

# CIÊNCIA E NATUREZA EM GALILEU GALILEI: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA DEBATE EPISTEMOLÓGICO DA MODERNIDADE<sup>1</sup>

CONFORTIM, Sandra Maria Canesso<sup>2</sup>  
BAUAB, Fabricio Pedroso<sup>3</sup>

## Introdução

Considerando a importância de Galileu Galilei (1564-1642) para o pensamento moderno, abordaremos, através de sua contribuição, um conceito que é fundamental para a ciência geográfica: o de natureza..

A Ciência Moderna, que teve nele um de seus principais precursores, nasce como nova forma de ver o mundo. Através de observações e experimentos, novos valores são formulados. O telescópio teve um caráter revolucionário nas observações de Galileu. Através dele, viu-se muitas coisas no céu. Temos, assim, a elaboração de uma teoria que ultrapassa os limites do mundo simples observável. Existe, assim, uma diferença entre o mundo dado aos sentidos e o mundo real, que é o mundo desta nova ciência gerada, principalmente, a partir do século XVII.

Começa-se a buscar leis naturais para o mundo. Há uma ruptura com relação ao pensamento medieval, o que conduziu a choques com a Igreja Católica.

Além de criticar a ontologia aristotélica, o matemático italiano veio a propor uma metodologia e uma teoria que estabilizaram o pensamento, criando outras verdades.

Galileu escreveu *Sobre o movimento (De Motu)*, livro que contrariava as teorias aristotélicas de movimento e que o colocou como um líder da reforma científica.

Galileu Galilei destrói definitivamente a imagem mítica do cosmos para substituí-la pelo esquema de um universo unitário, movido através das leis da matemática, tendo como eixo o heliocentrismo copernicano.

Outros personagens foram importantes para a Revolução Científica como Johannes Kepler, que combinava imaginação com números, o rigor por medidas e cálculos. Revelara-se uma base observacional importante para a explicação quantitativa e dinâmica que Newton iria elaborar mais tarde; e Nicolau Copérnico foi o primeiro a abrir uma brecha no antigo modo de pensar, concluindo que no centro do mundo há o sol, entronizado, controlando os planetas e tudo o que gira em torno dele. Mas foi somente Galileu Galilei quem rompeu com todo o sistema de representação do mundo antigo e do mundo medieval. Ele rejeita a concepção de um centro do universo, onde a Terra e o Sol estariam colocados. Para ele não sabemos onde estaria localizado o centro do universo ou se existe um centro. Galileu Galilei, parte da idéia de que as leis da natureza são leis matemáticas. Formulou uma descrição matemática dos movimentos dos corpos e realizou as primeiras demonstrações “experimentais” da Ciência Moderna. Galileu pode ser considerado o “pai” da física moderna, porque tirou todas as conseqüências da revolução copernicana, estabelecendo definitivamente provas

---

<sup>1</sup> Trabalho inscrito no eixo 07, intitulado *Procesos de la interacción sociedad-naturaleza*.

<sup>2</sup> Aluna do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus de Francisco Beltrão.

<sup>3</sup> Professor Adjunto do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus de Francisco Beltrão.

irrefutáveis para o movimento da Terra. Suas descobertas científicas revolucionaram o pensamento ocidental moderno de uma forma geral.

Galileu foi forçado a renunciar as teorias de Copérnico e foi condenado à prisão perpétua. Mas sua pena foi prontamente comutada a uma prisão domiciliar.

Em 1979, o Papa João Paulo II declarou que a Igreja podia ter cometido um engano ao condenar Galileu, convocando uma comissão para reabrir o caso de Galileu.

A comissão concluiu seus trabalhos ao fim de quatro anos, chegando à conclusão de que Galileu não deveria ter sido condenado. Vieram à tona, naquela época, todos os documentos relevantes do seu julgamento.

### **Vida e Obra de Galileu Galilei**

Galileu nasceu em Pisa, dia 18 de fevereiro de 1564, filho de Vincenzo Galilei, músico, matemático e comerciante. A família se mudou para Florença quando Galileu ainda era jovem, e foi em um mosteiro florentino que ele começou seus estudos. Desde cedo, demonstrou facilidade para a matemática e interesse em mecânica, mas seu pai preferiu encaminhá-lo a campos mais úteis, de forma que entrou para Universidade de Pisa em 1581 para estudar medicina e filosofia aristotélica. Foi em Pisa que a rebeldia natural de Galileu transpareceu. Ele tinha pouco ou nenhum interesse em medicina, e passou a estudar matemática, sua grande paixão.

