

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE FILOSOFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO EM FILOSOFIA**

Fundamentos Kantianos dos Axiomas do Movimento de Newton

**Írio Vieira Coutinho Abreu Gomes**

**Recife, 2006**

**Írio Vieira Coutinho Abreu Gomes**

**Fundamentos Kantianos dos Axiomas do Movimento de Newton**

Dissertação de mestrado apresentada  
como requisito parcial à obtenção do  
grau de Mestre em Filosofia pela  
Universidade Federal de Pernambuco,  
sob a orientação do Prof. Dr. Fernando  
Raul de Assis Neto

**Recife, 2006**

**Gomes, Írio Vieira Coutinho Abreu**

Fundamentos kantianos dos axiomas do movimento de  
Newton / Írio Vieira Coutinho Abreu Gomes. -- Recife: O Autor,  
2006.

109 folhas.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de  
Pernambuco. CFCH. Filosofia, 2006.

Inclui: Bibliografia.

1. Filosofia. 2. Kant, Immanuel. 3. Epistemologia. 4. Newton,  
Isaac. I. Título.

1  
100

CDU (2. ed.)  
CDD (22. ed.)

UFPE  
BCFCH2010/80

## TERMO DE APROVAÇÃO

ÍRIO VIEIRA COUTINHO ABREU GOMES

Dissertação de Mestrado em Filosofia **aprovada**, pela Comissão Examinadora formada pelos professores a seguir relacionados, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Filosofia, pela Universidade Federal de Pernambuco.

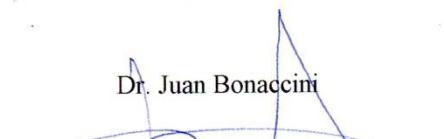
Dr. Fernando Raul de Assis Neto

  
\_\_\_\_\_  
ORIENTADOR

Dr. Jesus Vázquez Torres

  
\_\_\_\_\_  
1º EXAMINADOR

Dr. Juan Bonaccini

  
\_\_\_\_\_  
2º EXAMINADOR

RECIFE/2005

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus.

A minha família, pela educação e amor incondicionais.

Ao meu orientador: Fernando Raul de Assis Neto, por ter executado a orientação com maestria, harmonizando tanto o aspecto intelectual de meus estudos iniciais em Kant, como também o emocional necessário para superar os momentos mais difíceis.

Aos meus amigos (especialmente Sandro), pelo simples fato de serem intocáveis.

## **RESUMO**

Esse trabalho se insere na perspectiva fundacionista kantiana, particularmente no que diz respeito às três leis de Newton. Em sua obra de 1786, *Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza*, Kant empreende a tarefa de fundamentar a física mecânica através de princípios metafísicos. Nossa objetivo nessa dissertação foi abordar essa obra especificamente em seu terceiro capítulo onde Kant trata dos axiomas do movimento de Newton. Nessa dissertação elucidamos a argumentação kantiana na fundamentação das primeira e terceira leis de Newton e, ao final, mostramos a insuficiênciā da abordagem de Kant com respeito à segunda lei de Newton.

Palavras chave:

Kant, Epistemologia, Newton.

## **ABSTRACT**

This work falls within the Kantian foundationalist perspective, particularly with regard to the three laws of Newton. In his work from 1786, *Metaphysical Foundations of Natural Science*, Kant undertakes the task of grounding the physical mechanics through metaphysical principles. Our objective in this dissertation was to address that work specifically in its third chapter where Kant deals with axioms of motion of Newton. In this dissertation we elucidated the Kantian argument in the foundation of the first and third laws of Newton and in the end, we show the inadequacy of Kant's approach with respect to Newton's second law.

Keywords:

Kant, Epistemology, Newton.

## **SUMÁRIO**

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	08
<b>Cap.1- O PENSAMENTO NEWTONIANO</b>	
1.1- Herança e contribuição para a ciência.....	14
1.2- Newton e os <i>Princípios Matemáticos de Filosofia Natural</i> .....	35
<b>Cap.2- KANT E O CAMINHO SEGURO DA CIÊNCIA</b>	
2.1- Arquitetura da <i>Crítica da Razão Pura</i> e o lugar da Analítica dos Princípios....	46
2.2- A Analítica dos Princípios e as Analogias da Experiência.....	56
<b>Cap.3- KANT E OS PRINCÍPIOS METAFÍSICOS DA CIÊNCIA DA NATUREZA.</b>	
3.1- Apresentação da obra.....	68
3.2- Definições iniciais.....	75
3.3- As três leis da mecânica.....	78
<b>CONCLUSÃO.....</b>	94
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	99

# **INTRODUÇÃO**

# INTRODUÇÃO

Pretendemos mostrar neste trabalho como Kant fundamenta os axiomas do movimento de Newton por meio de princípios metafísicos. Tal empresa é conduzida por Kant em *Primeiros Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza*, publicada em 1786. Por via de procedimento e para melhor sistematização da leitura, dividimos a dissertação em três capítulos:

Cap.I- O Pensamento Newtoniano

Cap.II- Kant e o Caminho Seguro da Ciência

Cap.III- Kant e os *Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza*.

No primeiro capítulo, mostraremos o pensamento de Newton na física e as influências que recebeu para esta formulação. A física newtoniana era admirada por Kant e é a ela que se reporta quando escreve *Primeiros Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza*. Como nesta obra Kant se refere a alguns conceitos da física de Newton, em particular aos conceitos de seus *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, também conhecido por *Principia*, achamos por bem colocar já neste primeiro capítulo algumas considerações sobre a física que será abordada por Kant.

Ao se falar destas bases nos remeteremos a Descartes, que juntamente com Galileu, Kepler, Boyle, etc., formavam o paradigma de rigor no pensar da época, dos quais Newton foi herdeiro, principalmente na chamada filosofia da natureza (física) e da forma como esta física deveria ser feita.

Como o objetivo desta dissertação é a fundamentação metafísica das leis do movimento de Newton, deter-nos-emos nos capítulos dos *Principia* dedicados ao assunto.

Partiremos das oito definições dadas por Newton para matéria, quantidade de matéria, quantidade de movimento e força e, juntamente com estes conceitos, examinamos o Escólio a estas oito definições; partindo então para as três leis do movimento. Este primeiro capítulo pretende ser a “atmosfera” por onde Kant haverá de passar e mostrar sua filosofia da ciência.

“Kant e o caminho seguro da ciência” é o nosso segundo capítulo. Ele se inicia mostrando que requisitos Kant tinha para poder, com propriedade e fundamento, falar do modelo científico e paradigma de conhecimento seguro de sua época, a mecânica newtoniana.

Não há dúvidas das preocupações de Kant em dar um caminho seguro à metafísica, para tanto busca o que já havia sido feito em outras ciências: física, matemática e lógica, no que diz respeito ao método. Faremos uma explanação sobre o “giro copernicano” de Kant nessa busca por um novo método para a metafísica na *Crítica da Razão Pura*. Como a física já está neste caminho seguro da ciência, para Kant a pergunta sobre sua possibilidade se faz necessária.

No intuito de respondê-la, faremos uma explanação geral da *Crítica* até a “Analítica dos Princípios”, onde veremos como se aplicam à experiência os conceitos puros do entendimento, possibilitando esta ciência da natureza pelo menos da forma como Kant a entendia. Nessa “analítica” Kant utiliza as “analogias da experiência” para mostrar como é feita a “ligação necessária das percepções” (B218) para que se tenha a possibilidade da experiência. Essas “analogias” têm um papel imprescindível na análise kantiana das leis do movimento de Newton.

O objetivo deste capítulo não é explorar toda a *Crítica* e sim exibir o fio condutor que leva do pensamento de Kant na *Crítica* até sua relação direta com a física de Newton, estabelecida em *Primeiros Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza*. Um dos objetivos desta dissertação é estabelecer a relação entre a *Crítica da Razão Pura* e os *Primeiros Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza*, como partes de uma mesma empreitada para a fundamentação da física. É com este espírito que se deve encarar a relação entre nossos capítulos II e III, o II dedicado a *CRP*, e o III a *Primeiros Princípios*. Essa relação é estabelecida via conceituação de matéria e trata no final das contas da relação entre metafísica geral e metafísica particular.

No nosso terceiro capítulo, mostraremos como se dá essa relação no texto de Kant *Primeiros Princípios*. A ciência do movimento trata da matéria em movimento; portanto, o conceito de matéria será essencial para Kant; não a matéria tratada como algo empírico, com massa volume, rugosidade, antes, o que de *a priori* podemos saber desta matéria; o que esta “matéria” é para nós quando conceituada a partir dos quatro grupos de categorias.

*Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza* divide-se então em quatro capítulos, cada um com um conceito diferente de matéria e cada um deles associado a um determinado grupo de categorias do entendimento. Concentrar-nos-emos no terceiro capítulo, “Primeiros Princípios Metafísicos da Mecânica”, no qual Kant aborda o conceito de matéria pela óptica das categorias da relação. Isso conduz Kant aos três axiomas do movimento de Newton.

Ao tratarmos de *Princípios Metafísicos*, faremos de início uma discussão sobre o prefácio do próprio Kant, onde ele mostra qual o papel e a necessidade da matemática e metafísica para o conhecimento seguro das leis da natureza e em seguida partiremos às leis da mecânica que Kant encontra e confronta com a formulação de Newton.

Em nossa conclusão, mostramos nossos resultados, algumas das dificuldades encontradas e um encaminhamento para futuros estudos. Nesta dissertação, além das três fontes básicas de pesquisa, a *Crítica da Razão Pura* e *Primeiros Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza* de Kant e os *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural* de Newton, também utilizamos como obras de referência *Kant and the Exact Sciences* de Michael Friedman, *Kant's Mechanical Determination of Matter in the Metaphysical Foundations of Natural Science* de Martin Carrier e *Kant's Justification of the Laws of Mechanics* de Eric Watkins; também somos devedores da obra de Henry Allison, *El Idealismo Transcendental de Kant: uma interpretación e defensa*, que muito nos ajudou no esclarecimento de alguns pontos da *Crítica*.

São obras recentes que iluminam fortemente a discussão em termos dos fundamentos metafísicos das ciências da natureza empreendida por Kant. Claro que o destaque dado a essas últimas obras não retira a importância das demais obras colocadas na bibliografia, que em maior ou menor escala nos ajudaram nesta pesquisa.

Por fim, ressaltamos que esta dissertação possui um caráter didático-pedagógico, servindo aos que se interessarem pela epistemologia em Kant como uma espécie de leitura introdutória. Não são muitos os textos em língua portuguesa que expõem com clareza os passos argumentativos de Kant em sua tentativa de nos apresentar os princípios metafísicos da ciência da natureza.

## **Cap.I- O PENSAMENTO NEWTONIANO**

## 1.1- Herança e Contribuição para a Ciência

Iniciemos por expor a metodologia newtoniana acerca da ciência natural. Mostraremos alguns antecessores de Newton no manejo de metodologias para a ciência, como tais métodos influenciaram o pensamento newtoniano, o qual permeia o século XVII, ou século da genialidade, segundo Whitehead; e concluiremos este capítulo escrevendo acerca das “*regras de raciocínio em filosofia*”, onde Newton deixa claro seu método filosófico, por onde se deve caminhar para se fazer ciência da natureza com precisão e sem desvios.

Nosso enfoque não será acerca de uma exposição da física pré-newtoniana, ou seja, o “giro copernicano”, onde a Terra deixa de ser o centro do universo, cedendo lugar ao Sol. Não se constituirá também como objeto de preocupação nosso expor as leis de Kepler dos movimentos dos planetas ( $T^2/R^3 = \text{Constante}$  onde T é o período de rotação da Terra em torno do Sol e R o raio médio nesta translação, por exemplo) ou mesmo as equações de Galileu. Não temos dúvidas da importância destas e de outras descobertas para a física de Newton.

Contudo, o que vamos abordar é a influência que determinados pensamentos filosóficos da época tiveram sobre o pensamento de Newton, sem nos determos numa história do pensamento científico e filosófico anterior a Newton.

Nosso panorama é o século XVI, quando se inicia uma mudança na forma de se enxergar a natureza e se desenvolve uma mudança de paradigmas, ao modo kuhniano, em termos da chamada filosofia da natureza ou física. É a passagem da física medieval, tendo em Aristóteles e Ptolomeu seus maiores expoentes, para a física da Idade Moderna, da qual

Newton é um dos principais atores e herdeiros. Veremos como estas mudanças de paradigmas contribuíram para Newton pensar a física.

Os resultados da filosofia da natureza de Newton expressos em seus “*Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*” são escritos utilizando essencialmente uma linguagem matematizada, respaldados por experimentos e baseados em princípios. O que faremos aqui então é mostrar como matemática, experimentação e filosofia estão disponíveis para Newton construir seu sistema.

