde estes conceitos foram utilizados ou possam ser utilizados.

No âmbito da física, é fundamental o estudo da mecânica newtoniana. Para tanto, leitura de extratos de sua obra *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural* pode ser bastante relevante. A proposição de problemas para que os alunos pensem sobre a mecânica newtoniana e possam utilizar os conhecimentos é fundamental para apreensão dos conceitos.

Para desenvolver os estudos sobre eletricidade e calor podemos recorrer aos experimentos fundamentais sobre o assunto, que podem ser obtidos, por exemplo, em textos como *A História da Ciência*, de William C. Dampier. Para facilitar a compreensão dos conceitos, podemos propor vários roteiros experimentais, dentre os quais, destacamos: Experimento de capacidade térmica do calorímetro, Experimento do calor específico de um sólido e de um líquido, Experimento do calor latente de condensação e de fusão, Experimento sobre condutores ôhmicos e não ôhmicos. Experimento sobre a Ponte de Wheatstone, Experimento sobre a lei da Indução de Faraday, Experimento sobre a lei de Ohm e Experimento sobre circuito série e paralelo de resistores.

Da mesma forma, para o estudo da teoria atômica, podemos recorrer a relatos dos experimentos que foram realizados. Desta forma, os alunos poderão apreender a idéia de modelo e o desenvolvimento destes com relação ao assunto em foco. É oportuno recuperar as bases da química orgânica, por exemplo, através dos experimentos de F. Wöhler. A obra *Os grandes experimentos científicos*, de Michel Rival traz um texto *Do vitalismo à química orgânica*, que pode ser utilizado como recurso didático. Cabe destacar que neste livro o autor relata cerca de quarenta experimentos importantes no quadro de conhecimentos das disciplinas que compõem a área, consultando, na maioria dos casos, as fontes primárias, ou seja, os relatórios e os artigos dos próprios experimentadores. Portanto, este texto representa não só um excelente material, mas se constitui num exemplo de seleção e organização de textos para fins didáticos.

Leituras de alguns capítulos da obra *Origem das Espécies* (como sugestão o capítulo 4 e 15), de Charles Darwin será fundamental para o estudo desse texto precioso. Além deste texto, podemos extrair da obra *As Cartas de Charles Darwin*, publicadas no Brasil pela editora da Unesp, algumas cartas para estudo. Cabe ressaltar que fontes como estas são valiosas para humanizar a ciência e denotar sua dimensão social. Estes textos, além de sua importância para as ciências biológicas, podem contribuir para desvelar conexões com outras disciplinas da área.

Para o estudo dos trabalhos de Mendel, base da genética moderna, pode-se recorrer aos relatos experimentais, pois a partir destes podemos colocar em discussão aspectos relevantes do estudo, como o problema, as hipóteses, o tratamento matemático e os resultados que possibilitaram as generalizações mendeliana.

Nesta unidade podemos recuperar os estudos de Louis Pasteur sobre os micróbios, o que possibilitou a compreensão de muitas doenças. Cabe recuperar também os estudos preliminares sobre os vírus.

2. Iniciação à pesquisa e produção de texto.

A leitura de textos fundamentais sobre os conhecimentos matemáticos pertinentes a esta unidade pode ser precedida de atividades de campo, envolvendo a coleta de dados, a análise e a discussão dos mesmos. É importante investigar a aplicação da linguagem matemática, particularmente dos conceitos estudados, em outras áreas do conhecimento.

A influência da mecânica newtoniana sobre o pensamento, sobre as diversas áreas de conhecimento, poder ser um interessante tema de pesquisa para desvelar o sentido social da ciência. Outro tema relevante diz respeito ao desenvolvimento da técnica e da ciência na produção da primeira máquina a vapor.

Para realização dos roteiros experimentais, sugerimos a formação de pequenos grupos, e a elaboração de relatório apresentando os resultados e a discussão sobre a atividade realizada. Pesquisas sobre a aplicação destes conhecimentos nas diversas atividades humanas serão fundamentais para motivar os alunos nos estudos.

No capítulo IV, *A seleção natural ou a perseverança do mais capaz*, da obra *Origem das Espécies*, Darwin apresenta a idéia central da sua teoria e no capítulo XV, *Recapitulações e conclusões*, faz uma síntese geral do texto. Diante da importância desta obra para a área pode-se propor uma pesquisa envolvendo conceitos fundamentais, tratados de forma detalhada em outros capítulos. Para contextualizar a produção de Darwin e Wallace, além do texto, *As Cartas de Charles Darwin*, podemos recorrer a outras obras, como o texto biográfico *Darwin - a vida de um evolucionista atormentado*, de Desmond & Adrian.

Pesquisas sobre o impacto da obra *Origem das Espécies* na época, sobre o desenvolvimento de um *Darwinismo Social*, pode alargar os horizontes dos alunos acerca da relação ciência e sociedade.

Para que os alunos compreendam a importância do trabalho de Mendel é interessante pesquisar em outras fontes sobre as condições sócio-econômicas da época. Esta pesquisa também será essencial para situar Mendel historicamente como homem dotado de conhecimentos que lhe permitiram a colocação do problema, a proposição de hipóteses e o delineamento experimental, bem como o uso da linguagem matemática no tratamento dos dados. Podemos propor a repetição do trabalho experimental de Mendel utilizando outra espécie vegetal. Para isto os alunos terão que buscar fontes e levantar uma série de informações, e durante o trabalho exercitarão a coleta de dados, a sistematização e a análise. O professor terá a oportunidade de orientar os alunos em todas as fases, inclusive a fase de elaboração do relatório.

Pesquisar sobre os trabalhos de Louis Pasteur e a sua influência no âmbito da área e da produção animal e vegetal pode ser relevante para ampliar a visão dos alunos.

3. Textos Fundamentais

BAUMGART, John K. *Álgebra: Tópicos de História da Matemática*. São Paulo: Atual, 1992, p. 96 – 103.

DARWIN, Charles. *A origem das espécies*. (Trad. Eduardo Fonseca). São Paulo: Hemus, 1979.

DARWIN, Charles. *As Cartas de Charles Darwin – Uma seleção, 1825-1859*. (Trad. Vera Ribeiro). São Paulo: Ed. UNESP, 2000.

DESCARTES, René. *Discurso do Método*. In: Descartes. Os pensadores. São Paulo: Abril Cultural, 1979, p. 25-71.

EVES, Howard. *Introdução à História da Matemática*. Campinas, Unicamp, 1997.

FLORIANI, José Valdir. *Função logarítmica*. Blumenau: Ed. da FURB, 1999.

GAROZZO, Filippo. *Gregório Mendel* (Col. Os Homens que mudaram a humanidade) Rio de Janeiro: Editora Três, 1975.

GOULD, Stephen Jay. *Darwin e os grandes enigmas da vida*. (Trad. Maria Elizabeth Martinez) São Paulo: Martins Fontes, 1987.

RIVAL, Michel. *Os grandes experimentos científicos*. (trad.: Lucy Magalhães) Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1997, 167 pp.

A leitura de textos da Revista do Professor de Matemática (algumas sugestões):

ÁVILA, Geraldo. *As séries infinitas*. RPM n. 30, p. 10-17.

_____. *Ainda as séries infinitas*. RPM n. 31, p. 6-11.

_____. *Como se Constrói uma Tábua de Logaritmos*. RPM, n. 26, p. 1-7.

CARVALHO, João Pitombeira. *Um Problema de Fibonacci*. RPM, n. 17, p. 4-8.

FELÍCIO, J.R. Drugowch e SILVA FILHO A. Carlos da, *Pascal e o Mercosul*. RPM, n. 28, p. 6-15.

MELLO, José Luiz Pastore. *Comparando Loterias no ensino de Probabilidades*. RPM, n. 44, p. 23-26.

RODRIGUES, Flávio Wagner. *A mídia e a mega sena acumulada*. RPM, n. 43, p. 15-19.

WAGNER, Eduardo. *Um pouco sobre Descartes*. RPM, n. 19, p. 9-14.

Uso de alguns Softwares:

* Módulo Seqüências, Módulo Probabilidade e Módulo Trigonométrico – <http://www.auge.com.br/>

* Círculo trigonométrico e Estatística: explorar conceitos básicos - <http://www.dapp.min-edu.pt/nonio/softeduc/soft3/gem.htm>

* Biografias - <http://www.malhatlantica.pt/mat/historia.htm>

* Trigonometria 1.1, Francinvest, Círculo trigonométrico 2.2, Freeware e Análise Combinatória e Estat – <http://www.somatematica.com.br/softwaresphtml>

* Trigonometria – <http://www.tema.com.br/cgi-bin/lv-al.exe?software.arg>

* Mundo da Matemática – Heróis dos Números e TABS + 2.2

http://www.visaoeducacional.com.br/visao_educacional/produtos/mat2_c.htm

Sugestões de filmes e documentários.