Diz que foi ao observar as oscilações pendulares de uma luminária pendurada na Catedral de Pisa que Galileu descobriu o isocronismo do pêndulo (no qual o período do movimento pendular não depende de sua amplitude), que implicaria meio século mais tarde ao construir o relógio astronômico (HAWKING, 2005, p.53).

O pai de Galileu permitiu que ele deixasse a universidade sem ter obtido o diploma, e retornou a Florença para estudar e ensinar matemática. No ano de 1586 Galileu já questionava a ciência e a filosofia aristotélica, preferindo reexaminar o trabalho do grande matemático Arquimedes.

Em 1589, tornou-se professor de matemática na Universidade de Pisa, e um dos requisitos era ministrar o curso de astronomia ptolomaica, a teoria segundo a qual o Sol e os planetas orbitariam ao redor da Terra. Foi em Pisa, aos vinte e cinco anos de idade, que Galileu desenvolveu um conhecimento mais profundo de astronomia e começou a romper com Aristóteles e Ptolomeu. Notas de aula recuperadas deste período demonstram que Galileu adotava o enfoque de Arquimedes sobre o movimento mais especificamente.

Foi em Pisa que Galileu escreveu *Sobre o movimento* (De Motu), livro que contrariava as teorias aristotélicas de movimento e que o colocou como um líder da reforma científica.

Em 1592, Galileu deixa Pisa. O salário era baixo, e com a ajuda de um amigo, Guidobaldo Del Monte, Galileu foi nomeado catedrático de matemática na Universidade de Pádua, na República de Veneza. Em 1593, ele criou tratados sobre fortificações e mecânica para seus alunos particulares e inventou uma bomba para elevar água com a força de um único cavalo.

Em 1597, Galileu inventou um compasso geométrico e militar que se tornou útil para engenheiros, mecânicos, e militares. Também começou a se corresponder com Kepler.

Galileu simpatizou com a visão copernicana de Kepler, e este nutria esperanças de que Galileu apoiasse abertamente a teoria heliocêntrica da Terra. Mas os interesses

científicos de Galileu estavam ainda concentrados sobre a mecânica, e este não acedeu aos desejos de Kepler. Naquele período Galileu também conheceu Maria Gamba, com quem teve três filhos. A filha mais velha, Virginia, nascida em 1600, foi sempre muito próxima a Galileu.

Nos primeiros anos do século XVII, como ressalta Hawking (2005), Galileu realizou experiências com pêndulos e explorou a sua associação com o fenômeno da aceleração natural. Ele também começou a elaborar um modelo para a descrição do movimento dos corpos em queda livre. Estes estudos envolviam medir o período de tempo necessário para que bolas percorressem diversas distancias em um plano inclinado. Galileu realizava palestras ousadas, e publicava as suas teorias.

Em outubro de 1608 um holandês chamado Hans Lipperhey requisitou a patente de uma luneta capaz de fazer com que objetos distantes aparentavam estar mais próximo. Quando soube da invenção, Galileu se dedicou a tentar aperfeiçoá-la. Em pouco tempo projetou um telescópio três vezes mais poderoso, e dentro de um ano, um telescópio com potencial trinta vezes maior. Quando Galileu voltou seu telescópio aos céus em janeiro de 1610 o cosmo literalmente se abriu para a humanidade. A lua deixou de ser um disco perfeito, ganhando montanhas e crateras. Através de seu telescópio Galileu determinou que a Via Láctea era na verdade uma vasta aglomeração de estrelas individuais. De grande impacto para a época foi a descoberta de quatro luas ao redor de Júpiter, uma descoberta de tremendas conseqüências para muitos simpatizantes do geocentrismo, pois acreditavam que todos os corpos celestes se moviam exclusivamente ao redor da Terra. Também em 1610, Galileu publicou *O mensageiro estelar* no qual ele anunciava suas descobertas e que o colocou na liderança da astronomia de sua época. Galileu sentiu-se impossibilitado de continuar ensinando teorias aristotélicas e sua fama lhe permitiu retornar a Florença como matemático e filósofo.