Usaremos as palavras de Einstein, escritas no prefácio do relançamento do *Opticks* de Newton, para tentar melhor explicitar nossa pretensão: “Numa só pessoa, ele combinou o experimentador, o teórico, o mecânico e, não menos importante, o artista que expõe sua obra”<sup>1</sup>. Tentaremos aqui mostrar como Newton encontrou o mundo feito por outros experimentadores, teóricos, mecânicos e artistas. Iniciaremos pela experimentação, passando pela matemática e terminando com a metafísica.

Nesta nova forma de ver a natureza, de fazer ciência, o papel da experimentação foi crucial para a empresa do pensar. A experimentação chega com o advento do comércio e com a mudança de mentalidade da época em que não mais uma vida contemplativa ao modo grego é buscada pelo homem, mas uma vida ativa, uma forma de ver o mundo e ser parte atuante nele, interferindo e agindo sobre ele. Esse era o ideal de ciência de Bacon e Descartes que agora se destacava: uma ciência capaz de dominar a Natureza em favor e benefício do ser humano. Koyré numa palestra em 1948 destaca:

---

<sup>1</sup> NEWTON, I. *Óptica, p.LX*: Trad. André Koch Assis. São Paulo: Edusp, 2002.

“Algumas pessoas enfatizam o papel da experiência e da experimentação na nova ciência, a luta contra a aprendizagem livresca, a nova crença do homem moderno em si mesmo, em sua capacidade de descobrir a verdade por suas próprias forças, exercitando seus sentidos e sua inteligência – uma crença vigorosamente expressa por Bacon e Descartes, em contraste com a crença antes vigente no valor supremo e preponderante da tradição e da autoridade consagrada.”<sup>2</sup>

A experimentação é sem dúvida uma das novidades da ciência no século XVI, elemento introduzido e defendido por praticamente todos os naturalistas nesta época e que perdura até hoje. Não que uma teoria seja respaldada por experimentos. Porém, os experimentos podem nos levar a um melhor pensar, a um refletir sobre nossa teoria, sobre a prática científica.

Tal idéia encontra eco no critério de falseabilidade de Karl Popper. Esse critério sustenta que enquanto não aparecer um experimento que a refute, a teoria está valendo. Por outro lado, temos Thomas Kuhn, o qual nega qualquer critério de verificação e defende uma postura de subordinação do experimento à teoria<sup>3</sup>. Seja lá como for, em meados do século XVI, a experimentação tornou-se vital para o pensar científico até hoje.

A experimentação contribuiu demasiadamente para a queda da visão aristotélica da natureza. Esta natureza não era agora explicada apenas por via de idéias especulativas razoáveis, mas tais idéias tinham de passar pelo crivo dos experimentos:

---

<sup>2</sup> Koyré, A. *Newtonian Studies*, p.3-24. Cambridge, Mass.:Harvard University Press, 1965.

<sup>3</sup> Sobre as posições de Popper ver *A Lógica da Pesquisa Científica*. Kuhn nas *Estruturas das Revoluções Científicas*, rejeita o argumento popperiano das refutações afirmando que “...é precisamente a adequação incompleta e imperfeita entre a teoria e os dados que ‘define’ onde está caracterizada a possibilidade da ciência normal (C.f. Kuhn p.186).

“Galileu dificilmente poderia tornar-se a figura denodada na derrota do aristotelismo, que pareceu ser a seus contemporâneos, não fora por suas descobertas facilmente verificáveis, as quais revelaram claramente aos sentidos humanos que algumas afirmações de Aristóteles eram falsas.”<sup>4</sup>

Um exemplo seria a queda de corpos. A física aristotélica afirmava que dois corpos de massas diferentes quando soltos de uma mesma altura, chegaria ao solo primeiro, o corpo de maior massa. Para Galileu, os dois corpos chegariam juntos ao solo, pois estão submetidos a uma mesma aceleração gravitacional.

Vemos a forte relação que a física aristotélica tem com o chamado senso comum. Se perguntarmos a qualquer pessoa que nunca tenha estudado física, qual dos corpos chega primeiro ao solo ou se chegam ao mesmo tempo, indubitavelmente a pessoa responderá que o de maior massa chega antes!

Conta-se que Galileu teria subido na Torre de Pisa e largado diversas esferas de massas diferentes, para mostrar que seu pensamento era mais coerente que o de Aristóteles. Independente da veracidade ou não de tal informação, se fizermos nós a experiência, verificamos que os resultados coincidem com o pensamento de Galileu.

Não temos o intuito aqui de colocar a física de Galileu como superior ou inferior à de Aristóteles. Isso não é uma competição. Objetivamos apenas demonstrar que adotam posições diferentes e que na Idade Moderna a física de Galileu prevalece, assim como no século XX a física de Einstein prevalece em relação à de Newton. Essas trocas de concepções na ciência podem ser retratadas aqui por um outro exemplo, que mostra a

---

<sup>4</sup> BURTT, E. *As Bases Metafísicas da Ciência da Natureza*, p.63, Trad. José Viegas Filho e Orlando Araújo. Brasília: UNB, 1991.

mudança nas idéias sobre o problema da “atração dos corpos”, procurando responder à pergunta: por que um corpo cai?

Aristóteles, já preocupado com essa questão, apresenta-nos sua teoria do “lugar natural” dos corpos. Na modernidade, temos os “vórtices cartesianos” e, posteriormente, a teoria da “gravitação universal” de Newton. No início do século XX até os dias de hoje, é a teoria dos “espaços curvos”, de Einstein, a mais aceita pela comunidade científica. O próprio Galileu, com o respeito típico dos grandes pensadores aos seus antecessores, afirmara que Aristóteles mudaria de opinião:

“Acredito com certeza que ele buscou em primeiro lugar, com a ajuda dos sentidos, as experiências e observações que estavam a seu alcance, de modo a certificar-se o mais possível de suas conclusões, e que posteriormente ele buscou os meios de demonstrá-las; pois esse é o caminho normal das ciências demonstrativas. E a razão disso está em que, quando a conclusão é correta, com a ajuda do método resolutivo pode-se chegar a alguma proposição já demonstrada ou a algum princípio conhecido por si próprio; mas quando a conclusão é incorreta, pode-se prosseguir *in infinitum* sem nunca chegar a qualquer verdade conhecida.”<sup>5</sup>

No início do século XVII, o pensamento estava com um grau de liberdade bem maior, sem as interferências diretas da Igreja. Essa liberdade para o pensar mostrava-se bem mais forte em países que passaram pela Reforma Protestante e que já ascendiam para o capitalismo, como a Inglaterra.

Nessa época, nasce o pensamento empírico na terra de Newton. Lá e nos Estados Unidos, tal abordagem filosófica perdura até hoje com grandes produções. Não como uma filosofia empirista ao modo do século XVII ainda, mas sem dúvida como um pensamento herdeiro deste filosofar. Poderíamos destacar vários nomes que tiveram participação na instauração do empirismo, dentre eles o de um exímio político: Lord Chancellor Bacon.

---

<sup>5</sup> Galileu. Two Great Systems, in: BURTT, E. As Bases Metafísicas da Ciência da Natureza, p.63, Trad. José Viegas Filho e Orlando Araújo. Brasília: UNB, 1991.

O modo de Bacon ver a ciência como um empreendimento de caráter prático, conforme já comentado no início desta seção, sua negação dos sistemas metafísicos em detrimento do empirismo e a ênfase na experimentação e no processo indutivo influenciariam de maneira direta ou indireta seus sucessores. Bacon fez oposição clara ao pensamento contemplativo e puramente teórico, insistia que o conhecimento das leis naturais tivesse como objetivos possibilitar ao homem poder dominar e servir-se da natureza, uma postura notadamente pragmática, sem quaisquer compromissos especulativos.

“Desejou que a ciência servisse à humanidade em geral, na sua luta permanente com a natureza, deixando de ser concebida somente como contemplação de uma coisa, de uma ordem eterna e perfeita, supostamente criada por um ser de ordem superior.”<sup>6</sup>

Apesar da presença na Inglaterra de pensadores como Barrow, More, Cudworth; Newton “recebeu impacto ainda maior com as descobertas e publicações do grande físico e químico Robert Boyle”<sup>7</sup>. Deste último, sem dúvidas, o pensamento newtoniano “apresenta reflexos óbvios da mente lúcida e multifacetada”<sup>8</sup> de um dos maiores colaboradores da experimentação para o pensamento da ciência que surgia. Esse ansiava por explicações que não recorressem a fatores como “formas inexplicáveis, qualidades reais, os quatro elementos peripatéticos, ou ainda os três princípios químicos”<sup>9</sup>. Para Boyle, as premissas tinham de vir acompanhadas de uma verificação experimental ou não passariam de meras

---

<sup>6</sup> Bacon F.*Novo Organum*: p.11, prefácio do tradutor, Trad.José Reis de Andrade. São Paulo: Nova Cultural , Coleção Os Pensadores, 2005.

<sup>7</sup> BURTT, E. *As Bases Metafísicas da Ciência da Natureza*, p.131, Trad. José Viegas Filho e Orlando Araújo. Brasília: UNB, 1991.

<sup>8</sup> Ibidem 7, p.136.

<sup>9</sup> Ibidem 8.

premissas cuja justificativa seria mística, mágica ou algo que o valha, mas nunca seriam chamadas de científicas.

É por meio dessas “justificativas”, as quais só poderiam ser feitas por via de experimentos, que Boyle quer contribuir para a nova ciência, para a física mecânica. Disse Boyle: “Supus poder prestar pelo menos um serviço não desprezível aos filósofos corpusculares, ilustrando algumas de suas noções com experimentos sensoriais.”<sup>10</sup>

Encerraremos esta parte sobre a experimentação com o aforismo XCV de Bacon, extraído do seu *“Aforismos sobre a interpretação da natureza e o reino do homem”*. Nessa obra, Bacon<sup>11</sup> um tanto que lança mão do que seria a filosofia da natureza ideal, a melhor forma de explicar os fenômenos da natureza. Ao perceber duas grandes frentes nesta tarefa, a dos empiristas e a dos dogmáticos, Bacon, após caracterizá-las de maneira precisa e alegórica, propõe uma união de forças a qual se concretizaria com os *Principia* de Newton.

“Os que se dedicaram às ciências foram os empíricos, ou dogmáticos. Os empíricos, à maneira das formigas, acumulam e usam as provisões; os racionalistas, à maneira das aranhas, de si mesmos extraem o que lhes serve para a teia. A abelha representa a posição intermediária: recolhe a matéria-prima das flores do jardim e do campo e com seus próprios recursos, transforma-a e a digere. Não é diferente o labor da verdadeira filosofia, que não se serve unicamente das forças da mente nem tampouco se limita ao material fornecido pela história natural ou pelas artes mecânicas, conservado intacto na memória. Mas deve ser modificado e elaborado pelo intelecto. Por isso muito se deve esperar da aliança estreita e

---

<sup>10</sup> Ibidem 9, p.137.

<sup>11</sup> Na coleção os pensadores o tradutor: José Aluísio Reis de Andrade destaca este aforismo como um dos mais famosos e como exemplo mais sensível das posições de Bacon.

sólida (ainda não levada a cabo) entre estas duas faculdades, a experimental e a racional.”<sup>12</sup>

Para os empiristas, e aqui destacamos Boyle e Bacon, os experimentos são formas de guiar os pensamentos, não permitindo que se percam em “desvarios”, e não uma alternativa de substituição destes. Conforme já citado, o ápice de união destas forças: racionalismo e empirismo, dar-se-á em Newton e será posteriormente através da filosofia transcendental explicado e endossado por Kant.

As novas concepções do pensar científico do século XVI, período marcado pela exaltação da razão, e que Merleau-Ponty no século XX chamaria de “grande racionalismo”, são traduzidas por uma busca constante de um método de orientação do espírito. O objetivo era fazer ciência com segurança, sem a permissão de erros ou quaisquer tipos de desvios aos quais um mau pensamento, o senso comum ou os nossos sentidos, por exemplo, pudessem nos levar.

O grande modelo deste racionalismo está explícito na matemática, um conhecimento puramente racional e certo, *a priori*, que se mostra como indispensável à ciência da modernidade, com defensores diversos, dentre eles Galileu e Descartes. É através desses que procuraremos agora mostrar o panorama desta ciência e sua pretensa e real interferência para a física.

Descartes, em sua busca por um método para “bem conduzir a própria razão e procurar a verdade nas coisas”<sup>13</sup>, tem na *mathesis universalis* o exercício perfeito na busca da ciência universal. A *mathesis universalis* é exatamente estas regras para a orientação de

---

<sup>12</sup> Bacon F. *Aforismos Sobre a Interpretação da Natureza e o Reino do Homem* livro II, p.76. Trad. José Aluysio Reis de Andrade. São Paulo: Nova Cultural, Coleção Os Pensadores 2005.