COSMOS (Série; Episódio 3). Direção: Carl Sagan. Produção: Turner Home Entertainment. Distribuidora: Videolar da Amazônia S.A. 1981.

TEMA C: A MODERNIDADE

Unidade Temática IV: A Era dos Monopólios e a Crise da Modernidade

Matemática

A história nos mostra que tivemos duas grandes revoluções que alteraram profundamente as diferentes culturas e sociedades em todo o mundo: revolução agrícola no terceiro milênio a.C. e a revolução industrial no século XIX d.C. De fato, a revolução industrial mudou o mundo com uma reorganização radical da civilização humana. O rápido crescimento das cidades européias e uma forte concentração urbana de populações pobres forneceram uma força de trabalho substancial para as pequenas manufaturas que existiam nessas cidades e seus proprietários aproveitaram delas para expandir seus negócios. Além da força de trabalho disponível, a industrialização precisava de gente empreendedora com acesso a capitais e autoridade. A classe burguesa estava pronta para assumir esse papel. Assim, a classe média urbana assumiu o controle político-financeiro das instituições de seus países e propiciou a instalação de um clima político econômico favorável ao capitalismo industrial. As nações industriais do século XIX logo começaram a sentir falta de matérias-primas para suas manufaturas e impuseram a elas a expansão de seus impérios, principalmente na África, Ásia e Ilhas do Pacífico. O sistema manufatureiro tornou-se o método mais comum de produzir bens de consumo. Ao mesmo tempo, que despejava no mercado grande quantidade de produtos, empobrecia muitos trabalhadores e levava a um descontentamento manifestado em movimentos como o direito de voto aos trabalhadores, à formação de sindicatos e ao socialismo. Aliás, em 1848, Engels e Karl Marx, no *Manifesto Comunista*, advogam para a eliminação do capitalismo industrial por acreditarem ser imoral um sistema responsável por tanta miséria.

Nesta fase, com uso crescente de máquinas na produção, as relações comerciais e financeiras ilustram bem o crescimento quase explosivo da pesquisa matemática. Segundo dados estatísticos, mais da metade de toda matemática conhecida foi criada durante os últimos cinquenta anos e metade dos matemáticos de todos os tempos está viva até hoje. São conhecimentos que foram criados para atender certas necessidades e resolver problemas específicos da industrialização, como, por exemplo, criar o bastidor hidráulico em 1771, o tear a vapor em 1789, do descaroçador de algodão em 1793, criar o motor à gasolina, sem falar que o avião foi inventado em 1903, processos para maximizar o lucro e minimizar o custo de uma produção levando em conta as “n” variáveis. O conhecimento dessa época ficou determinado como mecanicista e a matemática se tornou, de forma gradativa, excessivamente simbólica e formal. E foi só no século XX que a ciência pura e a tecnologia se fundiram. A visão que a sociedade do século XX nos revela é de disputa entre as grandes potências imperiais do século XIX, numa guerra sangrenta. A Primeira Guerra Mundial não pôs fim às guerras, mas esgotou e destruiu os velhos impérios industriais. A Rússia, a Polônia, Iugoslávia, Tchecoslováquia e Hungria também passaram por revoluções de cunho nacionalista e sem contar com a Segunda Guerra Mundial que mostrou um programa de genocídio preconceituoso e infame contra pessoas inocentes. O fim da Segunda Guerra Mundial marcou o início da gradual desintegração dos velhos impérios coloniais e econômicos do século XIX e o surgimento de nações

do tão falado “terceiro mundo”. Esse grupo de países, por ser em grande número, forma um bloco que vêm exercendo uma certa influência na Organização das Nações Unidas. Segundo a historiadora Carolyn Merchant², há duas maneiras essenciais de atentar para o mundo: a mecanicista (sustenta que a natureza e a civilização atuam como máquinas formadoras de componentes sobre os quais a espécie humana exerce controle) e a organicista (considera o mundo como um todo vivo, do qual a espécie humana é apenas uma parte, e que esse todo subsiste num estado de equilíbrio delicado e natural).

Para muitos, o século XX pode ser comparado ao século da energia atômica, que representa tanto a dominação final da natureza pelo homem como sua autodestruição potencial. Como podemos perceber, a energia atômica resultou da fusão, concretizada no século XX, da ciência pura com a tecnologia. Essa fusão elevou o nível sem precedentes da corrida pelos frutos da ciência em todos os setores da atividade humana, ampliando de maneira substancial o campo de trabalho dos cientistas.

O conhecimento matemático dessa época é, portanto caracterizado pelo crescente simbolismo, formalismo e logicismo, uma vez que a civilização estava voltada para o desenvolvimento do processo manufatureiro. O conhecimento era desenvolvido para criar máquinas, processos de industrialização de produtos em grande escala para grandes populações. Podemos citar matrizes e sistemas lineares como exemplos de conhecimentos matemáticos que auxiliam na maximização dos lucros e na minimização dos custos. Outro conhecimento matemático da época que pode ser trabalhado nesse período é o cálculo desenvolvido por Newton e Leibniz. Ele pode ser aplicado na idéia de velocidade e aceleração da física, em processos econômicos com a idéia de conceito marginal. Temos também, a geometria analítica que descreve algebricamente e graficamente a reta, a circunferência, a hipérbole, a elipse e a parábola no plano e no espaço. Esses conteúdos ajudam os alunos a descrever fenômenos que podem ser associados ao comportamento dessas curvas. Os números complexos junto com as matrizes vão mostrar possibilidades diferenciadas de estruturas algébricas comutativa desencadeando pensamentos divergentes, mas organizados para outros caminhos. É primordial que o aluno chegue a trabalhar dessa forma, pois estará exercitando o pensamento abstrato, tão necessário para o desenvolvimento da ciência.

A teoria de Conjuntos teve seu desenvolvimento nesta época por razões intrínsecas aos fundamentos do conhecimento matemático e seria excelente se seu aprendizado fosse neste momento no ensino médio, pois os alunos estão mais preparados para trabalhar com a linguagem abstrata da matemática.

Física

Nesta Unidade é oportuno colocar em tela os conhecimentos que possibilitaram a construção da estrutura da Mecânica Quântica. Em meados do século XIX, na Alemanha, que havia anexado ao seu território os centros de produção de carvão localizados na fronteira com a França, a indústria siderúrgica desenvolveu-se rapidamente. Foram construídas muitas instalações modernas, e enormes esforços foram feitos para produzir aço de melhor qualidade.

² EVES, Howard. *Introdução à História da Matemática*. Campinas, Unicamp, 1997, p.653.

O fator mais importante na produção de aço de primeira qualidade é o controle delicado da temperatura dos altos-fornos. Evidentemente, não se pode usar termômetros comuns para a medição de temperaturas tão altas. A fim de contornar esse problema, pesquisas foram feitas no sentido de determinar as temperaturas usando as cores das radiações térmicas, isto é, mais concretamente, foram recolhidas as luzes provenientes dos fornos às diversas temperaturas.

Assim começaram os estudos dos espectros através das cores das radiações térmicas, possibilitando o desenvolvimento das seguintes formulações: Lei de Stephan-Boltzmann, que trata da radiação de corpo negro; Lei do deslocamento de Wien, que afirma que o produto do comprimento de onda correspondente ao máximo da radiação no espectro do corpo negro absoluto pela sua temperatura absoluta é uma grandeza constante; a Fórmula de Rayleigh-Jeans, que admite que o cálculo deve ser feito puramente pela teoria eletromagnética; a Teoria de Planck, que trata de uma lei empírica relativa aos espectros de radiação de cavidade; a Teoria do efeito fotoelétrico, na qual Einstein considera as idéias de Planck e afirma que, ao invés de se imaginar a luz como uma onda de energia discreta, era melhor imaginá-la como uma partícula. Dessa forma, introduziu-se o conceito de fóton e a teoria de modelo para o efeito fotoelétrico foi completada. Partimos, pois, gradativamente, para o estágio essencial da construção da mecânica quântica.

Seqüenciado a estrutura da mecânica quântica temos: os trabalhos de Rutherford sobre o espectro atômico, onde ele imaginou que poderia saber a forma do núcleo, se incidisse outras partículas carregadas sobre o átomo e estudasse o aspecto do espalhamento; o modelo atômico de Bohr, segundo o qual a energia do átomo, não pode ter um valor qualquer, mas cada átomo possui uma série de valores rigorosamente determinados, ditos discretos; a Teoria de De Broglie, que admite o comportamento ondulatório do elétron através da constante h , ou seja, $\lambda = h/p$; a Teoria de Heisenberg, que calcula a intensidade das linhas espectrais além da sua frequência e a Teoria de Schrodinger, que considera o elétron como onda, e constrói a equação de onda para descrever o seu movimento e em seguida deu a essa onda um caráter corpuscular. A partir dessas duas últimas teorias, que evidentemente levavam em conta todo um contexto de conceituações, surge a Mecânica.