Sem ter aulas a ministrar, Galileu pôde se dedicar à telescopia. Ele observou as fases de Vênus, fases estas que confirmaram a teoria de Copérnico segundo a qual o planeta também percorria uma órbita ao redor do Sol. Notou também o formato oblongo de Saturno, que o levou a concluir que o planeta era circundado por numerosas Luas.

Galileu conforme Koyré (2001) viu montanhas na lua, novos planetas no céu, novas estrelas fixas em números tremendo, coisas que nenhum olho humano havia jamais visto e que nenhuma mente havia concebido anteriormente. Além desses fatos novos, havia ainda a descrição do telescópio, o primeiro instrumento científico que havia tornado estas descobertas possíveis e possibilitado a Galileu transcender a limitação imposta pela natureza aos sentidos e ao conhecimento humano.

A Igreja Católica afirmou e elogiou as descobertas de Galileu, mas discordou de suas interpretações. Em 1613 Galileu publicou *Cartas sobre manchas solares* onde colocava pela primeira vez em palavras impressas a sua defesa do sistema copernicano de um universo heliocêntrico. Seu trabalho foi imediatamente alvo de ataques e seu autor denunciado, o que chegou rapidamente à atenção da Inquisição. A publicação em 1616 de sua teoria sobre as marés, teoria que Galileu acreditava provar que a Terra se move, leva-o a Roma para esclarecer suas posições. Um conselho de Teólogos declarou que Galileu praticava ciência ruim ao ensinar o sistema de Copérnico como um fato. Galileu, não chega a ser condenado facilmente. Um encontro com o Papa Paulo V o levou a acreditar que o pontífice lhe tinha um especial afeto, e que poderia continuar seus ensinamentos sob sua proteção. Galileu em todo caso, foi severamente advertido sobre as teorias copernicanas, que eram consideradas contrárias a Bíblia, e que deveriam ser apresentadas apenas como hipóteses.

De acordo com Citino, (2001) Galileu organizou uma Academia de Refugiados – uma espécie de grêmio científico e filosófico – formado por homens que tinham

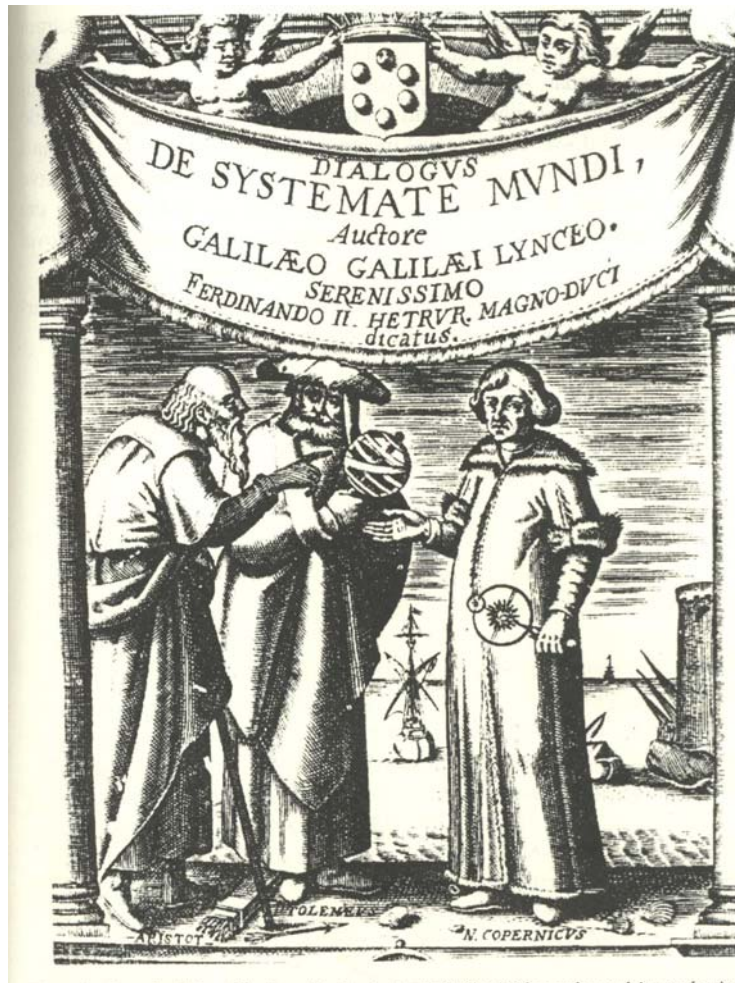
fugido de outras partes da Itália para Veneza a fim de continuar seus estudos e expressar suas idéias livremente. Foi nesse lugar que Galileu divulgava os resultados de suas observações e experiências. E também explicava a função de seus inventos como o *compasso*, a máquina de desatinar a levantar a água e irrigar o solo; *termômetro*, invento para medir a temperatura; explicou os mistérios do *imã* e das forças magnéticas da Terra; e por fim o mais importante de suas invenções o *telescópio*, um instrumento para contemplar e analisar as estrelas.