<sup>13</sup> Subtítulo da obra: O discurso do método.

toda a ciência, que podem se identificar com as regras da matemática. Afinal, esta para Descartes era exemplo de certeza. Todas elas deveriam, de algum modo, seguir as diretrizes da matemática, pois sendo esta universal e necessária, incontestavelmente certa, é o melhor guia para o pensar. Apenas seguindo essas regras, os homens se tornariam, como no Discurso do Método, “senhores e possuidores da natureza”.

O maior resultado de Descartes em relação à matemática é a geometria analítica, ferramenta de caracterização de toda a geometria em equações matemáticas. A partir de então, uma circunferência, uma elipse, tem sua representação analítica numa equação. Através desta geometria analítica, temos a representação do espaço, ou pelo menos das figuras do espaço, no mundo da álgebra. Essa representação leva Descartes a crer ser possível uma construção puramente matemática das propriedades do espaço, ou ainda, o que é mais radical, a matematização de tudo o que ocupasse espaço, ou seja, os objetos do mundo.

Se os objetos estão no espaço, e este pode ser matematizado, nada impediria Descartes de matematizar os objetos! E o que significa matematizar os objetos? Significa que Descartes acaba de propor que “todo o reino da física pudesse ser redutível unicamente a qualidades geométricas”<sup>14</sup> que, devido a sua geometria analítica, podem ser matematizadas.

Em *Géométrie*, encontramos a geometria cartesiana. Whiteside supõe que esta obra teria surtido grande influência no pensar newtoniano. Ele se baseia num comentário de Huygens a respeito de como tal livro teria influenciado o pensamento deste. Escreve

---

<sup>14</sup> BURTT, E. *As Bases Metafísicas da Ciência da Natureza*, p.86, Trad. José Viegas Filho e Orlando Araújo. Brasília: UNB, 1991.

Whiteside que “A *Géométrie* e, em grau um pouco menor, a *Dioptrique* e os *Principia* de Descartes, deve ter surtido o mesmo impacto imediato em Newton.”<sup>15</sup>

A redução cartesiana, em termos matemáticos, da extensão e do movimento, não geraria uma física, pelo menos mecânica, que pudesse ser aproveitada posteriormente a exemplo de sua lei para a refração da luz. Porém, é inegável que toda a ciência posterior e a filosofia também vêm a ser influenciadas pela idéia cartesiana de certeza; de uso da matemática, porém não só dela.

O outro grande pensador dos modelos matemáticos aplicados ao estudo da física, que aqui abordaremos, é Galileu Galilei. Para Galileu:

“A filosofia está escrita neste grande livro permanentemente aberto diante de nossos olhos, mas que não podemos compreender sem primeiro conhecer a língua e dominar os símbolos em que está escrita. A linguagem deste livro é a matemática, e seus símbolos são triângulos, círculos e outras figuras geométricas, sem cuja ajuda é impossível compreender uma única palavra de seu texto; sem cuja ajuda vagueia-se em vão por um labirinto escuro.”<sup>16</sup>

Sem matemática não há como descrever os fenômenos da natureza, saber o que ocorre em nosso mundo sensível. É o advento do mundo moderno, determinista e matematizável, mundo onde Galileu é um dos principais pensadores.

Já em sua juventude, Galileu se mostrava bem interessado por matemática e, contrariando seu pai, que o desejava médico, torna-se com apenas vinte e cinco anos professor de matemática da universidade de Pisa. Essa matemática é direcionada, após ele

---

<sup>15</sup> Whiteside: Newton the mathematician, contemporary Newtonian Research, Dordrecht,Reidel, 1982, p.110-116.

<sup>16</sup> BURTT, E. *As Bases Metafísicas da Ciência da Natureza*, p.61, Trad. José Viegas Filho e Orlando Araújo. Brasília: UNB, 1991.

perceber uma certa isocronia nas oscilações da grande lanterna da catedral de Pisa, para o estudo dos movimentos mecânicos.

Elucidar os movimentos dos corpos através de equações matemáticas, o que no caso nos parece mais uma descrição analítica, foi tarefa que Galileu se impôs e executou com maestria. Pela introdução do método experimental, é considerado como o primeiro físico da época moderna. A matemática tem lugar claro na, talvez, maior contribuição de Galileu à posteridade: o método científico.

Em tal método, Galileu procura deixar claro quais os passos que o desejoso de conhecer os mistérios da natureza deve seguir. Um dos passos destaca que o “correto conhecimento da natureza exige que se descubra sua regularidade matemática”<sup>17</sup>. Isso foi assumido pelo próprio Galileu em seus escritos, por exemplo, na dedução de que o espaço percorrido por um corpo em queda livre é diretamente proporcional ao intervalo de tempo decorrido na queda elevado ao quadrado.

Da matemática e da experimentação para a concepção de ciência da modernidade já falamos, vejamos então qual o papel da metafísica nisso tudo. Ao falarmos de metafísica queremos dizer uma metafísica da natureza. Entenderemos aqui por metafísica da natureza a concepção de natureza que o homem tem totalmente *a priori* e, portanto, metafísica; para a partir de então poder fazer estudo desta natureza. Ou seja, consideramos a concepção de mundo, de natureza, como a condição de possibilidade para o estudo da natureza e não que tal estudo nos vai dar esta ou aquela concepção de mundo.

Galileu concebeu que a natureza tinha uma regularidade que podia ser matematizada e a partir daí fez seus estudos sobre os movimentos. É impossível concluir após qualquer

---

<sup>17</sup> Galileu. *O Ensaíador*: p.8, prefácio da consultoria, Trad.Helda Barraco. São Paulo: Nova Cultural, Coleção Os Pensadores, 2005.

estudo que há regularidade na natureza, ou seja, que o sol que nos ilumina hoje, amanhã estará presente para nos iluminar. Tal concepção é variável na história do pensamento humano com o passar do tempo. O que neste capítulo estamos a mostrar é exatamente a concepção adotada pela ciência do século xvi.

De início, não aceitamos que a mudança na concepção de ciência deu-se pela adoção da matemática e da experimentação como alicerces da ciência e sim que estas foram alicerçadas pela nova forma de ver a natureza (metafísica) que se instaura no século XVI.

Nosso pensamento é coincidente com o de Alexander Koyré e aqui adotaremos algumas passagens de seu texto intitulado “*Newtonian Studies*”<sup>18</sup>, de forma a ilustrar nosso pensamento.

Para Galileu, a natureza deve ser encarada como um sistema simples e ordenado e tudo que a ela se refere deve ser freqüente, no sentido mais restrito do termo, e necessário. Essa natureza é completamente independente da vontade do homem e age por leis imutáveis que jamais transgride. Devemos perceber que é exatamente essa concepção metafísica de natureza que permitirá a Galileu o uso da matemática e da experimentação em sua física.

Vejamos: que experimento poderia comprovar que há uma regularidade na natureza, por exemplo, que obrigatoriamente teremos inverno no próximo ano e mesmo que posso aplicar um instrumental matemático para descrever estações do ano? Essa regularidade da natureza é aceita *a priori* e a partir dela poderemos construir, à maneira dos modernos, algo.

---

<sup>18</sup> Koyré, Alexander: *Newtonian Studies*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1965.

É essa concepção metafísica que nos faz saltar aos olhos o nome causalidade, que me permitiria, matematicamente, descrever ciclos de estações do ano, no caso do exemplo acima. Ao encarar a natureza como um sistema ordenado e imutável, é que podemos fazer experimentos e não precisamos fazer infinitos experimentos, o que seria impossível e tal suposição inconcebível, para confirmar, novamente à maneira dos modernos, nossas teorias.

A respeito da nova abordagem metafísica da natureza sustentar a experimentação e não o contrário diz Koyré:

“...estou convencido de que a ascensão e o crescimento da ciência experimental não foram a fonte, mas, ao contrário, o resultado da nova abordagem teórica, isto é, da nova abordagem metafísica da natureza que formou o conteúdo da Revolução Científica do século XVII.”<sup>19</sup>

Essa nova abordagem metafísica da natureza é evidente quando analisamos as diferentes maneiras de encarar a natureza dos gregos, forma até então predominante, e do homem moderno. Para o grego e em evidência os aristotélicos o mundo era formado de uma totalidade finita e ordenada (entendamos ordenado hierarquicamente) ao passo que na Idade Moderna esta hierarquia era abandonada, e o universo, concebido como infinito.

Voltaremos posteriormente a falar da importância dessa concepção de mundo infinito quando falarmos da lei da inércia.

O mundo grego era dividido em dois: o dos céus e o da Terra, o que nos daria, pelo menos em princípio, uma física para os céus e outra para a Terra. No início do pensamento científico moderno, de fato, era o que tínhamos. Assim, de um lado havia Galileu, com suas

---

<sup>19</sup> Koyré, A. Newtonian Studies, p.3-24. Cambridge, Mass.:Harvard University Press, 1965.

equações do movimento dominando a física terrena, explicando os movimentos terrestres. E, por outro lado, também fazendo parte da cena, Kepler com suas três leis do movimento dos astros, trabalhando a física dos céus.

Tal divisão ainda é um retrato da influência grega. Só Newton é quem fará a união da “física dos céus” com a “física da Terra”, defendendo que a mesma força que dirige os corpos terrestres para o que entendemos por chão<sup>20</sup> é a força que mantém os planetas do sistema solar em órbita!

No pensamento grego, eram inconcebíveis os paradigmas de objetividade dos modernos, como a adoção de conceitos mensuráveis de massa, comprimento, tempo e outros. Dizemos conceitos mensuráveis por conta da busca da objetividade que era enxergada pelos modernos na matemática e na geometria. Isso

“implica que desaparecem do pensamento científico todas as considerações baseadas no valor, na perfeição, na harmonia, no significado e no objetivo, porque todos estes conceitos, doravante meramente subjetivos, não podem ter lugar na nova ontologia.”<sup>21</sup>

O mundo deixa de ser subordinado ao homem e passa a ter uma postura independente deste. As antigas causas para explicação, ou descrição da natureza, se assim preferimos, agora “são substituídas por causas eficientes e até materiais”<sup>22</sup>. Somente essas

---

<sup>20</sup> Em caso de querermos ser rigorosos deveríamos dizer da força que dirige os corpos terrestres para o centro da Terra e não para o chão, porém como nossos objetivos foram de destacar a “união” da física dos céus com a física da Terra, preferimos sacrificar o rigor em prol de uma leitura mais coloquial e agradável.

<sup>21</sup> BURTT, E. *As Bases Metafísicas da Ciência da Natureza*, p.72, Trad. José Viegas Filho e Orlando Araújo. Brasília: UNB, 1991.

<sup>22</sup> Ibidem 21

podem trabalhar no mundo geometrizável dos modernos. Disso, concluímos que como o mundo agora independe de mim, não posso mais utilizar variáveis subjetivas e sim adotar critérios de objetividade. O mundo torna-se objeto do homem, e este deve, ao modo de Bacon e Descartes, entendê-lo para dominar e servir-se deste.

Quando a natureza na modernidade é desvinculada do homem, temos o nascimento do sujeito. Isto se inicia pelo sujeito cartesiano, passa pelo sujeito transcendental de Kant e termina na intersubjetividade transcendental de Husserl. É a tentativa de explicar o mundo que é independente de minhas vontades, independente de mim.

Um mundo objetivo é um mundo que é objeto para mim; e eu, como sujeito do conhecimento, tenho de me preocupar com a segurança de meus atos como investigador da natureza. Essas preocupações com o problema da certeza na filosofia kantiana apresentam-se na exposição de Kant da Tábua dos Princípios, onde estão suas regras para a investigação científica.

Já que passamos pela herança científica e filosófica recebida por Newton, vejamos agora de que pressupostos partia para a construção de seu sistema. Não é de se duvidar que Newton para o desenvolvimento de suas idéias, para escrever sua física, utilizou-se de vários experimentos, declarando ao mundo que não levantava hipóteses, que todo o conhecimento deveria ser extraído da experiência. Tal posicionamento filosófico fica bem claro em *Opticks* quando fala de seu método de investigação.

“Como na matemática, também na filosofia natural a investigação de coisas difíceis pelo método de análise precisa sempre ser precedida pelo método da composição. Essa análise consiste em fazer experimentos e observações, e em tirar, por indução,

conclusões que não admitam objeções, exceto as tomadas de experimentos ou outras verdades seguras. As hipóteses não podem ser consideradas em filosofia experimental. E, embora a discussão, por indução, de experimentos e observações, não seja demonstração de conclusões gerais, é, contudo, a melhor maneira de discutir que a natureza das coisas permite, e também pode ser considerada a mais forte pelo qual a indução é mais geral. E, se não ocorrer exceção dos fenômenos, a conclusão poderá ser pronunciada de modo mais geral.”<sup>23</sup>

Mas o que dizer do Newton que escreveu as por ele chamadas “Regras para o Raciocínio em Filosofia”? Poderiam elas ser interpretadas como um apelo ao empirismo, um nascimento do positivismo? O Newton que nos apresenta as três leis do movimento conseguiria extrair essas leis de experimentos? Rejeitamos tal hipótese e deixamos tal posicionamento claro no que foi escrito acima.