Química

Neste espaço podemos colocar em discussão conhecimentos fundamentais ligados a química orgânica, como funções orgânicas, macromoléculas, reações químicas envolvendo moléculas orgânicas, reações nucleares, funcionalidades orgânicas, dentre outros.

Além de estudos substanciais sobre a química orgânica, é essencial associar o estudo da química a questões atuais. Para ilustrar, podemos levantar os conhecimentos e tecnologias produzidas para: viabilizar os processos de reciclagem, minimizar os impactos das atividades humanas sobre os recursos naturais (por exemplo, no tratamento de resíduos industriais e residenciais), produção e conservação de alimentos, produção de medicamentos, produção de novos materiais, etc.

Biologia

O trabalho de Gregor Mendel é retomado e pesquisas realizadas atestam sua validade e fecundidade para genética. Thomas Hunt Morgan e colaboradores avançam nos estudos e formulam a teoria cromossômica da herança.

Se no desenvolvimento da Modernidade tivemos uma hegemonia da Física, sobretudo em termos de investimentos, nesta fase é notável a hegemonia da *biologia molecular*, que expressa um esforço conjunto da biologia, física e química na busca dos conhecimentos das moléculas que atuam no interior das células.

A partir dos trabalhos do russo naturalizado americano, Theodosius Dobzhansky a mutação é colocada como promotoras das alterações genéticas, transformando-se num tipo de motor da evolução. Apesar do ácido desoxirribonucléico (DNA) já ser conhecido e associado ao núcleo celular, Oswald Theodore Avery e colaboradores (1944) constatam que os genes são constituídos quimicamente por estas moléculas, ou seja, que o DNA é o material genético.

Em 1952, Stanley Lloyd Miller desenha um experimento procurando reproduzir as condições da Terra antes do aparecimento dos seres vivos para testar a hipótese formulada por Haldane e Oparin sobre a origem da vida. Através deste experimento, cuja idéia central era recriar a química da vida no laboratório, Miller observa que os componentes, também hipotéticos, da Terra primitiva reagiram e formaram aminoácidos que são as unidades que formam as proteínas. Mesmo não conseguindo o seu intento plenamente, e esta ser uma questão aberta, o clássico experimento de Miller revelou a plausibilidade da explicação científica.

Se com os trabalhos do austríaco Erwin Chargaff tivemos a descrição da composição química dos ácidos nucléicos, com o americano J. D. Watson e o inglês F. H. Compton Crick (1953) foi desvelado a estrutura do DNA, o que ficou conhecido como o Modelo de Watson & Crick. Na seqüência, uma série de trabalhos fundamentais foi realizada, como dos franceses F. Jacob e J. Monod (1961) que descobrem o RNA mensageiro, molécula que atua como intermediária na síntese de proteínas comandadas pelos genes. O americano M.W. Nirenberg e o alemão J. Matthaei decifram a primeira seqüência de nucleotídeos de DNA, os que sintetizam a fenilalanina. Estes e outros trabalhos possibilitaram a decifração do Código Genético.

A partir de 1970 com a descoberta de H. O. Smith e D. Nathans sobre as enzimas capazes de fazer *cortes* na molécula de DNA e com a técnica criada pelos americanos S. Cohen e H. Boyer para introduzir gene estranho no DNA de uma bactéria, uma nova era está instaurada, a dos organismos geneticamente modificados.

No período de 1968 a 1970 tivemos um movimento mundial de consciência ecológica, com uma preocupação coletiva com a poluição, áreas naturais, crescimento populacional e consumo de alimentos e energia. A presença marcante destes temas na imprensa popular influenciou profundamente a ecologia acadêmica, que, apesar de radicada da biologia dela se desprende e se constitui numa disciplina emergente que integra processos físicos e biológicos e serve de ponte entre as ciências naturais e sociais (Odum, 1988).

Nesta unidade temática é oportuno trabalhar os avanços na genética, impulsionados pela hegemonia da biologia molecular, que possibilitaram a produção dos organismos geneticamente modificados – transgênicos – e o desenvolvimento das técnicas para clonagem de mamíferos. Conhecimentos basilares da ecologia, disciplina emergente com potencial integrador, são fundamentais para que os jovens possam discutir questões relacionadas à problemática ambiental, como, por exemplo, o desregramento demográfico, a redução da diversidade biológica, degradação dos recursos ambientais, etc. Portanto, com relação a estas questões, é imprescindível trabalhar o essencial para que possamos entrar no debate para formulação de uma ética compatível com o momento crítico da nossa civilização.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

1. Aquisição de Linguagens

No âmbito da Matemática, para trabalhar os conhecimentos propostos (Matrizes e sistemas lineares, Geometria Analítica, Introdução ao cálculo) é importante o estudo, baseado em textos significativos sobre o assunto e a resolução de problemas para apreensão dos conceitos. Outro procedimento que pode ser relevante é a leitura e discussão de artigos que relatem pesquisas que utilizaram estes conhecimentos matemáticos.

Podemos utilizar filmes, documentários, para iniciar os estudos de física moderna. Da série *Cosmos*, de Carl Sagan, a um relato significativo sobre a física produzida neste momento. *Minimilagre: o chip eletrônico*, produzido pela *National Geographic*, representa um valioso documentário para discutir a presença marcante da ciência e da tecnologia nas diversas atividades humanas.

O filme *Catástrofe Nuclear*, produzido e dirigido por Mick Jackson ou o episódio da série *Cosmos*, de Carl Sagan que versa sobre a guerra fria, podem ser relevantes para discutir a relação ciência-sociedade-tecnologia. Textos fílmicos como estes podem motivar os alunos a investigações sobre o assunto.

Para tratar a física moderna podemos utilizar extratos de textos dos cientistas que participaram de sua construção, mas podemos, também, recorrer a obras de cientistas que tem se empenhado na difusão da ciência. Estes textos podem ser valiosos para que os alunos apreendam, por exemplo, as idéias da Mecânica Quântica.

Para realização de atividades experimentais, com coleta e sistematização dos dados, podemos propor os seguintes experimentos: Experimento I (Millikan), Determina a carga do elétron; Experimento II, Determinação da razão e/m ; Experimento III, Radiação de corpo negro; Experimento IV, Efeito fotoelétrico; Experimento V, Espectros atômicos.

Podemos utilizar extratos de obras relevantes para o estudo dos conhecimentos relativos a química orgânica, como a caracterização das funções orgânicas, reações químicas envolvendo moléculas orgânicas, etc. A leitura e discussão de artigos de periódicos da área como, por exemplo, a *Revista Química Nova na Escola* podem ser valiosos para que os alunos compreendam os conceitos e, também, a natureza experimental da ciência.

A realização de atividades experimentais deve ser potencializada no ensino de química. Entretanto, cabe frisar a importância em termos didáticos de se superar a simples reprodução mecânica de roteiros, pois estas propostas são fundamentais para desenvolver nos alunos uma postura científica. Um experimento científico exige, não só uma situação problema, mas o levantamento de possíveis hipóteses, pois estas serão vitais no delineamento do experimento.

Leituras de periódicos serão essenciais para discutir a presença dos conhecimentos químicos em muitas tecnologias, como as utilizadas na produção e conservação de alimentos. Outras temáticas podem ser tratadas, como a produção de medicamentos, de novos materiais para indústria, etc.

Para os estudos que identificaram o DNA como o constituinte químico do material genético (O. T. Avery e colaboradores, 1944) que constatam que os genes, materiais genéticos, são constituídos quimicamente por DNA; de Stanley Lloyd Miller, testando a hipótese formulada por Haldane e Oparin sobre a origem da vida, recomenda-se a utilização dos relatos dos experimentos realizados.

No momento que fizermos leituras sobre o Modelo de Watson & Crick para estrutura do DNA e o código genético, é fundamental uma incursão pela célula para relacionar o processo de síntese com a sua estrutura biossintética. Podemos utilizar o episódio (filme) da série *Cosmos* que trata da *Replicação*. Outros documentários podem ser utilizados, como *O Mundo Invisível* e *A incrível Máquina Humana*, produzidos pela National Geographic.

No âmbito da genética, podemos recuperar os trabalhos de T. Morgan e colaboradores, o relato experimental, no livro *Os grandes experimentos científicos*, de Michel Rival.

O filme *Gattaca: a experiência genética*, de Andrew Niccol, representa uma material interessante para uma discussão sobre o determinismo molecular. Extratos da obra *O Gene Egoísta*, de Richard Dawkins pode tornar o estudo bastante interessante. Além deste texto, podemos recorrer a outros como *O Relojoeiro Cego* ou *A Escalada do Monte Improvável*, do mesmo autor.