Em 1623 Galilei publicou “O ensaiador”, sobre a natureza dos cometas. Os cometas são para Galilei fenômenos óticos e não objetos físicos.

Quando Paulo V morreu em 1623, o seu sucessor, o Cardeal Barberini, eleito com o nome de Papa Urbano VIII, era um dos amigos defensores de Galileu, o que o levou a supor que o ético de 1616 fosse revogado. Urbano disse a Galileu que ele havia pessoalmente eliminado a palavra “heresia” do ético, e enquanto Galileu tratasse o sistema de Copérnico como hipótese e não como fato, ele teria liberdade de publicar. Galileu contou com esta garantia para trabalhar no *Diálogo sobre os dois máximos sistemas de mundo* durante os próximos seis anos, o livro que eventualmente o levaria à prisão.

*Diálogo sobre os dois máximos sistemas de mundo*, Ptolomaico e Copernicano foi composto por uma polêmica entre um defensor de Aristóteles e Ptolomeu, e um defensor de Copérnico, ambos os interlocutores interessados em convencer um leitor leigo, porém culto. Neste diálogo Galileu ridiculariza as teorias aristotélicas. A escolha de Galileu de escrever o texto no vocabulário italiano levou seu livro a atingir o público mais amplo. A figura 1 mostra, no frontispício do diálogo, Aristóteles, Ptolomeu e Copérnico dialogando sobre a forma do sistema de mundo, vemos Ptolomeu com uma esfera do modelo geocêntrico, enquanto Copérnico está com um modelo heliocêntrico de mundo.

**Figura: 1 Frontispício da Obra  
“Diálogo sobre os dois máximos sistemas de mundo”.**



Fonte: ABRANTES (1998 p.71).

Galileu foi forçado a renunciar as teorias de Copérnico e foi condenado à prisão perpétua. Mas sua pena foi prontamente comutada a uma prisão domiciliar bem mais leve, na cidade de Siena, sob a guarda do arcebispo Ascânio Piccolomini, um de seus ex-alunos. Piccolomini não só permitiu, mas encorajou Galileu a retornar a seus escritos. Foi neste período que Galileu começou sua última obra, *Diálogos sobre duas novas ciências*, onde examina seus sucessos na física. No ano seguinte, ao saber do tratamento preferencial que vinha recebendo, Roma decide enviá-lo a outra residência, desta vez nas montanhas próximas a Florença. Alguns historiadores crêem que foi durante esta transferência, e não durante seu julgamento, que ele proferiu as famosas palavras “mesmo assim se move”.

Assim como Sócrates foi condenado por corromper a juventude de seu tempo, Galileu teria que ser condenado, pois ninguém mais do que ele semeou o “terrorismo intelectual” e a “corrupção da inteligência”. (JAPIASSU, 1985 p 58)

A mudança reaproximou Galileu de sua filha Virginia que, contudo, contraiu uma doença e faleceu em pouco tempo, no ano de 1634. Galileu ficou desconsolado mas

conseguiu eventualmente retomar seus trabalhos através da obra *Duas novas ciências*. Terminou o livro em menos de um ano, mas foi impedido sua publicação. O manuscrito foi contrabandeado da Itália para Europa.