Nesta parte, escreveremos sobre as *Regras de Raciocínio em Filosofia* de Newton e posteriormente de suas certezas acerca do espaço, tempo e de Deus. Faremos isso mostrando que fica difícil entender a empresa de Newton por via apenas de um empirismo radical.

As regras são quatro. A primeira delas é o “princípio da simplicidade”, que concebe a natureza como simples, talvez uma idéia de cunho teológico, a partir da qual a criação divina teria de ser simples, pois Deus como um ser completo, sem carências, não poderia ter criado um mundo supérfluo, cheio de detalhes vãos e desnecessários:

“Não devemos admitir mais causas de coisas naturais que não as que forem tanto verdadeiras como suficientes para explicar suas aparências. A esse propósito, dizem os filósofos, nada, na natureza, é

---

<sup>23</sup> NEWTON, I. *Óptica*, p. 28. Trad. André Koch Assis. São Paulo: Edusp, 2002.

feito em vão, e de menos servirá quanto mais for em vão; pois à natureza agrada a simplicidade, e não lhe afeta a pompa de causas supérfluas.”<sup>24</sup>

A segunda regra diz que “devemos, tanto quanto possível, destinar as mesmas causas aos mesmos efeitos naturais”<sup>25</sup>. Ou seja, à queda de uma pedra que cai aqui no Brasil deve ser atribuída a mesma causa de uma queda num outro país; a causa da respiração em humanos ou animais, do aquecimento de determinados corpos que estejam num mesmo ambiente deve ser a mesma em qualquer lugar.

Essa segunda regra nos parece que é uma adoção completamente acrítica da lei da causalidade para a explicação das coisas naturais. A segunda regra é posta por Newton como se houvesse algo que determinasse que a relação de causa e efeito está presente na natureza, onde na verdade, utilizamos a causalidade para a formulação de nossas leis, sem termos, por não podermos ter, certeza de que a natureza possui em si uma causalidade, ou ao modo de Wittgenstein: “A lei de causalidade não é uma lei, mas a forma de uma lei.”<sup>26</sup> Quanto à causalidade em Kant, nós a abordaremos em nosso capítulo das analogias da experiência e no capítulo sobre as leis da mecânica de Kant.

A terceira regra:

“As qualidades dos corpos que não admitam nem intensificação, nem remissão de graus, e que são julgadas pertencentes a todos os corpos ao alcance de nossos experimentos, devem ser consideradas qualidades universais de todos e quaisquer corpos”<sup>27</sup>;

---

<sup>24</sup> Newton, I. *The Mathematical Principles of Natural Philosophy and his System of the World*. Livro II, p.165  
Los Angeles: University of California Press, 1962.

<sup>25</sup>Ibdem 24

<sup>26</sup> Wittgenstein L. *Tractatus Logico-Philosophicus*: aforisma 6.3. 3ed, trad. Luiz Henrique Lopes dos Santos.  
São Paulo: edusp, 2001.

<sup>27</sup> Newton, I. *The Mathematical Principles of Natural Philosophy and his System of the World*. Livro II, p.165  
Los Angeles: University of California Press, 1962.

mostra-nos que qualidades descobertas no pequeno espaço de nossa experiência podem ser generalizadas, se percebemos que um objeto que possa ser chamado metal é atraído por um ímã, podemos afirmar, segundo tal regra, que tudo aquilo que se identificar como metal será atraído por um ímã.

É esta a regra que reclama à ciência da natureza uma indução, uma generalização de seus enunciados. Generalização esta criticada por Hume como impossível, é este o ponto onde não conseguimos o mérito da certeza na ciência. Quine, em sua *Epistemologia Naturalizada*, diz que Hume ao identificar os corpos com as impressões consegue justificar alguns enunciados particulares da ciência; o problema são os enunciados gerais. É onde Newton entra com esta terceira regra, apesar de todas as críticas que possam ser feitas. Ela nos permite a generalização. Caso contrário, infinitos experimentos teriam de ser realizados para a confirmação das teses.

Finalmente a quarta regra:

“Na filosofia experimental, devemos considerar proposições formadas por indução geral de fenômenos como acuradas, ou muito próximas disso, apesar de quaisquer hipóteses em contrário que se possa imaginar, até o momento em que ocorram outros fenômenos que poderão torná-las mais precisas ou passíveis de exceções. Devemos seguir essa norma para que o argumento da indução não se evada pelas hipóteses.”<sup>28</sup>

Não devemos admitir nada que fuja aos experimentos, nada que não possa ser experimentado para que não caiamos no erro da especulação dos raciocínios metafísicos.

---

<sup>28</sup> Ibidem 27, p.166.

Essa regra seria Newton antecipando o que muitos cientistas hoje, ao serem questionados se as suas idéias estão corretas, respondem:<sup>29</sup> “...até onde meus experimentos conseguiram alcançar sim” ou ainda: “não encontrei, na experiência, nada que me refutasse.” Portanto, é na quarta regra de raciocínio em filosofia que temos um Newton exageradamente empirista.

Com a quarta regra exposta acima, vemos Newton em fuga de qualquer vínculo com a metafísica. Como podemos então enxergar metafísica na física de Newton? Em princípio, afirmamos ser impossível essa fuga da metafísica, pelo menos por parte da física. Não há física sem metafísica, como desejariam os positivistas, pois não há como formular uma física sem partir de proposições inverificáveis e totalmente *a priori* sobre o chamado mundo real.

Não há como verificar uma lei de conservação: “Proposições como o princípio de razão, continuidade na natureza, mínimo esforço na natureza, etc., todas elas são iluminações *a priori* sobre a conformação possível das proposições da ciência.”<sup>29</sup> Ou seja, não podemos afirmar categoricamente que a energia se conserva pelo “fato” de ela se conservar, e sim que partimos deste pressuposto para a construção de nossas teorias físicas. Como podemos saber se a energia na natureza é constante ou variável? Não há como. A física trabalha com a hipótese de que seja constante, se de fato é, não sabemos e não podemos saber, pois iniciamos nossa investigação da natureza partindo disso e anteriormente a isso não há nada, é um limite.

O que Wittgenstein no século XX vai chamar de “iluminações *a priori*”, para Kant será algo do qual não poderemos fugir. Em Kant, formular determinadas leis da natureza, estas ou aquelas, depende essencialmente de minhas categorias, o que quer dizer que se

---

<sup>29</sup> Wittgenstein L. *Tractatus Logico-Philosophicus*: aforisma 6.34. 3ed, trad. Luiz Henrique Lopes dos Santos. São Paulo: edusp, 2001.

consigo formular leis de conservação é pelo fato de alguma categoria me permitir fazê-lo.

Tratamos disso especificamente adiante.

Newton não escapa da visão de natureza de sua época, visão esta desenvolvida pelos seus antecessores, dentre eles Descartes, Galileu e Boyle. Endossa a matéria como possuidora de características matemáticas, é a partir daí que se permite a aplicação da “ferramenta” matemática para o lidar com a matéria, esta matéria era composta de partículas essencialmente duras e indestrutíveis. Não temos como saber se todas as partículas que compõem a matéria são indestrutíveis ou mesmo que seja possuidora de características matemáticas.

Newton não apenas adotou como também contribuiu para a construção deste mundo moderno, deste novo paradigma de verdade. Com Newton, a natureza passa a ser compreendida como partículas de massa movendo-se no espaço e no tempo, sob a influência de forças. Tais forças não estão na natureza concretamente como gostaria o empirista. Ou seja, todas essas idéias de Newton estão no âmbito do inverificável, sendo então idéias de cunho metafísico.

Para concluir este capítulo, vamos falar acerca destas concepções de espaço, tempo e massa em Newton e ligeiramente da influência teológica que abarca estas idéias.

Em seu manuscrito *De Gravitatione*, Newton expõe de forma inaugural suas concepções de espaço, tempo e massa e deixa claro o papel de Deus na construção do mundo. Para Newton, espaço e tempo têm existência real, necessária e absoluta. São expressão da existência de Deus, bem como a matéria um “ato da vontade de Deus”<sup>30</sup>. Para Newton, espaço e tempo realmente existem e são independentes de nossa vontade ou de

---

<sup>30</sup> Newton, I. *O Peso e o Equilíbrio dos Fluidos*: p.223, trad.L.J. Baraúna. São Paulo, Nova Cultural, Coleção Os Pensadores, 1987.

nosso intelecto, o que nos mostra que Newton, como um empirista, rejeita qualquer tipo de subjetividade, que espaço e tempo sejam intuições *a priori* como quer Kant, por exemplo, em suas discussões.

Em *Óptica*, a matéria é vista como criada e ordenada por um “ser inteligente”<sup>31</sup>.

Esta participação de Deus no sistema newtoniano também é notada por Voltaire:

“Digo que o sistema cartesiano produziu o de Spinoza; que conheci muitas pessoas conduzidas pelo cartesianismo a só admitir como Deus a imensidão das coisas e que ao contrário não vi nenhum newtoniano que não fosse teísta no sentido mais rigoroso.”<sup>32</sup>

A existência de Deus é um fato para Newton, em existindo tem de estar em todos os lugares (onipresente), ser eterno, infinito e imutável. Afinal de contas, é perfeito. Portanto, o espaço deve ser concebido como infinito para que Deus possa nele estar, ou ainda: “O espaço é eterno em sua duração e imutável em sua natureza.”<sup>33</sup> Sendo Deus eterno e imutável, tempo e espaço deveram ser homogêneos. Para Newton, Deus não é um ser abstrato que está fora do mundo e se Deus está no mundo, apresenta-se no espaço e no tempo.

Não se fez muita coisa no âmbito da ciência ou filosofia até Kant, sem uma idéia de Deus. Kant parece ter resolvido este problema ao colocar que a existência de Deus era algo que não poderia ser afirmada ou negada e, depois disto, não se vê Deus na ciência ou na filosofia como algo necessário para justificação de qualquer sistema. Para Newton, Deus é

---

<sup>31</sup> NEWTON, I. *Óptica*, p.78: Trad. André Koch Assis. São Paulo: Edusp, 2002.

<sup>32</sup> Voltaire. *Elementos da Filosofia de Newton*: p.36 . Trad. M.G.S. do Nascimento. Campinas: Unicamp, 1996.

<sup>33</sup> Newton, I. *O Peso e o Equilíbrio dos Fluidos*: p.218. Trad. L.J. Baraúna. São Paulo, Nova Cultural, Coleção Os Pensadores, 1987.

imprescindível em suas idéias do espaço e do tempo, os quais têm uma existência real. Em Kant, espaço e tempo são nossas intuições puras *a priori* e funcionam como condição de possibilidade para a experiência.

É fácil perceber que estamos colocando as diferenças entre os pressupostos metafísicos que Newton se utilizou para a formulação de sua física e algumas idéias filosóficas de Kant. Este através de sua filosofia intenta fundamentar metafisicamente as leis de Newton, o que não quer dizer que a filosofia kantiana tenha algo a ver com os pressupostos metafísicos de Newton.

## **1.2- Newton e os Princípios Matemáticos da Filosofia Natural**

Em 1686, Newton publica seus *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural*. São três livros onde no primeiro e no segundo as proposições gerais dirigem-se para, “a partir dos fenômenos do movimento, investigar as forças da natureza e, então, dessas forças demonstrar outros fenômenos”<sup>1</sup>. No terceiro livro, Newton vai examinar a Gravitação Universal. O que queremos aqui é mostrar a fundamentação kantiana dos axiomas do movimento de Newton, tais axiomas se encontram no início do primeiro volume dos *Principia*.

Os *Principia* iniciam com Newton escrevendo oito definições que interessarão a todo o restante de sua obra. Aqui escrevemos as oito definições e pedimos ao leitor uma especial atenção às definições I e II, as quais serão justificadas por Kant em sua análise do conceito de matéria e quantidade de movimento, apresentando justificativas que Newton não apresenta.

As definições III e IV virão a ser a primeira lei de Newton, ou lei da inércia, que Kant trabalhará por via de sua causalidade. As outras definições terão uma influência bem maior na Gravitação Universal, que Newton aborda no livro três dos *Principia* e que aqui não abordamos. Logo após essas definições, apresentamos e explicamos as três leis, ou axiomas do movimento de Newton. No último capítulo desta dissertação, retornaremos a essas leis, munidos da argumentação de Kant quanto à certeza delas.

---

<sup>1</sup> Newton, I. *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*: p.14, 2ed, trad. Trieste Ricci, Leonardo Brunet, Sônia Gehring, Maria Helena Célia. São Paulo: Edusp, 2002.

## **DEFINIÇÃO I**

“A quantidade de matéria é a medida da mesma, obtida conjuntamente a partir de sua densidade e volume.”<sup>2</sup>

Essa definição de quantidade de matéria seria o que podemos entender por massa em física, aquela medida que aparece quando subimos numa balança. Newton não nos dá uma definição de densidade, e o volume é entendido como o espaço onde os objetos estão. Entendemos densidade como a concentração de matéria num dado volume. Quanto maior esta concentração, maior a densidade.