Substanciado por outras leituras, o filme *Ponto de Mutação*, produzido por Adriana AJ. Cohen e dirigido por Bernt Capra, pode ser utilizado para colocar em discussão questões atuais. Entre as questões em debate está o caminho para se fazer ciência. O filme enfatiza os limites do pensamento mecanicista para tratar os problemas do nosso tempo, como o desregramento econômico e demográfico, a degradação ambiental, etc. O acesso às obras citadas no filme é essencial para se ter visão crítica deste texto, pois, caso contrário pode ficar uma visão bastante redutora da temática tratada.

O texto *Biodiversidade*, organizado por E. O Wilson a partir do “Fórum nacional sobre Biodiversidade”, realizado em Washington no ano de 1986, traz uma série de artigos sobre o assunto, permitindo um estudo substancial sobre o tema. O evento supra citado envolveu expoentes da biologia e de outras áreas de conhecimento e a obra registra a posição de cientistas de diferentes campos disciplinares.

Laboratório Terra: o jogo planetário que não podemos nos dar o luxo de perder, de Stephen H. Schneider, é outro livro que traz uma série de artigos relacionados com os problemas ambientais, podendo ser utilizado como recurso didático.

Cabe ressaltar que nos restringimos a citar alguns textos fílmicos, mas que nesta Unidade podemos utilizar uma série de documentários produzidos pela National Geographic e pela Discovery Channel, pois estes podem ser relevantes para o desenvolvimento do trabalho didático.

2. Iniciação à pesquisa e produção de texto.

Levantar fontes que discutem o desenvolvimento das ciências, que constituem a área (Matemática, Física, Química e Biologia), no Brasil pode ser valioso para resgatar as primeiras instituições ligadas à pesquisa científica, os pesquisadores que se destacaram e, fundamentalmente, a relação destas com a sociedade capitalista.

Pesquisar sobre o funcionamento de tecnologias usadas no comércio, na indústria, e em outros setores pode motivar bastante os alunos e contribuir para pensar a relação entre ciência-sociedade-tecnologia.

Pesquisar em revistas como a *Ciência Hoje*, publicada pela SBPC, sobre o desenvolvimento da *Biologia Molecular*, pode contribuir para ampliar os conhecimentos dos alunos sobre a temática.

No texto *Homens de Ciência*, listado na bibliografia, o jornalista Alessandro Greco traz uma série de entrevistas com cientistas consagrados com prêmios nobel, como Francis Crick, Hans Bethe, Ilya Progogine, entre outros. Na entrevista, Grego coloca em discussão o trabalho que projetou o cientista e questiona sobre seus atuais interesses na pesquisa científica. Textos como estes denotam uma ciência viva. Inspirando-se neste texto podemos propor para nossos alunos, dependendo do município, um levantamento sobre os cientistas que estão em atividade e entrevistas que revele por onde anda a investigação.

A evolução biológica, especificamente a humana, pode motivar uma bela proposta investigativa que mobilize conhecimentos das diferentes disciplinas que constituem a área.

A discussão sobre a problemática ambiental pode suscitar pesquisas envolvendo as várias disciplinas da área, seja para levantar conhecimentos pertinentes para compreensão de determinados problemas ou para colocar em discussão estratégias de enfrentamento. É imprescindível a articulação com as outras áreas do currículo para que os alunos tenham a compreensão radical desses problemas, como eles foram produzidos na sociedade.

A partir de um levantamento da Legislação Ambiental, Federal e Estadual, propor uma investigação visando destacar as informações mais relevantes para o

domínio do público em geral. Para tanto, podemos dividir a turma em grupos e realizar seminários temáticos.

3. Textos Fundamentais

BARAN, Margaret E. *Curso e história da Matemática: origem e desenvolvimento do cálculo*. Brasília: Ed. UnB, 1985 (Unidades: 1, 2, 3, 4 e 5).

BOYER, Carl B. *Cálculo: Tópicos de história da Matemática para uso em sala de aula*. São Paulo: Atual, 1992.

CORSON, W. H. *Manual Global de Ecologia: o que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente*. (Trad. Alexandre Gomes Camaru) 2ª São Paulo: Augustus, 1996.

DAVIS, Philis *Experiência Matemática*. Rio de Janeiro: Fronteira, 1990. p. 359-401.

DAWKINS, Richard. *A escalada do monte improvável*. (Trad. Suzana Sturlini Couto) São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

_____. *O gene egoísta*. (Trad. Geraldo H. M. Florsheim) Belo Horizonte: Itatiaia, 2001.

_____. *O relojoeiro cego: a teoria da evolução contra o desígnio divino*. (Trad. Laura Teixeira Motta). São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

EHRlich, Paul R. *O mecanismo da natureza: o mundo vivo à nossa volta e como funciona*. (Trad. Waltensir Dutra) Rio de Janeiro: Campus, 1993.

EVES, Howard. *Introdução à História da Matemática*. Campinas, Unicamp, 1997.

GLEISER, Marcelo. *Retalhos Cósmicos*: São Paulo: Companhia das Letras, 1999.

GOULD, Stephen J. *Darwin e os grandes enigmas da vida*. (Trad. Maria Elizabeth Martinez). 2ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

GRECO, Alessandro. *Homens de Ciência / entrevistas*. São Paulo: Conrad Editora do Brasil, 2001.

LEIBNIZ, Gottfried W. *O discurso da Metafísica. Os Pensadores*. São Paulo: Abril Cultural, 1983, p. 117-161.

LOVELOCK, James. *As eras de gaia: a biografia da nossa Terra viva*. (Trad. Beatriz Sidou) Rio de Janeiro: Campus, 1991.

MACHADO, Nilson José. *Matemática e Realidade*. São Paulo: Cortez, 1997, p. 47-62.

MORELLI, Sérgio Luiz. *Legislação Ambiental do Estado de Mato Grosso do Sul*. Campo Grande – MS: Ed. UFMS, 2000.

NEWTON, Isac. *Princípios matemáticos Os pensadores*. São Paulo: Nova Cultural, 1991, p. 141-169.

RUSSEL, Bertrand. *Vida e Obra; Lógica e Conhecimento*. Os Pensadores. São Paulo: Abril Cultural, 1978. p. III – XX e p. 03 – 135.

SCHNEIDER, Stephen H. *Laboratório Terra: o jogo planetário que não podemos nos dar o luxo de perder*. (Trad. Alexandre Tort). Rio de Janeiro: Rocco, 1998.

WILSON, Edward O. *Naturalista*. (Trad. Leonardo Fróes) Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

_____. (Org.) *Biodiversidade*. (Trad. Marcos Santos e Ricardo Silveira) Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1977.

A leitura de textos da Revista do Professor de Matemática (algumas sugestões):

- ÁVILA, Geraldo. *Eudoxo, Dedekind, números reais e ensino de Matemática*. RPM n. 7, p. 5-10.
 _____ *Cantor e a teoria dos conjuntos*. RPM, n. 43, p. 8-14.
- CARNEIRO, José Paulo Q. *Uma idéia de Felix Klein*. RPM n. 29, p. 20-23.
- HANDAYA, Armand. *Uma Solução de um problema de Newton*. RPM, n. 5, p. 44-45.
- MILIES, César Francisco Polcino. *A emergência dos números complexos*. RPM, n. 24, p. 5-15.
- PITOMBEIRA, João Bosco. O problema das ligações de água, luz, e telefone – Uma aplicação da fórmula de Euler. RPM, n. 11, p. 9-16.

Filmes e documentários (algumas sugestões).

- 2001 UMA ODISSÉIA NO ESPAÇO. Produção e Direção: Stanley Kubrick. MGM/UA Home Vídeo. Distribuidora: Vídeo Arte do Brasil.
- 2010 O ANO EM QUE FAREMOS CONTATO. Produção/Direção; Peter Hyams. MGM/UA Home Vídeo. Distribuidora: Vídeo Arte do Brasil. 1984.
- AMAZONIA: PARAÍSO AMEAÇADO. Produção/ Direção / Fotografia: Wolfgang Bayer. Roteiro: Mark Hobson. Discovery Channel Vídeo – Abril, 1990. 1 filme (55 min), son., color.
- COSMOS. (Série constituída de 13 episódios). Direção: Carl Sagan. Produção: Turner Home Entertainment. Distribuidora: Videolar da Amazônia S.A. 1981.
- FLORESTA TROPICAL. Produção: David Hughes. National Geographic: Vídeo Arte do Brasil, 1990. 1 filme (60 min), son., color.
- GATTACCA: A EXPERIÊNCIA GENÉTICA. Direção: Andrew Niccol. Produção: Jersey Films. Intérpretes: Ethan Hawke; Uma Thurman; e outros. Columbia Pictures, 1998. 1 filme (112 min), son., color.
- MINI-MILAGRE: O CHIP ELETRÔNICO. Produção: Bárbara Jampel. National Geographic: Vídeo Arte do Brasil, 1990. 1 filme (60 min), son., color.
- OS GORILAS DA MONTANHA. Direção: Robert M. Young, Robert M, Campbell e Christine Z. Wiser. Produção: Christine Z. Wiser e David Saxon. National Geographic: Vídeo Arte do Brasil, 1990. 1 filme (60 min), son., color.
- PONTO DE MUTAÇÃO. Direção: Bernt Capra. Produção: Adriana AJ Cohen. Intérpretes: Liv Ullmann; Sam Waterson; John Heard. Videolar, 1990. 1 filme (min), son., color.