*Diálogos sobre duas novas ciências* é uma explanação acerca das leis que governam corpos em queda livre. A primeira metade do livro se concentra sobre as experiências que Galileu fez com o plano inclinado e movimento acelerado. Na segunda parte do livro, Galileu se dedicou ao cálculo da trajetória de um projétil disparando de um canhão. Galileu foi o primeiro a determinar as causas e a descrever o fenômeno. Ele concluiu que a trajetória do projétil combinava dois movimentos: um vertical, causado pela gravidade, que puxa o projétil para baixo, e outro horizontal, governado pelo princípio da inércia.

*Duas novas ciências* gerou contribuições tão significativa para a física que estudiosos há muito mantêm que o livro antecipou as leis de Newton de movimento. Na época de sua publicação, porém, Galileu já tinha perdido a sua visão. Seus últimos anos passou-se em Arcetri, onde veio falecer dia 8 de janeiro de 1642. As contribuições de Galileu para a humanidade nunca deixaram de ser reconhecidas. Albert Einstein prestou sua homenagem quando escreveu:

“As proposições deduzidas através da lógica pura são completamente nulas em relação à realidade. E Galileu, por ter percebido esta verdade, e por tê-la instigado no mundo da ciência, tornou-se o pai da física moderna, na verdade, pai da ciência moderna” (EINSTEIN apud HAWKING, 2005.p.62.).

Em 1979, o Papa João Paulo II declarou que a Igreja poderia ter cometido um engano ao condenar Galileu, convocando uma comissão para reabrir o caso. A comissão concluiu seus trabalhos ao fim de quatro anos, chegando à conclusão de que Galileu não deveria ter sido condenado, e publicando todos os documentos relevantes ao seu julgamento. Em 1992 o Papa endossou o resultado do inquérito.

### **Ciência e Natureza em Galileu Galilei**

Para Japiassu (1985), a Ciência Moderna surgiu com a Revolução Copernicana no século XVII e Galileu é o autor dessa Revolução. É ele quem destrói definitivamente a imagem mítica do Cosmos para substituí-la pelo esquema de um universo unitário, movido através das leis da matemática. Para o autor, trata-se de uma revolução que substitui a física qualitativa (aristotélica), por uma física quantitativa, substituindo uma imagem de natureza, por outra, uma ciência por outra, o método da autoridade pelo recurso à razão e à experiência.

Antes da Revolução, a natureza ainda é concebida como obra do Deus criador. De um lado situa-se a imagem tradicional do Universo, criado por Deus e cujos ensinamentos encontram-se na Bíblia, e por Aristóteles, que se ensina nas universidades; do outro se tem um esquema abstrato, que reduz o mundo a uma espécie de mundo geométrico, sem nenhuma relação com a presença humana nem com a história da salvação. Com a ciência moderna, abandona-se um cosmos finito e instaura-se um Universo infinito, interpretado, às leis internas que o definem. Constrói-se um mundo à imagem da razão.

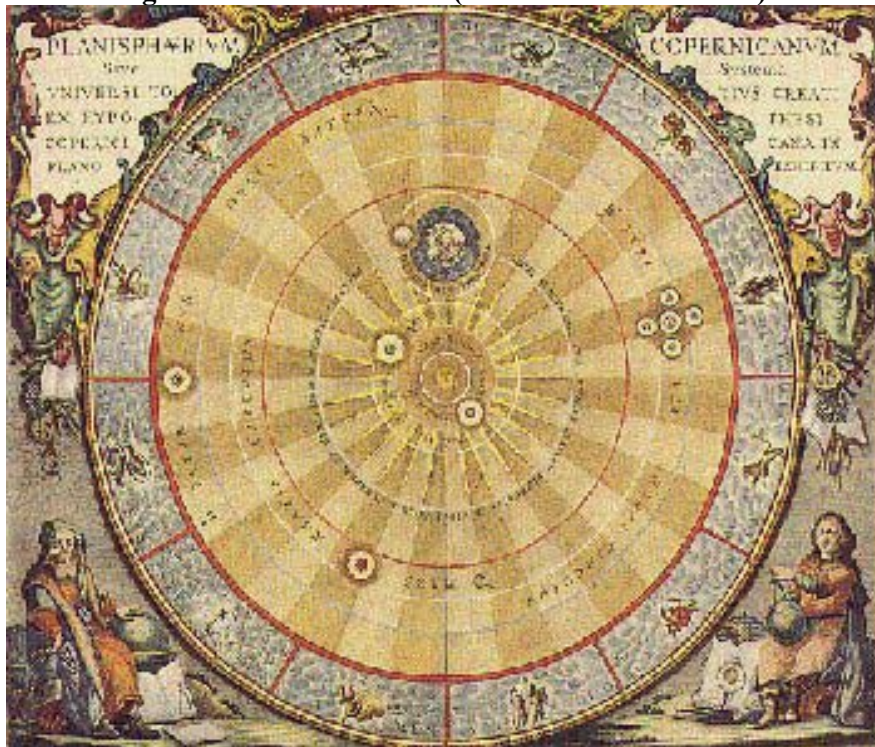
A nova concepção de mundo, vinda da revolução científica, começa a desenvolver-se graças ao emprego do chamado método dedutivo, ou seja, de um plano de pesquisa definido a partir da lei geral para a aplicação da mecânica. Mas foi o