## **DEFINIÇÃO II**

“A quantidade de movimento é a medida do mesmo, obtida conjuntamente a partir da velocidade e da quantidade de matéria.”<sup>3</sup>

Essa medida, a quantidade de movimento, é o que os manuais de física chamam de *momentum* e é obtida pelo produto da massa, ou quantidade de matéria, pela velocidade do corpo.

## **DEFINIÇÃO III**

“A *vis insita*, ou força inata da matéria, é um poder de resistir, através do qual todo corpo, no que depende dele, mantém seu estado presente, seja ele de repouso ou de movimento uniforme em linha reta.”<sup>4</sup>

O movimento uniforme em linha reta é aquele que acontece em trajetória retilínea, onde a velocidade do corpo permanece inalterada. Nessa definição, já podemos vislumbrar a primeira parte da lei de inércia, ou primeira lei de Newton.

## **DEFINIÇÃO IV**

“Uma força imprimida é uma ação exercida sobre um corpo a fim de alterar seu estado, seja de repouso, seja de movimento uniforme em linha reta.”<sup>5</sup>

---

<sup>2</sup> Ibidem 34, p.39.

<sup>3</sup> Ibidem 35, p.40.

<sup>4</sup> Ibidem 36.

Temos aqui o que Newton vai entender por força. Em seu comentário, Newton deixa claro que tal força consiste apenas na ação e não permanece no corpo, como afirmara Aristóteles, após o término da ação. O corpo permanece em movimento após o fim da ação da força devido às razões da definição III. Aqui na definição IV, temos o que virá a ser a segunda parte da primeira lei de Newton.

### **DEFINIÇÃO V**

“Uma força centrípeta é aquela pela qual os corpos são impelidos, ou tendem, de qualquer maneira, para um ponto ou centro.”<sup>6</sup>

Tal força será fundamental para a análise de Newton da Gravitação Universal. Se temos um barbante com uma pedra presa em sua extremidade, ao girarmos tal barbante sobre nossas cabeças, numa direção paralela ao solo, apesar de a tendência da pedra ser a de romper com o barbante e sair em movimento retilíneo, isto não ocorre por haver uma força dirigida para o centro do conjunto chamada força centrípeta.

É essa força que garante que um elétron vai girar em torno de um próton e que um carro consegue efetuar uma curva acentuada a uma certa velocidade. Newton destaca três tipos de forças centrípetas: a absoluta, a acelerativa e a motora. Esses três tipos dão origem às próximas três definições.

### **DEFINIÇÃO VI**

“A quantidade absoluta de uma força centrípeta é a medida da mesma, proporcional à eficácia da causa que a propaga a partir do centro, através dos espaços ao seu redor.”<sup>7</sup>

Aqui Newton dá o exemplo das diferentes forças dependentes dos diferentes tamanhos de magnetitas para o caso da força magnética.

---

<sup>5</sup> Ibidem 37 p.41.

<sup>6</sup> Ibidem 38, p.41.

<sup>7</sup> Ibidem 39, p.42.

## **DEFINIÇÃO VII**

“A quantidade acelerativa de uma força centrípeta é a medida da mesma, proporcional à velocidade que ela gera num dado tempo.”<sup>8</sup>

No caso da pedra presa na ponta do barbante, quanto maior a velocidade que nela imprimirmos, maior será a quantidade acelerativa, ou aceleração desta força centrípeta. A aceleração é a grandeza física que mede a taxa de mudança da velocidade no decorrer do tempo. Ou seja, quando mais “rápido” a velocidade mudar, maior é a aceleração do corpo. No caso da aceleração centrípeta, o que muda é a direção desta velocidade e não seu valor numérico.

## **DEFINIÇÃO VIII**

“A quantidade motora de uma força centrípeta é a medida da mesma, proporcional ao movimento que ela gera em um dado tempo.”<sup>9</sup>

Nessa última definição, Newton nos dá melhores explicações destas quantidades, chamando-as de forças: motora, acelerativa e absoluta. A motora relaciona-se ao “esforço e propensão do todo em direção a um centro.”<sup>10</sup> A força acelerativa seria aquela que faria o corpo girar; e finalmente a força absoluta refere-se ao centro “enquanto dotado de *alguma causa*<sup>11</sup> sem a qual aquelas forças motoras não se propagariam pelos espaços circundantes.”<sup>12</sup>

Newton finaliza a definição se abstendo de qualquer cobrança em termos de explicações físicas, colocando-se como um mero descritor matemático da natureza:

---

<sup>8</sup> Ibidem 40, p.43.

<sup>9</sup> Ibidem 41, p.43.

<sup>10</sup> Ibidem 42.

<sup>11</sup> Grifo nosso: Newton não vai deixar claro que causa ou causas são essas, chega a comentar do ímã no caso da força magnética e da Terra no caso da gravidade, porém supõe a existência de algo ainda não revelado. Deixando clara sua pretensão de oferecer noções matemáticas e não físicas, tal posição sofrerá a crítica de Kant em *Primeiros Princípios*, no capítulo sobre a gravitação universal.

<sup>12</sup> Newton, I. *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*: p.43, 2ed, trad. Trieste Ricci, Leonardo Brunet, Sônia Gehring, Maria Helena Célia. São Paulo: Edusp, 2002.

“Portanto, o leitor não deve imaginar que, por estas palavras, eu queira definir em qualquer parte do texto o tipo, ou o modo de qualquer ação, suas causas ou razões físicas, ou que atribua forças, num sentido exato e físico, a centros (que são apenas pontos matemáticos) quando me referir a centros como atrativos ou como dotados de poderes atrativos.”<sup>13</sup>

#### Comentários sobre o Escólio de Newton às definições

Ao final desta parte inicial dos *Principia*, Newton escreve um Escólio sobre suas idéias de tempo absoluto e espaço absoluto. Idéias estas das quais já tratamos no capítulo anterior e às quais daremos um suplemento argumentativo.

Newton julga tempo e espaço como absolutos, e isso caracteriza toda a chamada física clássica, que é aquela feita de Galileu até o fim do século XIX. Espaço e tempo absolutos são caracterizados por serem completamente independentes dos objetos. Ou seja, para Newton, existe um tempo e um espaço reais, absolutos e independentes, conforme já apontamos no capítulo anterior. Qual o problema de tal concepção? É evidente que Newton nos *Principia* não nos deixa claro como podemos derivar ou concluir dos fenômenos esses “absolutos”. Alguns comentadores dizem que aí está a metafísica da física newtoniana. A concepção de espaço e tempo absolutos é objeto de crítica<sup>14</sup> desde que Newton a propôs.

Não há como saber se um corpo está em repouso ou movimento senão de acordo com um referencial exterior a este corpo. Só sabemos que um corpo está em movimento quando sua posição muda em relação a outro e está em repouso quando esta posição não muda.

---

<sup>13</sup> Ibidem 45, p.44.

<sup>14</sup> Para uma boa explicação destas críticas desde Berkeley nos *Principles of Human Knowledge* (1710) passando pelo eletromagnetismo do século XIX até a relatividade restrita de Einstein recomendamos o apêndice histórico explicativo do Prof. Florian Cajori ao final da tradução, por nós utilizada, dos *Principia* de Newton, p.315 até 317.

Imaginemos uma estrada e vamos considerar um carro azul com velocidade de 80 km/h e logo, à sua frente, um carro preto com 80 km/h também. Em relação a um poste na pista, o carro azul encontra-se em movimento, pois sua distância muda em relação ao poste, conforme o passar do tempo. Já em relação ao carro preto, ele encontra-se em repouso, pois não há diferença na distância dos dois.

Kant vai nos dizer que não podemos atribuir mais a um móvel que a outro a causa do movimento, em sua justificação da terceira lei da mecânica de Newton. A crítica, que aqui fazemos ao espaço e tempo absolutos de Newton, facilitará muito nossa elucidação da análise kantiana da terceira lei de Newton.

Para afirmar que a Terra gira em torno do Sol, como os modernos afirmam, é necessário saber que o Sol está imóvel, estático em determinado local, mas como saber que o Sol está imóvel? Imóvel em relação a quê? Se aplicarmos este mesmo exercício em relação à Terra estar no centro, como querem os medievais, chegaremos ao mesmo resultado. Isto nos leva a concluir que os conceitos de repouso e movimento dependem do referencial, sendo relativos e não absolutos.

Dependem de, se estou na Terra, tenho o Sol girando em torno desta e se estou no Sol, tenho a Terra em torno deste<sup>15</sup>. Apesar dos problemas do espaço x tempo absolutos de Newton, a queda de tais concepções dá-se apenas cerca de 200 anos depois.

---

<sup>15</sup> É apenas pelo uso que a eficácia da teoria, e não se ela é certa ou errada, se mostra e passa a convencer a comunidade científica da necessidade de mudança de paradigma a ser adotado. As grandes navegações foram feitas considerando a Terra como centro do universo, não havia nada nos “dados dos sentidos” que levasse Copérnico a colocar o Sol no centro, porém tal atitude colabora na explicação de uma série de fenômenos.

## Axiomas ou Leis do Movimento<sup>16</sup>

Apresentaremos as três Leis ou Axiomas do movimento de Newton, tais Leis servem para o estudo e descrição de quaisquer movimentos<sup>17</sup> desde pêndulos até lançamento de foguetes ou satélites.

### Lei I

“Todo corpo continua em seu estado de repouso ou movimento uniforme em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele.”<sup>18</sup>

A questão sobre se um corpo encontra-se em repouso ou movimento já discutimos na página anterior. Exemplo: se temos um caderno sobre a mesa parado em relação à mesa, e força alguma atuar nele, este caderno ficará eternamente parado. Da mesma forma, se arremesso um carrinho de brinquedo no chão e não houver nenhuma força para fazer o carrinho parar, como o atrito com o solo e a resistência do ar, este carrinho ficará eternamente em movimento.

A lei da inércia de Newton não é nada original, havendo sido proposta antes por Galileu e Descartes. Fica difícil dizer a razão pela qual não ficou conhecida por obra desses

---

<sup>16</sup> Apenas a título de ilustração e devido a seu caráter histórico inquestionável apresentaremos as três leis no original, em latim:

*Lex I: Corpus Omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus illud a viribus impressis cogitur statum suum mutare.*

*Lex II: Mutationem motis proportionalem esse vi motrici impressae, et fieri secundum lineam retam qua vis illa imprimitur.*

*Lex III: Actioni contraria semper et aequalem esse reactionem: sive corporum duorum in se mutuo semper esse aequales et in partes contrarias dirigi.*

<sup>17</sup> No século XIX serão desenvolvidas novas ferramentas matemáticas para a descrição de movimentos por nomes como Laplace e Lagrange, estes são, porém, apenas artifícios matemáticos para a resolução de problemas, tendo por base os Axiomas do Movimento de Newton. Mudança na física ocorre apenas no século XX com o advento da teoria da relatividade e teoria quântica.

<sup>18</sup> Newton, I. *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*: p.53, 2ed, trad. Trieste Ricci, Leonardo Brunet, Sônia Gehring, Maria Helena Célia. São Paulo: Edusp, 2002.

pensadores, talvez pelo fato de a obra de Newton ser mais bem estruturada que a dos outros.

A física de Descartes, por exemplo, é de um todo incompreensível. Ou, ainda, poderíamos argumentar que o mundo não estava preparado para tal concepção devido a ainda estar ligado às idéias medievais, como a do espaço finito<sup>19</sup>. A Inércia só pode ser aceita se aceitarmos o espaço como infinito. Caso contrário, como um corpo poderia continuar seu movimento indefinidamente? Na primeira lei do movimento, de Newton, percebemos a impossibilidade da experimentação para sua afirmação ou refutação. Como saberemos que um corpo estará em repouso ou em movimento por toda a eternidade? A ciência é *a priori*.

## Lei II

“A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é impressa.”<sup>20</sup>

Esta segunda lei é mostrada de uma forma bem diferente nos manuais<sup>21</sup> de física básica que circulam em nossas universidades. De forma geral, é mostrada pela equação  $F=ma$ , a força resultante que atua numa partícula é dada pelo produto da massa pela aceleração da partícula. Vejamos como podemos encontrar esta forma tão difundida nos manuais de física através do que o próprio Newton escreveu. A mudança de movimento que Newton fala é a mudança da quantidade de movimento.

---

<sup>19</sup> A idéia de espaço finito pode ser percebida em determinadas pinturas de época como no quadro de Pietro Lorenzetti (1280-1348) da entrada de Jesus Cristo em Jerusalém. Já por volta de 1432 no quadro da Madona do Chanceler Rolin percebe-se o espaço como infinito.

<sup>20</sup> Newton, I. *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*: p.54, 2ed, trad. Trieste Ricci, Leonardo Brunet, Sônia Gehring, Maria Helena Célia. São Paulo: Edusp, 2002.