5. Uso de alguns Softwares:

- * Módulo Equações 1, 2, 3, 4; Módulo de Geometria Analítica e Módulo Programação Linear – <http://www.auge.com.br/>
- * Biografias - <http://www.malhatlantica.pt/mat/historia.htm>
- * Determinante, Resolução de Sistemas lineares, N_{cx} (n° complexos), Truth (lógica matemática), Venn (teoria de Conjuntos), Winmatrix (matrizes, determinantes e sistemas lineares – <http://www.somatematica.com.br/softwaresphtml>)
- * Matemática real - http://www.visaoeducacional.com.br/visao_educacional/produtos/mat2_c.htm

Lista de *Sites* interessantes para os professores de matemática:

<http://archives.math.utk.edu/>

Arquivos de Matemática: bastante completo, com Tópicos de Matemática, Programas de Computador, Material para Ensino, e Indicações de outros *sites* (*links*).

<http://forum.swarthmore.edu/>

Informações e Grupos de discussão, principalmente em Educação Matemática.

<http://www-groups.des.st-and.ac.uk/history/>

História da Matemática, por autor, por época, etc.

<http://dir.yahoo.com/Science/Mathematics/>

Bom índice de *sites*. Por exemplo, 95 entradas só para Problemas e Jogos.

<http://problems.math.umd.edu/index.htm>

Ótimo *site* de problemas. Por exemplo, você entra com “triângulo”, ele mostra 2601 problemas que começam com “dado um triângulo...”.

<http://www.research.att.com/~njas/sequences/>

Especializado em seqüências de números inteiros. Por exemplo, você dá os primeiros termos de uma seqüência, e ele advinha o termo geral.

<http://www.mathsoft.com/asolve/constant/.html>

Lista de constantes famosas (e , π , número de ouro, etc.) e outras não muito conhecidas, com informações sobre elas.

<http://www.mathmistakes.com/>

Coletânea de erros matemáticos encontrados em jornais, livros, etc. Há o “erro do mês”, e está sendo escolhido o “erro do milênio”.

<http://www.mersenne.org/>

Especializado em números primos, fatoração de grandes números, etc. Contém lista atualizada dos maiores primos e primos gêmeos recentemente encontrados. Através deste *site*, você pode participar da busca pelo maior primo, com prêmio em dinheiro.

<http://www.iboro.ac.uk/departments/ma/gallery/>

Site com muitas imagens de fractais e imagens tridimensionais.

<http://www.geometry.net>

Geometria.

<http://www.estudioweb.com.br/>

Índice comentado de *sites* em português para professores.

Sites interessantes de instituições:

<http://www.maa.org/>

Mathematical Association of America, que edita o *American Mathematical Monthly*, *Mathematics Magazine*, etc.: excelente *site*.

<http://www.nstm.org/>

National Council of Teachers of Mathematics (EUA), que edita o *Mathematics Teacher*, etc.: contém os famosos “padrões” de ensino e muitas informações para professores.

<http://camel.cecm.sfu.ca/CMS/CMS.html>

Sociedade Canadense de Matemática, que edita o *Crux Mathematicorum* (problemas).

<http://www.m-a.org.uk/>

The Mathematical Association do Reino Unido, que edita o *The Mathematical Gazette*.

ELEMENTOS PARA A AVALIAÇÃO DO FAZER PEDAGÓGICO

Ao desvelar, à luz da ciência da história, a gênese da organização do trabalho didático reinante em nossas escolas, e diante da constatação de que esta não atende as necessidades sociais do nosso tempo, ALVES, partindo das condições materiais existentes, coloca em pauta a necessidade de *construção de uma nova didática* que incorpore os recursos mais avançados produzidos pela humanidade.

Segundo esse autor, a atual forma de estruturar o currículo pauta-se, ainda, na acepção *comeniana* de uma proposta de educação para sociedade manufatureira. Para ele, é um grande desafio superar esse modelo e compassar a escola com o tempo presente:

“Aceitar esse desafio implica (...) mudar radicalmente a natureza da relação professor-aluno, não só para subtrair do mestre a função quase exclusiva de transmissão do conhecimento mas para valorizar as funções docentes de programação, de direção e de avaliação das atividades discentes”.¹

Esta consideração é importante porque a avaliação, como componente da ação educativa, não pode ser desvinculada da forma de organização do trabalho didático. LUCKESI realiza uma série de estudos e partindo dos pressupostos de que a avaliação é uma prática que envolve juízo de valor, critérios – com a definição de indicadores específicos – e, principalmente, tomada de decisão, faz uma crítica à sua realização na escola. Segundo este autor:

“O ato de avaliar não serve como pausa para pensar a prática e retornar a ela; mas sim como meio de julgar a prática e torná-la estratificada. (...) Com a função classificatória, a avaliação constitui-se num instrumento estático e frenador do processo de crescimento; com a função diagnóstica; ao contrário, ela constitui-se num desenvolvimento da ação, do crescimento para a autonomia, do crescimento para a competência etc.”.²

O fato de a avaliação constituir, no atual sistema escolar, um instrumento de punição e de aferição de resultados, não está dissociado do projeto da sociedade capitalista, na medida que expressa força de conservação da ordem social vigente. Portanto, é na possibilidade de superação da organização do trabalho didático reinante na escola que novas práticas avaliativas podem ser delineadas. A nota deve expressar a correspondência entre resultados obtidos pelo aluno e objetivos propostos, com a finalidade de orientar novas decisões e reiniciar o diálogo entre professor e aluno.

A avaliação é componente imprescindível para implementação do presente currículo, pois possibilitará à Instituição, à Área e, sobretudo, aos professores a incorporação de novas idéias, a correção de equívocos, a formulação de novos horizontes e a criação de outra cultura escolar, onde o medo de ser avaliado seja substituído pela alegria, pela compreensão de sua importância no processo de humanização.

¹ ALVES, Gilberto Luiz. *A produção da escola pública contemporânea*. Campo Grande: Ed. UFMS; Campinas: Autores Associados, 2001, 288p.

² LUCKESI, Cipriano Carlos. *Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições*. 4ª ed. São Paulo: Cortez, 1966, p. 35.

Esta proposta exigirá dos educadores comprometidos o investimento de esforços na programação e avaliação das atividades, pois mesmo sendo implantada numa estrutura física e organizacional conservadora, ao fazer a negação do instrumento que dá a configuração da prática pedagógica, o manual didático, expressa uma intencionalidade de superação da Escola Manufatureira.

O Núcleo Comum e os Projetos de Pesquisa constituem o embrião para desencadear uma nova organização do trabalho. De forma que, perseguir o que está em epígrafe, na abertura da proposta, exigirá dos professores uma postura investigativa, muita leitura e um trabalho solidário para seleção de textos. Faz-se necessário enfatizar a importância da leitura e produção de textos e de uma nova configuração para o espaço da aula. As leituras prévias, os estudos individuais e em grupo, o debate em sala, as sínteses provisórias culminam com a **produção** escrita.

Os textos produzidos pelos alunos constituirão rico material que possibilitarão ao professor perceber se ocorreu a devida **apropriação** dos conhecimentos mediados em sala de aula. Estes mostrarão como os alunos reinterpretem a realidade em que vivem e desta se apropriam, quando analisada a partir de conhecimentos histórico-críticos, intencionalmente trabalhados pela mediação do professor.

As aulas permitirão verificar como os alunos exteriorizam, em sua linguagem oral, na interação com o professor e colegas o conhecimento apropriado, relacionando-o à sua prática social. Isto é, como o aluno está apreendendo as leis que regem os fatos e as relações sociais do momento histórico que está estudando. O professor precisa ter claro o essencial de cada assunto a ser compreendido e discutir com os alunos para que estes, também se responsabilizem por sua aprendizagem e conquistem a autonomia do pensamento. Neste sentido, é fundamental o desenvolvimento de condutas alinhadas com a concepção de cidadania explicitada nesta proposta.

No início do processo avaliativo, a crítica não pode ser muito exacerbada, pois a leitura e a escrita precisam ser exercitadas. O professor deve valorizar a conduta, o respeito ao contrato estabelecido entre professores e alunos. Cabe a ele dizer aos que não leram que deixaram de cumprir o acordado, não se prepararam para a prática da aula. O segundo olhar, após o exercício do caminhar, sem dúvida, será muito mais rico e proveitoso para professores e alunos. Dessa forma, à medida

que irá ocorrendo a apreensão histórica dos conhecimentos, por meio de várias atividades como a solicitação de produção de textos, debates orientados, apresentação de peças teatrais, música, filmes e outros procedimentos, o aluno irá alargando sua compreensão cultural, e sua consciência.