método indutivo que criou as condições necessárias à aplicação de nova concepção do mundo. Graças a Galileu é que o método indutivo começou a impor-se na pesquisa científica.

Além de Galileu, outros personagens foram importantes para a eclosão da Revolução Científica. Johannes Kepler, por exemplo, combinava imaginação com números, o rigor por medidas e cálculos, sendo bastante influenciado pela doutrina pitagórica. Através dele, revelaram-se uma base observacional importante para a explicação quantitativa e dinâmica que Newton iria elaborar mais tarde. É com Kepler e não com Copérnico que o heliocentrismo passou a ser concebido como uma explicação física do movimento dos astros. Ao descobrir que os planetas descrevem elipses, ele é o primeiro a romper com a idéia de círculo como uma figura perfeita.

Nicolau Copérnico (1473-1543) foi o primeiro a abrir uma brecha no antigo modo de pensar. Fez uma descrição da rotação da Terra em torno de seu eixo e do movimento de translação ao redor de um Sol fixo. Após expor seu sistema heliocêntrico e mostrar a distância quase infinita das estrelas, Copérnico conclui que no centro do mundo há o Sol, entronizado, controlando os planetas e tudo o que gira em torno dele, como ilustra a figura 2.

**Figura: 2 Heliocentrismo ( Sol centro do universo)**



Fonte: <[www.klepsidra.net/klepsidra18/copernico2.jpg](http://www.klepsidra.net/klepsidra18/copernico2.jpg)>

Mas foi Galileu quem de fato introduziu um corte epistemológico na história do pensamento ocidental. Foi ele quem rompeu com todo o sistema de representação do mundo antigo e do mundo medieval, iniciando a ciência em sua feição *moderna*.

De acordo com Koyré (2001), Galileu rejeita a concepção de um centro do universo, onde a Terra e o Sol estariam colocados. Para ele não sabemos onde estaria localizado o centro do universo ou se existe um centro.

Para Galileu, todos os corpos celestes obedeciam a uma “inércia circular”, que explicava por que eles podiam permanecer em órbita circulares por um tempo indefinido sem estarem sujeitos à ação de uma força. Já os oceanos estavam sujeitos às leis que regem o movimento dos objetos na Terra (Gleiser 1997).

Galileu enxergou equivocadamente no movimento das marés e na sua explicação daquele movimento uma prova física definitiva da verdade copernicana como ressalta Rossi (2001).

Em *O Ensaiador*, conforme destaca Rossi (2001), se encontram duas doutrinas filosóficas de Galilei. A primeira tem por base uma série de considerações relativas à proposição que afirma “ser o movimento a causa do calor”. A segunda doutrina demonstra a convicção de Galilei de que a natureza, apesar de ser surda e insensível aos nossos desejos e apesar de produzir os seus efeitos “mediante formas impensáveis por nós”, traz no seu interior uma ordem e uma estrutura harmoniosa, do tipo geométrico.

A filosofia encontra-se escrita neste grande livro que continuamente se abre perante os nossos olhos (isto é, o universo), que não se pode compreender antes de entender a língua e conhecer os caracteres com que está escrito. Ele está escrito em língua matemática, os caracteres são triângulos, circunferências, e outras figuras sem cujos meios é impossível entender humanamente as palavras; sem eles nós vagamos perdidos dentro de um obscuro labirinto (GALILEU, 1973, p.119).