<sup>21</sup> Para um estudo da física de Newton conforme é feito em nossas universidades indicamos o Halliday da editora Livros Técnicos e Científicos e o Tipler da Reverte.

A quantidade de movimento é obtida pelo produto da massa pela velocidade (m.v).

Sendo a massa constante, a mudança deve se dar na velocidade. Como toda mudança é no tempo, podemos definir aceleração como o quociente da variação da velocidade sobre o intervalo de tempo. Quando Newton identifica a força motora com a mudança do movimento, teremos que a força motora ou resultante será o produto da massa com a aceleração.

### **Lei III**

“A toda ação há sempre oposta uma reação igual ou as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas.”<sup>22</sup>

Newton quer dizer que quando empurramos uma cadeira com certa força recebemos de volta a mesma força aplicada<sup>23</sup>. Se eu empurrar a parede, a parede também me empurra com mesma intensidade, e o sentido da força é contrário ao por mim imprimido.

Para uma melhor compreensão desta lei, imagine o exemplo da parede com uma pessoa empurrando a parede de patins. A pessoa iria sair em movimento em direção contraria à força que aplicou. O problema é que pela “primeira lei de Newton” um corpo só entra em movimento se uma força nele atuar. Se entro em movimento ao empurrar a parede, significa que uma força em mim atuou e só pode ter sido provocada pela parede.

Terminamos nossa exposição do pensamento newtoniano sobre o movimento no âmbito de suas leis e princípios, tendo ainda passado pela influência filosófica por Newton sofrida. Aqui mostramos a influência de pressuposições de natureza metafísica em todo o

---

<sup>22</sup> Newton, I. *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*: p.54, 2ed, trad. Trieste Ricci, Leonardo Brunet, Sônia Gehring, Maria Helena Célia. São Paulo: Edusp, 2002.

<sup>23</sup> Newton, I. *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*: p.54, 2ed, trad. Trieste Ricci, Leonardo Brunet, Sônia Gehring, Maria Helena Célia. São Paulo: Edusp, 2002.

seu sistema. Afirmamos que há uma metafísica impregnada na física de Newton ou em qualquer ciência, a partir do momento que elas sempre partem de proposições do âmbito do inverificável.

Defendemos ser possível uma fundamentação metafísica da física de Newton, por via da filosofia de Kant. O que Kant chama de “Metafísica da Natureza” realizada em *Primeiros Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza* e enraizada na *Crítica da Razão Pura*, rejeita os pressupostos metafísicos por Newton adotados como Deus, espaço e tempo empíricos e absolutos.

Newton em seus *Principia* não tem preocupações de fundamentação de seus enunciados, de dizer o porquê estão corretos. Apesar de seus pressupostos metafísicos não serem aceitos por Kant, este tem na física de Newton o arauto do que seja a certeza da ciência. Portanto, a física de Newton não pode ser invalidada<sup>24</sup> pela fragilidade de suas pressuposições metafísicas, Kant a tem como certa independente disto.

---

<sup>24</sup> Nosso trabalho é de cunho metafísico, portanto não temos compromissos com epistemologias de linha positivista que justificam uma teoria científica pela sua eficácia em resolver problemas práticos.

## **Cap. II- KANT E O CAMINHO SEGURO DA CIÊNCIA**

## 2.1- Arquitetura da *Crítica da Razão Pura* e o lugar da Analítica dos Princípios

É lugar comum em toda a bibliografia secundária o comentário da admiração que tinha Kant pela física de Newton. Física esta que já colhia os louros de ser considerada certa e ser paradigma de conhecimento seguro da época, servindo de referência a como uma ciência deveria se comportar.

Se, conforme Kant estabelece no prefácio da *Crítica da Razão Pura*, “só o resultado permite imediatamente julgar se a elaboração dos conhecimentos pertencentes aos domínios próprios da razão segue ou não a via segura da ciência”<sup>58</sup>, podemos com certeza dizer da ciência elaborada por Newton que ela encontrava-se neste caminho, por conta dos resultados positivos já colhidos e dos que ainda viria a conquistar.

Ao lado dessa física que trilha o caminho seguro da ciência, estariam também, segundo Kant, a lógica e a matemática, que não se perdiam em idas e voltas em suas teorias. Kant, recorrendo um pouco a história da ciência, mostra-nos que nem sempre foi assim, que existiu uma época em que estas ciências também estavam fora de qualquer julgamento que as pronunciasse como certas.

A lógica e a matemática já entre os gregos encontravam esta via segura, deixaram de ser “simples tateio” para passarem a trilhar o caminho seguro da ciência, caminho este que tardou um pouco a chegar para a física que, segundo Kant, só no século XVII atinge este status.

---

<sup>58</sup> Kant, I. *Crítica da Razão Pura*, B VII, 5ed., trad. Manuela Pinto dos Santos e Alexandre Fradique Morujão. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. “Ob die Bearbeitung der Erkenntnisse, die zum Vernunftgeschäfte gehören, den sicheren Gang einer Wissenschaft gehe oder nicht, das lässt sich bald aus dem Erfolg beurteilen”.

Kant destaca estas ciências para mostrar suas preocupações com a metafísica que não progride ao longo do tempo, apesar de ser a mais antiga de todas as ciências. A imensa quantidade de sistemas conflitantes, de idéias discordantes entre seus adeptos, levava a conclusão de que “o seu método tem sido um mero tateio e, o que é pior, um tateio apenas entre simples conceitos”<sup>59</sup>.

Dessa preocupação, Kant se pergunta se é possível à metafísica o caminho seguro da ciência. Para Kant, a resposta passa pelo método adotado pela metafísica. Ele sugere que a metafísica sofra uma reforma metodológica do mesmo modo daquela ocorrida com a física no início da modernidade. O segredo é a ciência não se deixar levar pela natureza, como se ela fornecesse as regras para o caminhar científico. Afinal, a ciência necessita de leis necessárias, e uma investigação sem um planejamento prévio não concede estas leis.

Portanto, a ciência deve tomar as rédeas do processo, apresentando à natureza seus princípios para poder então investigar nesta natureza o que ela pode responder. Kant elucida essa mudança metodológica por meio de uma dupla analogia: a relação do cientista com a natureza é comparada com as relações aluno x mestre e juiz x testemunha:

“A razão, tendo por um lado seus princípios, únicos ao poderem dar aos fenômenos concordantes a autoridade de leis e, por outro lado, a experimentação, que imaginou segundo estes princípios, deve ir ao encontro da natureza, para ser por esta ensinada, é certo, mas não na qualidade de aluno que aceita tudo que o mestre afirma, antes na de juiz investido nas suas funções, que obriga as testemunhas a responder aos quesitos que lhes apresenta.”<sup>60</sup>

---

<sup>59</sup> Ibidem 58 B XV. “daß ihr Verfahren bisher ein bloßes Herumtappen, und, was das Schlimmste ist, unter bloßen Begriffen, gewesen sei”.

<sup>60</sup> Ibidem 59 B XIII. “Die Vernunft muß mit ihren Prinzipien, nach denen allein übereinkommende Erscheinungen für Gesetze gelten können, in einer Hand, und mit dem Experiment, das sie nach jenen ausdachte, in der anderen, an die Natur gehen, zwar um von ihr belehrt zu werden, aber nicht in der Qualität

Essa idéia kantiana de experimentação é extremamente atual; a compreensão contemporânea de diversos epistemólogos de que “todo experimento é carregado de teoria”, ecoa a máxima kantiana citada acima de que a experimentação é imaginada de acordo com os princípios da razão. Essa mudança de método que dá à física o requisito de ciência certa é caracterizada por Kant por meio de outra analogia, agora com a revolução copernicana.

Nicolau Copérnico, em suas pesquisas sobre o movimento dos corpos celestes, deixa de considerar a Terra como centro do sistema solar (hipótese geocêntrica), trocando-a pelo Sol. Essa simples mudança de concepção conseguia melhores resultados e explicava melhor os movimentos dos planetas que através da forma anterior.

A analogia é simples. A inversão da órbita Terra-Sol, concebida por Copérnico, é sugerida analogicamente por Kant para a relação entre objeto (do conhecimento) e sujeito (do conhecimento). A analogia é boa porque sugere a Terra como realidade, como natureza, como objeto (do conhecimento) e o Sol como a Razão, como o sujeito (do conhecimento).

O “giro copernicano” proposto por Kant fica claro: devemos guiar os objetos pelo nosso conhecimento (a centralidade do Sol e da Razão), e não nosso conhecimento pelos objetos (a centralidade da Terra e dos objetos a serem conhecidos). Como para Kant o conhecimento exige o consenso de intuições e conceitos, os objetos agora serão conforme minhas intuições. Os objetos se guiarão por elas e é a partir daí que posso deles conhecer algo *a priori*.

Em relação aos conceitos, teremos o mesmo comportamento. Para que exista a possibilidade de conhecimento *a priori*, o objeto, que é o mesmo que a experiência pela

---

*eines Schülers, der sich alles vorsagen lässt, was der Lehrer will, sondern eines bestallten Richters, der die Zeugen nötigt auf die Fragen zu antworten, die er ihnen vorlegt”.*

qual estes nos são conhecidos, como objetos dados, deve regular-se pelos meus conceitos.

Com Kant:

“Com efeito, a própria experiência é uma forma de conhecimento que exige concurso do entendimento, cuja regra deve ser pressuposta em mim antes de me serem dados os objetos, por consequência, *a priori* e esta regra é expressa em conceitos *a priori*, pelos quais têm de se regular necessariamente todos os objetos da experiência e com os quais devem concordar.”<sup>61</sup>

É esta a maneira encontrada por Kant para escapar do ceticismo de Hume.

As consequências da revolução copernicana de Kant para o seu empreendimento metafísico são enormes. Agora “só conhecemos *a priori* das coisas aquilo que nós mesmos pomos nelas.”<sup>62</sup> A partir do momento em que os objetos se guiam por minhas intuições e meus conceitos, só poderei conhecer destes objetos o que estiver nos limites destas minhas intuições e destes meus conceitos.

No prefácio da segunda edição da *Crítica da Razão Pura*, Kant coloca a lógica, a matemática e a física, como exemplos paradigmáticos de disciplinas que, independente da experiência e como guias no que diz respeito ao método para a metafísica, seguiram o caminho seguro da ciência. Em nosso trabalho, detemo-nos na física, examinamos como Kant justifica que o procedimento metodológico da física a leva ao “caminho seguro da ciência”.

---

<sup>61</sup> Idem 60, BXVII e XVIII. “weil Erfahrung selbst eine Erkenntnisart ist, die Verstand erfordert, dessen Regel ich in mir, noch ehe mir Gegenstände gegeben werden, mithin *a priori* voraussetzen muß, welche in Begriffen *a priori* ausgedrückt wird, nach denen sich also alle Gegenstände der Erfahrung notwendig richten und mit ihnen übereinstimmen müssen”.

<sup>62</sup> Ibidem 61 B XVIII. “daß wir nämlich von den Dingen nur das *a priori* erkennen, was wir selbst in sie legen”.

Kant tem a preocupação de saber como essa ciência é possível. Para ele, o verdadeiro problema da razão pura é a possibilidade dos juízos sintéticos *a priori*; em sua solução deve estar contida “a possibilidade do uso da razão na fundamentação e desenvolvimento de todas as ciências que contêm um conhecimento teórico *a priori* dos objetos.”<sup>63</sup> Essa é exatamente a resposta da pergunta pela possibilidade dessas ciências.

A pergunta pela possibilidade da física passa pela pergunta de como seus juízos sintéticos *a priori* são fundados. Juízos sintéticos *a priori* são a alternativa de Kant aos juízos analíticos, que são vazios de conteúdo e têm um valor apenas explicativo, não acrescentando nada ao nosso conhecimento e aos juízos sintéticos, que por serem baseados na experiência, não têm a qualidade da necessidade, alargando nosso conhecimento de forma apenas contingente. Os juízos sintéticos *a priori* conseguem ampliar nosso conhecimento de forma necessária; portanto, completamente independente da experiência, ou seja, *a priori*.

Kant traz dois exemplos de juízos sintéticos *a priori* na física:

“Em todas as modificações do mundo corpóreo, a quantidade de matéria permanece constante; ou: em toda transmissão do movimento, a ação e a reação têm de ser iguais uma à outra. Em

---

<sup>63</sup> Ididem 62 B 20. “die Möglichkeit des reinen Vernunftgebrauchs in Gründung und Ausführung aller Wissenschaften, die eine theoretische Erkenntnis *a priori* von Gegenständen enthalten, mit begriffen”.