Dentro desta abordagem, os procedimentos avaliativos devem servir para o professor verificar como o aluno está interagindo com o conhecimento e estimular o seu avanço nesse processo. Após o estabelecimento das expectativas a serem alcançadas pelas unidades de trabalho desenvolvidas, é preciso que fique muito claro que o aluno deve alcançar o maior número possível de aquisições e devolvê-las à sociedade por meio de ações concretas, confirmando permanentemente a sua responsabilidade de **devolutiva social** para a transformação necessária à comunidade.

Sugestões de procedimentos de avaliação:

1. A avaliação deverá ser realizada em caráter contínuo, já que haverá vários momentos propícios para a participação dos alunos na forma de seminários, pesquisas, produção de texto, encenação de textos literários, etc.

2. O professor deverá ter como critério para a avaliação dos alunos, a sua participação nas atividades planejadas, a postura crítica, o nível de argumentação e a qualidade da interação com o material estudado.

Ocasionalmente, uma avaliação individual por escrito, que tenha como proposta detectar o grau de compreensão de um texto lido anteriormente, dará a dimensão da progressão de cada aluno, já que os trabalhos propostos para o dia-a-dia do curso, muitas vezes não são suficientes para revelar as habilidades de cada indivíduo em um determinado grupo.

DEVOLUTIVA SOCIAL

Para dar um novo ânimo ao fazer pedagógico, pode ser bastante fecundo a criação de espaços para que alunos e professores possam apresentar à comunidade os trabalhos que foram realizados durante o semestre ou ano letivo.

Com estes espaços poderemos estar trazendo os pais para escola, para que eles acompanhem o trabalho da escola e tomem ciência dos conhecimentos culturalmente significativos que foram acessados por seus filhos. Estas atividades poderão envolver painéis para exposição de trabalhos realizados e, também, espaços onde as produções mais relevantes possam ser comunicadas.

Nestes espaços os alunos poderão apresentar peças teatrais que foram ensaiadas durante o semestre. Tais encenações podem ser baseadas em textos integrais ou, conforme colocamos nas Unidades Temáticas, adaptadas a partir de textos relevantes para área.

Mesas redondas para discutir temas que foram tratados durante o semestre ou ano letivo podem motivar bastante os alunos durante os estudos, tendo grande importância no trabalho didático.

Estes momentos serão oportunos para reuniões envolvendo alunos, pais, professores, sob coordenação do secretário executivo do Colegiado Escolar (o diretor), para discussão do projeto político da Instituição e definição de elementos para orientar a elaboração do planejamento para o próximo semestre ou ano letivo.

INFORMÁTICA PARA ALÉM DA FUNÇÃO DE RECURSO DIDÁTICO

Prof. MSc. Ricardo Leite de Albuquerque

O processo civilizatório e a tecnologia

Um rápido olhar sobre a trajetória do homem far-nos-á perceber a relação entre as necessidades sociais, o desenvolvimento de artefatos (tecnologias) para suprir aquelas necessidades e o rearranjo social decorrente das novas relações estabelecidas pelo uso de novas tecnologias. A isto se dá o nome de *processo civilizatório*.

É esta relação entre as necessidades humanas e a sua satisfação que vai impulsionar, em todos os momentos da história, as grandes transformações, as grandes revoluções pelas quais passam as sociedades, reconfigurando as suas estruturas sociais, os seus ambientes de trabalho, o seu modo e objetivo de fazer educação.

O processo civilizatório pode ser compreendido como uma seqüência histórica da humanidade na qual coexistem, interpenetrando-se e influenciando-se reciprocamente, três elementos fundamentais na organização das sociedades, a saber: a) os artefatos/instrumentos que permitem ao Homem o domínio da natureza e o conduzem ao aprimoramento do trabalho e conseqüente aumento de produtividade em todos os ramos da atividade humana – a isto se dá o nome de tecnologia; b) a relação que se estabelece entre a tecnologia empregada por uma sociedade em sua atuação sobre a natureza e a forma de organização das relações internas entre seus membros e com outras sociedades. Esta ordenação social das relações humanas, em conjunto com o desenvolvimento da tecnologia, remete-nos ao terceiro elemento do processo civilizatório: este, o campo onde ocorrem as manifestações do pensamento e do saber, a comunicação simbólica e as expressões ideológicas da sociedade, formuladas em corpos de crenças e de valores, a que chamamos cultura.

Temos, pois, três imperativos que condicionam o desenvolvimento da humanidade, cuja relação mais ou menos harmônica caracterizará o processo civilizatório: o imperativo tecnológico, o social e o cultural. Cabe ressaltar, contudo, a necessária importância das conexões entre os três imperativos, bem como o poder de determinação dos conteúdos tecnológicos sobre os sociais e culturais. Isto significa que, a um certo grau de desenvolvimento tecnológico, correspondem certas características da organização social e, conseqüentemente, certos modos de configuração da cultura (RIBEIRO, 1998, p. 39-41).

O primeiro processo civilizatório de que temos conhecimento refere-se à Revolução Agrícola, considerada o marco decisório da caminhada do Homem rumo à sua humanização e à superação da condição de meros coletores nômades, dependentes exclusivamente do comportamento da natureza, para a de organizadores ativos da produção. Esta revolução tecnológica, apesar de estar na origem dos grandes saltos evolutivos das sociedades, desencadeou-se e distribuiu-se em um período que compreende os últimos dez mil anos de história da humanidade, tornando-se desigual cronologicamente, decorrente da singularidade dos povos e das relações entre a tecnologia, a organização social e a produção cultural e ideológica. Compreende-se, assim, o fato de a Revolução Agrícola ter ocorrido há cerca de dez mil anos, entre os povos da Mesopotâmia e Egito; seis mil a.C.

na Índia; cinco mil a.C. na China; quatro mil e quinhentos a.C. na Europa; três mil a.C. na África e, mais recentemente, dois mil e quinhentos a.C. nas Américas.

O domínio das técnicas da agricultura constitui-se, então, o elemento deflagrador de um processo extremamente dinâmico, flexível, onde a incorporação de novos conhecimentos e novas tecnologias provoca reestruturações nas organizações sociais das outrora tribos. É deste processo que surgem: a escrita, a irrigação, a divisão do trabalho, a organização urbana (cidades¹), a propriedade privada, as instituições familiares, a domesticação de animais, as armas, o comércio (mercantilismo), o capital; enfim, vai-se desenhando historicamente a condição civilizada de existência.

O que permanece subjacente a épocas tão distintas – Pré-história, Idade Antiga, Média, Moderna e Contemporânea - e características sócio-econômicas tão diferentes (modos de produção feudal e capitalista, por exemplo) é o papel catalisador da tecnologia: na busca da simplificação e objetivação do trabalho humano, o Homem produz artefatos que substituam ou tornem mais suportáveis certas tarefas produtivas. Assim como a pá substituiu a mão, a vela das naus substituiu o remo, o automóvel encurtou distâncias e a telemática impulsionou o processo de globalização da economia.

É relevante, porém, destacarmos para uma profunda reflexão de cunho educacional, que na maior parte do processo civilizatório, o Homem desenvolveu artefatos tecnológicos para substituir capacidades motrizes, capacidades estas relacionadas à utilização da força muscular dos Homens e dos animais, para o transporte, a construção, enfim, quaisquer atividades para as quais o Homem não dispunha de maquinário/tecnologia para a simplificação e substituição do trabalho humano. Esta situação perdurou até a consolidação da indústria moderna – séculos XVIII e XIX. Com o surgimento das tecnologias da informação, em especial, informática de pequeno porte e telemática (segunda metade do século XX), a simplificação e a objetivação do trabalho direcionam-se para as atividades intelectivas, cerebrais do ser humano.

É importante salientar que a indústria moderna, na sua origem, ainda utiliza largamente a força humana e ferramentas para o desenvolvimento da capacidade produtiva. Encaminha-se, porém para uma forma de divisão do trabalho, herdada da cooperação manufatureira (do séc. XVI até meados do séc. XVIII), na qual o ponto de partida para revolucionar o modo de produção é o instrumental de trabalho, e não, como na manufatura, a força de trabalho.² Portanto, é o aprimoramento do instrumento de trabalho que, a partir da consolidação da sociedade industrial,

¹ Com o desenvolvimento da agricultura e a conseqüente passagem do nomadismo ao sedentarismo, as sociedades acumularam inúmeras inovações tecnológicas que viriam provocar novas necessidades de ordenação social, uma vez que a vida em comunidade, à medida que se tornava complexa, exigia novas instituições que respondessem às demandas de trabalho, segurança, legislação, alimentação, educação, produção e distribuição, entre outras. O revolucionamento da capacidade de produção, pelo domínio de novas técnicas de irrigação, cultivo e manejo do solo, e melhoramento genético de plantas e rebanhos, enseja o surgimento das primeiras cidades e, com elas, o desenvolvimento de novas formas (técnicas) de fabricação de tijolos e ladrilhos, vidraria, metalurgia do cobre e do bronze, a escrita e, naturalmente, a arquitetura e as expressões artísticas representativas da vida em sociedade. Estavam dadas, nas cidades, as condições materiais/tecnológicas para uma sucessão de transformações tecnológicas e sociais que viriam culminar com o estágio contemporâneo de desenvolvimento cultural e tecnológico, que se manifesta pela explosão e irradiação das tecnologias da informação (RIBEIRO, 1998).