Galileu formulou uma descrição matemática dos movimentos dos corpos e realizou as primeiras demonstrações “experimentais” da Ciência Moderna. Galileu pode ser considerado o “pai” da física moderna, porque tirou todas as conseqüências da revolução copernicana, estabelecendo definitivamente a representação heliocêntrica do mundo. Galileu revelou os fundamentos da racionalidade moderna, já presente na hipótese heliocêntrica de Copérnico (JAPIASSU, 1985).

Conforme Bauab (2005), para Galileu sem a matemática a natureza é um labirinto escuro. São as suas demonstrações que proporcionam a chave para desvendar os segredos do mundo. A lógica constitui-se fundamentalmente, em um instrumento de crítica, sendo a matemática um instrumento de descoberta.

O método científico, para Galileu, implica, portanto, na predominância da razão sobre a simples experiência, na substituição de uma realidade empiricamente conhecida por modelos matemáticos. Há a prioridade da razão sobre os fatos. (KOYRÉ apud BAUAB, 2005).

Galileu, como ressalta Japiassu (1985) parte da idéia, preconcebida, mas que forma sua filosofia da natureza, de que as leis da natureza são as leis matemáticas. Essas leis, passíveis de apreensão por sua regularidade mecânica, não dizem nada com relação aos dramas da existência humana e não possuem resquício algum de participação na busca pela verdade cristã. Assim, temos em Galileu um processo de secularização da ordem natural que acompanhou a própria decadência da verdade religiosa enquanto critério único de identificação de verdades. Aqui, não podemos deixar de ver no eminente pensador um marco fundamental para a irrupção da modernidade.



## Considerações Finais

Podemos concluir que a Ciência Moderna nasce como nova forma de ver o mundo amparada na tentativa de entender as leis da natureza, antes vistas como divinas. Há uma ruptura com relação ao pensamento medieval, o que conduziu a choques inevitáveis com a Igreja Católica, que já sofrera um sério abalo com a eclosão da Reforma Protestante.

Um dos nomes responsáveis por essa Revolução Científica – talvez o principal - é sem dúvida o de Galileu Galilei. Foi o autor italiano quem realmente inseriu um marco na história do pensamento ocidental, ao romper com todo o sistema de representação do mundo antigo e do mundo medieval.

Realizando buscando leis mediante hipóteses e experimentos, amparado num rígido controle matemático, Galileu Galilei pode ser considerado o pai da física moderna, pois tirou todas as conseqüências da revolução copernicana estabelecendo definitivamente a representação heliocêntrica do mundo. Galileu revelou os fundamentos da racionalidade moderna, autônoma, cética e voltada para os critérios sociais de utilidade. Suas descobertas científicas revolucionaram o pensamento ocidental moderno de uma forma geral

Galileu Galilei parte da idéia de que as leis da natureza são leis matemáticas. Substitui, mediante uma matemática *aprioristicamente* concebida, a natureza sensível por uma Natureza idealizada, afastando qualquer resquício da subjetividade humana em nome de uma objetividade plena.

Ao ser condenado à prisão perpétua e forçado a renunciar as teorias de Copérnico, Galileu já havia conquistado admiradores, o que lhe permitiu, que sua pena fosse mais leve e voltasse a escrever. A grande síntese newtoniana só foi possível mediante o caminho traçado pelo eminente florentino.

## Referências:

ABRANTES, Paulo. *Imagens de Natureza, Imagens de Ciência*. Campinas S.P: Papyrus,1998.

BAUAB, Fabrício Pedroso. *Da Geografia Medieval às origens da Geografia Moderna; contrastes entre diferentes noções de natureza, espaço e tempo*. Tese de Doutorado.

UNESP, Presidente Prudente: 2005, 301p.

CITINO, Rosana (revisão). *Galileu Vida e Pensamento*. Martin Claret, São Paulo, 2001.

GLEISER Marcelo. *A Dança do Universo*. São Paulo: Companhia das Letras, 1997.

HAWKING, Stephen. *Os Gênios da Ciência sobre os ombros de Gigantes*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

JAPIASSU, Hilton. *A Revolução Científica Moderna*. Rio de Janeiro. Imago,1985.

ROSSI, Paolo. *O Nascimento da Ciência Moderna na Europa*. Bauru, S.P.: EDUSC, 2001.

KOYRÉ, Alexandre. *Do Mundo Fechado ao Universo Infinito*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2001.