<sup>64</sup> Ibidem 63 B 17. “daß in Allen Veränderungen der körperlichen Welt die Quantität der Materie unverändert bleibe, oder daß, in aller Mitteilung der Bewegung, Wirkung und Gegenwirkung jederzeit einander gleich sein müssen. An beiden ist nicht allein die Notwendigkeit, mithin ihr Ursprung *a priori*, sondern auch, daß sie synthetische Sätze sind, klar”.

ambas as proposições, é patente não só a necessidade, portanto sua origem *a priori*, mas também que são proposições sintéticas.”<sup>64</sup>

A justificação da segunda proposição, no caso é que quando se pensa no conceito de matéria, a permanência não está contida neste conceito. Ela é, portanto, uma ampliação do conceito de matéria. Dessa forma, a proposição é sintética; porém, ao ampliar com a “permanência”, o faço de maneira necessária e universal, logo totalmente *a priori*, sendo então um juízo sintético *a priori*.

Colocada dessa forma, a questão é deslocada para os fundamentos desses juízos sintéticos *a priori* da física. Que princípios são esses que submetem a si, e dão o aval para a ciência da natureza poder operar? É na “Analítica dos Princípios” que Kant apresenta estes princípios; são os princípios sintéticos do entendimento puro, organizados numa tábua dos princípios.

“Mesmo as leis da natureza, quando consideradas leis fundamentais do uso empírico do entendimento, implicam um caráter de necessidade, portanto, pelo menos, fazem presumir uma determinação extraída de princípios que são válidos *a priori*, e anteriormente a toda a experiência. Mas todas as leis da natureza se encontram, sem distinção,

---

submetidas a princípios superiores do entendimento, pois elas não fazem senão aplicá-los a casos particulares do fenômeno.”<sup>65</sup>

No próximo capítulo, mostramos como Kant utiliza esses princípios em sua análise da ciência de Newton, no seu texto de 1786, os *Primeiros Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza*. Examinamos agora mais de perto a Analítica dos Princípios, fio condutor da análise de Kant nos “Princípios”. Da “Analítica dos Princípios”, examinaremos as analogias da experiência, pois serão a elas que Kant recorrerá em seu trabalho sobre as três leis da mecânica em Primeiros Princípios.

Na arquitetura da Crítica da Razão Pura, a “Analítica dos Princípios” está dentro da chamada “Lógica Transcendental”, que segue a “Estética Transcendental”. Kantianamente o conhecimento exige um concurso da nossa sensibilidade e do nosso entendimento. O conhecimento

“provém de duas fontes fundamentais do espírito, das quais a primeira consiste em receber as representações (a receptividade das impressões) e a segunda é a capacidade de conhecer um objeto mediante estas representações (espontaneidade dos conceitos).”<sup>66</sup>

---

<sup>65</sup> Ibidem 64 B 198. “Selbst Naturgesetze, wenn sie als Grundsätze des empirischen Verstandesgebrauchs betrachtet werden, führen zugleich einen Ausdruck der Notwendigkeit, mithin wenigstens die Vermutung einer Bestimmung aus Gründen, die a priori und vor aller Erfahrung gültig seien, bei sich. Aber ohne Unterschied stehen alle Gesetze der Natur unter höheren Grundsätzen des Verstandes, indem sie diese nur auf besondere Fälle der Erscheinung anwenden”.

<sup>66</sup> Ibidem 65, B74. “entspringt aus zwei Grundquellen des Gemüts, deren die erste ist, die Vorstellungen zu empfangen (die Rezeptivität der Eindrücke), die zweite das Vermögen, durch diese Vorstellungen einen Gegenstand zu erkennen (Spontaneität der Begriffe)”.

Através da primeira fonte fundamental do espírito, um objeto nos é dado, e pela segunda, pensado; portanto, todo o nosso conhecimento envolve conjuntamente intuições e conceitos. Isso ecoa em sua famosa máxima: “pensamentos sem conteúdos são vazios; intuições sem conceitos são cegas.”<sup>67</sup>

A “ciência de todos os princípios da sensibilidade a priori”<sup>68</sup> é a estética transcendental. Nela, Kant apresenta as duas formas puras da intuição sensível, o espaço e o tempo. É através do espaço e do tempo que recebemos as impressões dos objetos exteriores. Tais objetos, pelo fato de serem por nós percebidos através do espaço e do tempo, serão chamados de fenômenos e só a eles temos acesso, nunca podendo alcançar o que venha a ser a coisa-em-si-mesma.

“Por intermédio do sentido externo (de uma propriedade do nosso espírito), temos a representação de objetos como exteriores a nós e situados todos no espaço”<sup>69</sup>, ou seja, é pelo fato de termos esta intuição chamada espaço, que podemos perceber os objetos como exteriores a nós mesmos e espacialmente deslocados uns dos outros. Todos os objetos para nós devem estar representados no espaço, não podendo haver objeto sem espaço, sendo o espaço, então, condição de possibilidade para a experiência exterior:

“O espaço é uma representação necessária, a priori, que fundamenta todas as intuições externas. Não se pode nunca ter uma representação de que não haja espaço, embora se possa perfeitamente pensar que não haja objetos alguns no espaço. Consideramos, por conseguinte, o espaço a condição de possibilidade dos fenômenos, não uma determinação que dependa deles;

---

<sup>67</sup> Ibidem 66, B75. “Gedanken ohne Inhalt sind leer, Anschauungen ohne Begriffe sind blind”.

<sup>68</sup> Ibidem 67, B35. “Wissenschaft von allen Prinzipien der Sinnlichkeit a priori”.

<sup>69</sup> Ibidem 68, B37. “Vermittelst des Äußereren Sinnes,(einer Eigenschaft unsres Gemüts,) stellen wir uns Gegenstände als außer uns ,und diese insgesamt im Raume vor.”

é uma representação a priori, que fundamenta necessariamente todos os fenômenos externos.”<sup>70</sup>

Quanto ao tempo, podemos utilizar uma explicação semelhante ao espaço; é pelo fato de termos a intuição do tempo que podemos perceber dois eventos como simultâneos ou sucessivos; “só pressupondo-a, podemos representar[para nós]-nos que uma coisa existe num só e mesmo tempo (simultaneamente), ou em tempos diferentes (sucessivamente)”<sup>71</sup>. Logo, o tempo não é um conceito empírico extraído da experiência, mas sim a condição de possibilidade para esta, pois todos os fenômenos só são fenômenos no tempo.

Como o espaço, o tempo não pode ser excluído do fenômeno, somente sendo nele possível toda a realidade fenomenal. Como o espaço é a forma da intuição externa, o tempo é a forma da intuição interna e condição formal a priori de todos os fenômenos em geral, o espaço está limitado aos fenômenos externos enquanto o tempo não. Temos que todas as representações, enquanto determinações do espírito, pertencem ao sentido interno, estando então subordinadas às relações de tempo.

“Se posso dizer a priori: todos os fenômenos exteriores são determinados a priori no espaço e segundo as relações do espaço, posso igualmente dizer com inteira generalidade, a partir do princípio do sentido interno, que todos os fenômenos em geral, isto

---

<sup>70</sup> Ibidem 69, B38-39. “Der Raum ist eine notwendige Vorstellung ,a priori, die allen äußereren Anschauungen zum Grunde liegt. Man kann sich niemals eine Vorstellung davon machen, daß kein Raum sei, ob man sich gleich ganz wohl denken kann, daß keine Gegenstände darin ange troffen werden. Er wird also als die Bedingung der Möglichkeit der Erscheinungen, und nicht als eine von ihnen abhängende Bestimmung angesehen, und ist eine Vorstellung a priori, die notwendiger Weise äußereren Erscheinungen zum Grunde liegt.”

<sup>71</sup> Ibidem 70, B46. “Nur unter deren Voraussetzung kann man sich vorstellen: daß einiges zu einer und derselben Zeit (zugleich) oder in verschiedenen Zeiten (nach einander) sei.”

é, todos os objetos dos sentidos, estão no tempo e necessariamente sujeitos às relações do tempo.”<sup>72</sup>

É flagrante uma primazia do tempo em relação ao espaço, sendo o tempo a forma de toda a intuição, de maneira imediata da interna e de maneira mediata da externa. Tal primazia será claramente percebida na doutrina do esquematismo.

Na lógica transcendental, Kant expõe sua teoria acerca do entendimento. De início, critica a lógica geral como preocupada apenas com a forma do conhecimento; nada dizendo sobre o conteúdo, não poderia fazer uma referência aos objetos; seria então uma lógica que não levaria em consideração nem as intuições, necessárias ao conhecimento, nem a origem de nosso conhecimento.

Sua alternativa é apresentada na “lógica transcendental”, que pretende suprir as deficiências da lógica geral, também chamada de vulgar, investigando como os conceitos podem se referir aos objetos. A lógica transcendental trata “das leis do entendimento e da razão, mas só na medida que se refere a objetos e não, como a lógica vulgar, indistintamente aos conhecimentos de razão, quer empíricos quer puros.”<sup>73</sup>

Na estética, Kant encontrou as intuições puras, aqui na analítica a missão é descobrir os pressupostos subjetivo-apriorísticos que possibilitam, junto com as formas da intuição, espaço e tempo, a referência a objetos e com isso a verdade de todo conhecimento objetivo.

---

<sup>72</sup> Ibidem 71, B51. “Wenn ich *a priori* sagen kann: alle äußere Erscheinungen sind im Raume, und nach den Verhältnissen des Raumes *a priori* bestimmt, so kann ich aus dem Prinzip des innern Sinnes ganz allgemein sagen: alle Erscheinungen überhaupt, d.i. alle Gegenstände der Sinne, sind in der Zeit, und stehen notwendiger Weise in Verhältnissen der Zeit.”

<sup>73</sup> Ibidem 72, B81-82. “weil sie es bloß mit den Gesetzen des Verstandes und der Vernunft zu tun hat, aber lediglich, sofern sie auf, Gegenstände *a priori* bezogen wird, und nicht, wie die allgemeine Logik, auf die empirischen so wohl, als reinen Vernunfterkennnisse ohne Unterschied..”

Os conceitos do entendimento puro ou categorias são o objeto da “analítica dos conceitos”. Em sua busca pelas categorias, Kant critica Aristóteles por ter feito a busca de maneira rapsódica, não encontrando um número correto de categorias e tendo depois de reformular sua tábua. Kant atribui o erro de Aristóteles a uma falta de um fio condutor para a descoberta das categorias.

Esse fio Kant encontra na tábua dos juízos. Sendo o entendimento a faculdade de julgar, desta tábua de juízos “originam-se tantos conceitos puros do entendimento, referidos a priori a objetos da intuição em geral, quantas as funções lógicas em todos os juízos possíveis”<sup>74</sup>. Como na tábua dos juízos temos doze funções, teremos aqui doze categorias, divididas em quatro grupos (quantidade, qualidade, relação e modalidade), sendo o entendimento esgotado nessas funções.

Após a apresentação da tábua dos conceitos puros do entendimento, as categorias, Kant parte para uma dedução transcendental, mostrando como as categorias podem ser objetivamente válidas, referir-se a priori a objetos, e que seu uso se dará apenas em relação a estes objetos, não podendo o uso categorial ultrapassar os limites da experiência.

---

<sup>74</sup> Ibidem 73, B105. “gerade so viel reine Verstandesbegriffe, welche a priori auf Gegenstände der Anschauung überhaupt gehen”

## 2.2- A ANALÍTICA DOS PRINCÍPIOS E AS ANALOGIAS DA EXPERIÊNCIA

Na estrutura da *CRP*, as formas da sensibilidade são estudadas na estética transcendental e as categorias do entendimento na analítica dos conceitos. Que as categorias relacionam-se aos fenômenos é um dos resultados principais conseguidos até então. A questão a resolver agora é sobre o modo como as categorias aplicam-se aos fenômenos; como podem as categorias ser aplicadas aos fenômenos? Que podem ser aplicadas, já sabemos. O problema agora é como e de que forma. A relevância dessa questão levantada por Kant é encontrada em seu argumento da falta de homogeneidade entre as intuições empíricas, que são sensíveis, e as categorias, que são puras. O próprio Kant define o problema:

“Ora os conceitos puros do entendimento, comparados com as intuições empíricas (até mesmo com as intuições sensíveis em geral), são completamente heterogêneos e nunca se podem encontrar em qualquer intuição. Como será, pois, possível a subsumção das intuições nos conceitos; portanto a aplicação das categorias aos fenômenos, se ninguém poderá dizer que, por exemplo, a causalidade possa também ser intuída através dos sentidos e esteja contida no fenômeno?”<sup>75</sup>

É essa a pergunta que mostra a necessidade de uma doutrina da faculdade de julgar, para mostrar como as categorias devem ser aplicadas aos fenômenos. Devido a essa heterogeneidade entre os fenômenos e os conceitos puros do entendimento, Kant busca uma

---

<sup>75</sup> Ibidem 74, B176-177. “Nun sind aber reine Verstandesbegriffe, in Vergleichung mit empirischen (ja überhaupt sinnlichen) Anschauungen, und können niemals in irgend einer Anschauung angetroffen werden. Wie ist nun die Subsumtion der letzteren unter die erste, mithin die Anwendung der Kategorie auf Erscheinungen möglich, da doch niemand sagen wird: diese, z.B. die Kausalität, könne auch durch Sinne angeschaut werden und sei in der Erscheinung enthalten?”

espécie de agente mediador para que a subsumção seja possível, algo que seja homogêneo tanto ao fenômeno quanto às categorias.