² MARX, K. O capital. Crítica de economia política. Livro I. RJ: Bertrand Brasil, 1996.

assume relevância e caráter decisivo para a melhoria das ações humanas. Isto, por si só, já seria o argumento necessário para que as pessoas que fazem educação direcionassem as suas atenções para a questão das tecnologias no âmbito educacional.

A dificuldade, porém, em se trazer para o campo educacional as questões relativas ao uso das tecnologias para uma forma historicamente diferenciada de fazer educação, torna evidente a escassez de debates, no interior das escolas, sobre as reais possibilidades da informática no ambiente educacional, o papel da tecnologia no desenvolvimento dos processos civilizatórios, enfim, sobre a necessidade histórica de superação de uma condição educacional que se cristalizou no ativismo manufatureiro pré-industrial e tem condenado a educação a estar a reboque das transformações modernizadoras que ocorrem nos outros setores da sociedade.

As tecnologias informacionais

O rápido desenvolvimento das tecnologias informacionais, a sua presença intensiva em todas as atividades de gestão financeira e de informação e a sua consolidação como uma linguagem tecnológica em processo de universalização, apresentam algumas peculiaridades que, necessariamente, remetem o assunto para a própria informatização da sociedade, em especial dos setores produtivos do país: indústria, comércio, sistema financeiro e serviços.

Curiosamente, grande parte das atividades cotidianas do Homem contemporâneo é realizada com o auxílio incondicional de algum tipo de tecnologia: o pagamento com cartão no supermercado, propiciando crédito e débito imediatos dos usuários; o acesso às redes bancárias, por meio de caixas eletrônicos; a possibilidade de estabelecer comunicações pela Internet: salas virtuais, e-mails, compras a distância e pesquisas; controles de acesso, através de leitura ótica ou código de barras; pagamentos do consumo doméstico (luz, água e telefone, por exemplo) em redes de farmácia e correios, etc. Paradoxalmente, este conjunto de atividades que compõem o nosso dia-a-dia, determinado em última instância pela esfera econômico-financeira, tem na base tecnológica o seu determinante comportamental e interioriza-se, nas pessoas, transformando-se em cultura, reconfigurando os usos e costumes das populações, porém passa ao largo do ambiente escolar, como se a escola – em especial a escola pública – estivesse isolada do contexto social.

A introdução das tecnologias da informação (TI) nas redes públicas de educação tem provocado uma série de reações da comunidade educacional, ora no sentido de reafirmar a importância de tais tecnologias no campo do ensino e da aprendizagem, ora na perspectiva de minimizar as suas possibilidades educativas, limitando-as aos ambientes administrativos das instituições educacionais. Assim, qualquer que seja a ótica de análise, não nos parece suficiente restringir tal discussão aos elementos imediatamente relacionados à atividade docente em sala de aula.

Em primeiro lugar, é lícito afirmar que a incorporação de tecnologias de ponta, seja sob a forma de transferência de tecnologia, seja sob o prisma do desenvolvimento local³, não ocorre de maneira equânime e equilibrada entre os países: é forçoso reconhecer que o caráter estratégico de que se revestem as Tecnologias da Informação, impõe uma divisão internacional entre produtores e consumidores de tais tecnologias, sendo que, aos países desenvolvidos, destaca-se o papel de produtores de máquinas (computadores = hardware) e programas computacionais (software), cabendo aos demais países (em vias de desenvolvimento) o consumo daquelas mercadorias. Isto se reflete no estabelecimento de um enorme contingente socialmente periférico, representado pelos países em vias de desenvolvimento, de consumidores de software básicos ou programas especialistas e educacionais, o que implica a absorção compulsória de culturas exteriores e a sua naturalização no ambiente social que adquire tais tecnologias.

Deste fato característico da era contemporânea, decorre o estabelecimento de novos códigos de linguagem⁴, falada e/ou escrita, tanto pela incorporação dos jargões próprios do ambiente computacional, como pela linguagem icônica (simbólica) que se estabelece no contato entre as pessoas e os programas, e ainda, na comunicação entre as próprias pessoas, onde predomina o aligeiramento da escrita, expresso pelo uso exagerado de formas abreviadas, nas salas virtuais, correios eletrônicos e, percebe-se, ainda incipiente, nos trabalhos escolares.

Esta mediação informatizada das relações entre as pessoas se constitui na condição essencial de comunicação da modernidade: ignorar a linguagem informacional e os seus domínios, principalmente na área educacional, condena os educadores a uma posição secundária no ato

³ É bastante relevante, para o campo educacional, observarmos as discussões que têm ocorrido, no Brasil e no mundo, em relação às perspectivas de sobrevivência do planeta e a capacidade tecnológica que a humanidade dispõe para superar os baixíssimos índices de desenvolvimento da maior parcela da população mundial. O descompasso entre o uso predatório dos recursos naturais, que orienta o modelo econômico universalizado pelas grandes potências (Estados Unidos em especial, Inglaterra, Alemanha, Japão, Canadá e países “em desenvolvimento”, como o Brasil) e a possibilidade científica e tecnológica instalada de resolvermos - ou evitarmos, por prevenção - os problemas que afligem grande parte da humanidade (fome, miséria, violência, concentração de renda, doenças, segregação, guerras e afins), remete-nos à necessidade de educadores se apropriarem do tema e trazê-lo para a sala de aula, dado que o *desenvolvimento local*, que implica satisfazer as necessidades de vida da geração presente sem comprometer a qualidade de vida das gerações futuras, torna-se, hoje, o mote para a mobilização de governos, iniciativa privada e terceiro setor. O fracasso da Rio+10, conferência mundial ocorrida em setembro em Johannesburgo, África do Sul, que visava fundamentalmente discutir o crescimento econômico sem degradar ainda mais o ambiente, é representativo da precariedade das relações políticas internacionais, condicionadas que estão à intransigência dos blocos, países e grupos econômicos mais ricos do planeta. São essas relações desiguais que estão na base da organização política dos países periféricos e têm ditado os comportamentos dos seus respectivos governos. Urge, portanto, tornarmos este assunto, e seus aspectos correlatos, um dos grandes temas curriculares para o nosso plano educacional.

⁴ Em recente trabalho apresentado no Fórum Social Mundial de janeiro de 2002, em Porto Alegre - RS, sob o título: “A nova bíblia do Tio Sam”, Bordieu refere-se a uma *novilíngua*, ou seja, uma espécie de novo vocabulário que se universaliza, como categorias próprias da economia globalizada, impondo, de maneira sutil, elementos (palavras) linguísticos de análise da realidade, em detrimento de outras palavras (categorias) que explicariam historicamente o contexto social e econômico contemporâneo. É assim que passam a fazer parte do nosso cotidiano de expressões, palavras como: “governabilidade”, “competitividade”, “multiculturalismo”, “flexibilidade”, “polivalência”, “gestão”, como lentes que nos permitem ver o mundo sob a ótica do equilíbrio e da harmonia ou, no máximo, com problemas pontuais, conjunturais, localizados. Ao mesmo tempo, vão desaparecendo do nosso universo intelectual, palavras como: “classes”, “estratificação”, “conflito”, “salário”, “social”, “crises estruturais” e outras que evidentemente dariam outra interpretação aos fatos que movem a sociedade atual.

educativo, situação incompatível com quem deve, por natureza da profissão, estar sintonizado com a cultura contemporânea e a sua produção tecnológica correspondente.

Como um segundo aspecto, consideramos que, sendo a informação elevada, em meados do século XX, à condição de um recurso tão importante quanto os recursos humanos, financeiros e materiais para a gestão contemporânea, o domínio do conhecimento socialmente produzido, e as tecnologias que lhe servem de suporte, constituem-se como o elemento essencial para qualquer proposta inovadora no campo educacional, que tenha como objetivo a superação das precárias condições materiais e, conseqüentemente, intelectuais, que têm caracterizado a educação pública brasileira.

As características brasileiras de informatização

O processo de informatização na sociedade brasileira evidencia o caráter estratégico, para além do enfoque educacional, que orientou os primeiros passos das políticas públicas naquela direção: “considerando-se o contexto das relações internacionais após a II Guerra Mundial, a informatização da sociedade vincula-se a interesses militares, definindo-se um enfoque estratégico-nacionalista direcionado para a capacitação científica e tecnológica do país, com o objetivo de atender às necessidades de desenvolvimento econômico e social da nação, bem como de consolidar o Poder Nacional, sob a perspectiva do binômio Segurança e Desenvolvimento” (Albuquerque, 1999, p.06).

O enfoque orientado para as questões de estratégia político-econômica nacional, não contemplava as discussões relativas ao processo ensino-aprendizagem, aspectos psicopedagógicos do uso do computador na educação e a sua utilização didático-metodológica. A aplicação imediata das tecnologias informacionais estava direcionada, prioritariamente, ao domínio das técnicas para operação das máquinas, na perspectiva de qualificar a mão-de-obra para um projeto de desenvolvimento fundamentado na modernização e industrialização do país.

Este projeto orientava-se para a inserção do Brasil na estrutura econômica global, uma vez que o país, como de resto a América Latina, encontrava-se em uma condição de desenvolvimento tardio, exigindo formulações político-sociais que erradicassem o “atraso” da sociedade brasileira. É desta orientação que surgem, no início dos anos 70, os Planos Nacionais de Desenvolvimento, tendo como objetivos primordiais o estabelecimento de diretrizes para o desenvolvimento nacional, com atenção especial para a implementação de políticas tecnológicas voltadas à modernização da capacidade produtiva do Estado brasileiro.

As preocupações de ordem pedagógica só viriam surgir, institucionalmente, no final dos anos 80, com a iniciativa do MEC em dotar as escolas públicas do país com laboratórios de microcomputadores para aplicações educacionais. É, portanto, bastante recente a tentativa brasileira de introduzir a informática nos sistemas públicos de ensino, o que torna compreensível – e necessária – a busca de uma metodologia de uso do computador na educação que contribua para a educação de qualidade que a presente capacitação se propõe. É importante salientar que, a despeito das inúmeras tentativas ocorridas nas duas últimas décadas, e do enorme apelo publicitário por parte do

governo, a implantação da informática na educação não se vislumbra, no horizonte pedagógico, uma contribuição significativa das Tecnologias da Informação para o fazer educacional.

Consolidam-se, antes, condutas didático-metodológicas amplamente sacramentadas nos enfoques comportamentalistas, que têm orientado, via de regra, a educação pública do país. Tais condutas evidenciam um processo de psicologização do ensino, que se incorpora ao processo educacional brasileiro a partir das primeiras décadas do séc. XX e tem como fundamento operacional as abordagens skinneriana e pavloviana de comportamento. Estas abordagens orientaram, durante o séc. XX, uma produção significativa de insumos educacionais, com ênfase aos livros didáticos, de ampla disseminação nas redes públicas brasileiras de ensino.

Duas iniciativas do Governo Federal foram significativas para colocar em evidência, nas escolas públicas do país, a discussão sobre a relevância da apropriação, no ambiente educacional, das tecnologias da informação, como uma forma vanguardista de se fazer educação: o Programa Nacional de Informática Educativa – PRONINFE, que vigorou de 1987 a 1996, e o Programa Nacional de Informática na Educação – PROINFO, que substituiu o PRONINFE, a partir de 1996. O fato relevante é que ambos os programas, em que pese originarem-se em governos diferentes, mantinham uma singularidade comum: direcionavam-se prioritariamente ao atendimento do mercado de trabalho, na perspectiva de fornecer mão-de-obra para uma suposta e desejada industrialização do país, para a qual seria condição essencial a modernização da capacidade produtiva, pela via da incorporação das tecnologias informacionais.

É evidente que, nos tempos atuais, tais concepções não encontram, no ambiente educacional, o *locus* privilegiado para o desenvolvimento de conhecimento em informática orientado quase exclusivamente para o aprendizado de técnicas operacionais do maquinário; até porque, o próprio mercado de trabalho passa por reformulações extremamente graves, a ponto de reorientar o perfil do profissional contemporâneo, necessário a um processo de produção que se caracteriza pela flexibilidade, rotatividade e capacidade de decisões de curto prazo. O que significa que, para garantir o seu acesso e a estabilidade no emprego, o trabalhador de hoje precisa de um arsenal de conhecimentos e habilidades que está muito além dos aprendizados especificamente técnicos e operacionais.

Isto implica reconhecer que o aprendizado da informática não é suficiente para a qualificação do trabalhador, conforme se preceitua nos programas de qualificação que enfatizam o domínio operacional do maquinário. Ao contrário, é o aprendizado através da informática – passível de ser desenvolvido no ambiente escolar e mais amplo que o domínio técnico-operacional – que pode superar a condição de trabalhador especializado em atividades mecânicas, automatizadas, para uma situação de indivíduo apto a desenvolver novas atividades intelectivas, exigidas pelas relações sociais e econômicas dos tempos atuais.

É necessário afirmar, portanto, que a introdução da informática na educação – e em especial na educação pública -, não pode se consubstanciar nas concepções anacrônicas que, até recentemente, têm orientado as políticas públicas educacionais e que se caracterizam estritamente por uma visão de formação orientada para o mercado.

Consideramos que tal concepção é, pela sua natureza, inibidora de alternativas pedagógicas que contemplem, por exemplo, o acesso ao conhecimento científico, tecnológico e cultural por parte do aluno das instituições públicas de ensino, reconhecidamente necessitado de participar do processo civilizatório em curso.

Sobre a (des)importância da informática no contexto educacional

Quando se instala a discussão sobre a adoção de recursos da informática no campo educacional, é possível identificarmos uma contradição que tem permeado as análises e mesmo as ações dos dirigentes e educadores que preconizam a sua apropriação. Isto pode ser expresso da seguinte maneira: em que pese a enorme importância estratégica que as Tecnologias da Informação adquirem no processo de modernização das atividades produtivas, a ponto de sua utilização se tornar condição fundamental para a capacidade competitiva dos países, a reação geral da comunidade educacional, em especial, dos professores, coordenadores, diretores e funcionários administrativos, é de condescendência apática à introdução de computadores nas escolas, como se este instrumento fosse considerado apenas “mais uma” ferramenta educacional, tão importante quanto, por exemplo, o livro, o quadro ou o retro-projetor.

Na ótica do presente documento, a incorporação das tecnologias da informação pelos ambientes educacionais, é um fato político-educacional bem mais importante e consistente que a mera utilização do computador como um livro eletrônico ou uma máquina de datilografia sofisticada. A nosso ver, a informática deve ser apropriada pelas escolas como parte de um processo de transformações didático-metodológicas mais amplas, que envolvam as relações das instituições de ensino com a produção científica realizada pela sociedade, de modo a não restringir o conhecimento científico, filosófico e cultural da humanidade ao consumo restrito dos manuais didáticos e instrumentos afins.

Torna-se necessário, portanto, recolocar o papel das Tecnologias da Informação nas suas reais dimensões, a fim de que a sua apropriação, pela Rede Estadual de Ensino, se dê a partir da compreensão do caráter histórico e civilizatório das tecnologias e, portanto, do reconhecimento consciente da sua importância e possibilidade de prover, materialmente, as transformações que a educação contemporânea exige.

Alguns elementos importantes para a discussão podem ser identificados em itens como, por exemplo: a fabricação de programas educacionais (software) sem o rigor científico e metodológico necessários a uma educação de qualidade, usualmente, realizada por profissionais não vinculados à área educacional. Isto nos leva à proliferação de pacotes educativos que, a par de um tipo de ‘modernidade’ dos sons e imagens, utilizam-se de pedagogias comportamentalistas para a execução da sua proposta educacional.

Também, a possibilidade que os sistemas multimídia oferecem, em termos de dados, som, voz e imagem, o que torna mais atrativo o ato de estudar/aprender; assim como, a integração propiciada pela telemática, que nos põe em contato imediato com praticamente todos os lugares do planeta, de forma a tornar a comunicação um ato imediato, em *tempo real*.

Outro aspecto que merece consideração é a capacidade que a informática oferece de simular experiências laboratoriais que, de outra forma, seriam impossíveis de se transportar para o ambiente educacional – por exemplo: reações químicas, explosões, testes de velocidade, fenômenos físicos e químicos e, por fim, a possibilidade de desenvolver experiências cognitivas, com a utilização da Inteligência Artificial.

É com base nos pressupostos acima explicitados, e cientes de que o salto de qualidade na educação não pode prescindir das Tecnologias da Informação, que sugerimos à escola desenvolver estudos e práticas de Informática, que se configurem como um conjunto de ações de cunho pedagógico e administrativo, a nosso ver, o divisor de águas entre a escola manufatureira que persiste, ignorando os avanços científicos e culturais da modernidade, e a escola do século XXI, que ainda está para ser construída.