Esse agente será o esquema transcendental. Comentando sobre o esquema em Kant, Bonaccini nos diz que “Sem esquema não pode haver subsunção e as categorias não podem se referir a objetos, uma vez que só o esquema determina sua aplicação à sensibilidade.”<sup>76</sup> Portanto, não aplicamos o conceito puro do entendimento aos fenômenos e sim o seu esquema. Tal esquema se dará através de uma determinação transcendental do tempo. Como assim?

O tempo é homogêneo à categoria, por ser universal e assentar-se numa regra *a priori* e também homogêneo ao fenômeno, na medida em que o tempo está presente em toda a representação empírica do diverso, conforme explica a estética transcendental. Portanto, os esquemas não são mais que “determinações *a priori* do tempo, segundo regras”<sup>77</sup> que possibilitam a aplicação das categorias aos fenômenos.

Seguindo a sugestão de Kant de não “nos determos agora em árida e fastidiosa análise do que exigem em geral os esquemas transcendentais dos conceitos puros do entendimento, preferimos descrevê-los segundo a ordem das categorias e em relação com estas”,<sup>78</sup> concedendo-nos ainda o direito de nos reportar apenas aos esquemas das categorias da relação, pois são estes esquemas que comporão as analogias da experiência.

“O esquema da substância é a permanência do real no tempo, o esquema da causalidade é o real, que quando posto arbitrariamente é sempre seguido de outra coisa. O

---

<sup>76</sup> Bonaccini J. Kant e o Problema da Coisa em Si no Idealismo Alemão: sua atualidade e relevância para compreensão do problema da Filosofia, p.317, Rio de Janeiro: Relume Dumará; Natal,RN: UFRN, Programa de Pós-Graduação em Filosofia, 2003.

<sup>77</sup> Kant, I. *Crítica da Razão Pura*, B VII, 5ed., trad. Manuela Pinto dos Santos e Alexandre Fradique Morujão. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001 “Zeitbestimmungen *a priori* nach Regeln”

<sup>78</sup> Ibidem 77, B181 “Ohne uns nun bei einer trockenen und langweiligen Zergliederung dessen, was zu transzendentalen Schematen reiner Verstandesbegriffe überhaupt erfordert wird, aufzuhalten, wollen wir sie lieber nach der Ordnung der Kategorien und in Verbindung mit diesen darstellen.”

esquema da comunidade é a simultaneidade das determinações.”<sup>79</sup> O esquema das categorias da relação torna representável a relação das percepções entre si por todo o tempo, tornando possível a representação de objetos.

Com os esquemas, entendemos como as categorias podem ser aplicadas aos fenômenos. É por meio dessas categorias que qualquer objeto será por nós pensado, sendo todo o nosso conhecimento colocado em condições *a priori*. Logo, esses objetos serão conforme o que o nosso entendimento conceber deles. Como destaca Kant no prefácio da segunda edição da *Crítica*: “Só conhecemos *a priori* das coisas o que nós mesmos nelas pomos.”<sup>80</sup> Portanto, a experiência necessita de regras (princípios) para gerar conhecimento. Esses princípios do conhecimento são expostos na tábua dos princípios, os quais explicitam a forma como os conceitos puros do entendimento podem se dirigir aos objetos.

“Se, de uma maneira geral, há princípios algures, deve-se unicamente ao entendimento puro, que não é apenas a faculdade das regras do que acontece, mas também a própria fonte dos princípios, segundo a qual tudo (quanto possa apresentar-se-nos como objeto) se encontra necessariamente submetido a regras, porque sem elas nunca os fenômenos comportariam o conhecimento de um objeto que lhes correspondesse.”<sup>81</sup>

---

<sup>79</sup> Ibidem 78, B183. “Das Schema der Substanz ist die Beharrlichkeit des Realen in der Zeit, das Schema der Kausalität eines Dinges überhaupt ist das Reale, worauf, wenn es nach Belieben gesetzt wird, jederzeit etwas anderes folgt. Das Schema der Möglichkeit ist die Zusammenstimmung der Synthesis verschiedener Vorstellungen mit den Bedingungen der Zeit überhaupt”.

<sup>80</sup> Ibidem 79, B XVIII. “daß wir nämlich von den Dingen nur das *a priori* erkennen, was wir selbst in sie legen”.

<sup>81</sup> Ibidem 80, B198. “Daß überhaupt irgendwo Grundsätze stattfinden, das ist lediglich dem reinen Verstande zuzuschreiben, der nicht allein das Vermögen der Regeln ist, in Ansehung dessen, was geschieht, sondern selbst der Quell der Grund sätze, nach welchem alles (was uns nur als Gegenstand vorkommen kann) notwendig unter Regeln stehet, weil, ohne solche, den Erscheinungen niemals Erkenntnis eines ihnen korrespondierenden Gegenstandes zukommen könnte”.

No final das contas o que Kant faz é prescrever regras para toda a investigação objetiva. Se temos leis causais em física, não é pelo fato de a causalidade estar na natureza e sim por sermos, em termos do entendimento, constituídos de tal maneira a conceber relações causais para a formulação de nossas teorias<sup>82</sup>. Como destaca Loparic: “Eles (os princípios dinâmicos) legitimam os procedimentos analógicos na pesquisa empírica.”<sup>83</sup>

Na apresentação de sua “tábua dos princípios”, Kant coloca as categorias como indicação, fazendo corresponder cada parte da tábua dos princípios a cada parte da tábua das categorias. O grupo de categorias da quantidade vai corresponder aos axiomas da intuição, as categorias da qualidade às antecipações da percepção, as da modalidade aos postulados do pensamento empírico e, finalmente, as categorias da relação terão espaço nas analogias da experiência.

É essa tábua de princípios, também chamada nos *Prolegómenos* de “Quadro Fisiológico Puro dos Princípios Gerais da Ciência da Natureza”, que será fundamental em *Primeiros Princípios*, onde cada parte é associada a uma parte da física, enquanto ciência do movimento. A parte que nos interessa são as “analogias da experiência”, que nos conduzirão às lei da mecânica. Portanto, abordaremos apenas esta parte da “Tábua de Princípios”.

Os dois primeiros princípios, axiomas da intuição e antecipações da percepção, Kant os chama princípios matemáticos devido a apresentarem uma certeza intuitiva, e os dois

---

<sup>82</sup> Alguns críticos de Kant querem limitar seu empreendimento de fundamentação à física newtoniana, Popper em seus “*conjecturas e refutações*” em 1974 mostra um pouco disso encarando a *Critica* como uma simples epistemologia, outros afirmam que o esforço de Kant estaria superado nos dias de hoje, pelo fato da física newtoniana estar superada pela física do século XX que conhece, por exemplo, o princípio de indeterminação de Heisenberg. Beck faz um defesa de Kant em “*Die Zweite Analogie und das Prinzip der Unbestimmtheit*” 1973. A indeterminação de Heisenberg fala da probabilidade de um evento ocorrer em seguida de um primeiro evento, enquanto a causalidade de que de um dado evento suceda outro, logo a causalidade kantiana nada tem haver com previsibilidade.

<sup>83</sup> Loparic, Z.: A semântica transcendental de Kant, p.255, ed. Unicamp, coleção CLE, Campinas, 2002.

últimos princípios de dinâmicos, por apresentarem uma certeza discursiva. É sempre bom lembrar que aqui não temos princípios da física ou da matemática, mas antes “princípios do entendimento puro em relação com o sentido interno (sem distinção das representações aí dadas), mediante os quais os primeiros<sup>84</sup> recebem toda a sua possibilidade.”<sup>85</sup>

Seguiremos nosso trabalho nos detendo nas analogias da experiência. A analogia foi crucial para a teologia filosófica de São Tomás de Aquino, o qual redime a incapacidade da razão humana de entender Deus. Embora a participação de Deus na criação não possa ser captada pelo logos humano, ela talvez possa ser entendida analogicamente em termos de conhecimento e ação humanos e divinos.

Os escritos de Kant quando utilizam a analogia envolvem, quase todos, semelhantes questões teológicas as quais podem ser consideradas como determinações filosóficas das formas de raciocínio apropriadas para pensar acerca do supersensível.

Embora Kant não negue o valor do raciocínio analógico, ele preocupa-se em confinar seu uso dentro de limites corretamente definidos. A semelhança analógica é um importante complemento da identidade lógica, mas não deve ser sub-repticiamente empregada como seu substituto.

A analogia pode ser usada de forma legítima para adquirir um conhecimento relacional não objetivo. Não podemos inferir da analogia um conceito que nos torna inteligível, um conceito tal como o de Deus. A conclusão é de que esse esquema deve pertencer necessariamente ao objeto como seu predicado. O uso da analogia é legítimo como ajuda a autocompreensão humana, nunca como fonte de confirmação de algo.

---

<sup>84</sup> Kant aqui se refere aos princípios da física e da matemática.

<sup>85</sup> Kant, I. *Crítica da Razão Pura*, B 202, 5ed., trad. Manuela Pinto dos Santos e Alexandre Fradique Morujão. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. “sondern nur die des reinen Verstandes im Verhältnis auf den innern Sinn (ohne Unterschied der darin gegebenen Vorstellungen) vor Augen habe, dadurch denn jene insgesamt ihre Möglichkeit bekommen.”

As “Analogias da Experiência” são o grupo dos três princípios que servem como regra para o emprego objetivo das categorias de relação. As analogias determinam como as coisas parecem estar relacionadas no tempo. Elas assumem a forma de analogias temporais para os predicados ontológicos, analogias que são apropriadas à experiência de um ser finito que só pode conhecer aparências no espaço e no tempo.

Em Allison, lê-se: “cada uma das analogias da experiência afirma que o esquema das categorias da relação funciona como uma condição da determinação empírica do tempo.”<sup>86</sup> Como isso funciona?

Na segunda edição da *Crítica*, o princípio que rege as três analogias da experiência é o seguinte: “A experiência só é possível pela representação de uma ligação necessária das percepções.”<sup>87</sup> Com esse princípio, Kant deixa claro como a experiência é possível.

O como a experiência determina um objeto é por meio das percepções. Essas percepções são a nós apresentadas no tempo; portanto, têm de estar submetidas às relações de tempo, “mediante conceitos que as liguem *a priori*.”<sup>88</sup> A versão de Kant para o princípio das analogias da experiência, como escrito na primeira edição da *Crítica*, é esclarecedora: “Todos os fenômenos estão, quanto à sua existência, submetidos *a priori* a regras que determinam a relação entre eles num tempo.”<sup>89</sup>

Como temos três modos do tempo, ou melhor, três formas da ligação temporal, a saber: permanência, sucessão e simultaneidade; as percepções relacionar-se-ão entre si por

---

<sup>86</sup> Allison, H. *El Idealismo Transcendental de Kant: una interpretación y defensa*: p.303, trad. Dulce María Granja Castro. Barcelona: Anthropos, 1992.

<sup>87</sup> Kant, I. *Crítica da Razão Pura*, B 219, 5ed., trad. Manuela Pinto dos Santos e Alexandre Fradique Morujão. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. “Erfahrung ist nur durch die Vorstellung einer notwendigen Verknüpfung der Wahrnehmungen möglich”

<sup>88</sup> Ibidem 87 B219. “durch *a priori* verknüpfende Begriffe, geschehen.”

<sup>89</sup> Ibidem 88 A177. “Alle Erscheinungen stehen, ihrem dasein nach, *a priori* unter Regeln der Bestimmung ihres Verhältnisses unter einander in einer Zeit”

via de três analogias: o princípio da permanência da substância, princípio da sucessão no tempo segundo a lei da causalidade e, finalmente, o princípio da simultaneidade segundo a lei da ação recíproca ou da comunidade.

A primeira analogia da experiência<sup>90</sup>, ou princípio de permanência da substância, é enunciado por Kant da seguinte maneira: “Em toda a mudança dos fenômenos, a substância permanece e a sua quantidade não aumenta nem diminui na natureza.”<sup>91</sup>

Os fenômenos são para nós no tempo, e só no tempo podem ser representadas a simultaneidade e a sucessão. Portanto, o tempo deve ser permanente e não pode mudar. Por outro lado, como não podemos perceber o tempo em si mesmo, então é nos objetos da percepção que se situa o substrato que representa o tempo; a este denominamos substância. A substância é o que há de real no fenômeno, permanecendo sempre o mesmo em toda a mudança do fenômeno, pelo fato de ser imutável e sua quantidade não aumentar nem diminuir.

“Só no permanente são, pois, possíveis relações de tempo; isto é, o permanente é o substrato da representação empírica do próprio tempo e só neste substrato é possível toda a determinação do tempo. A permanência exprime em geral o tempo, como correlato constante de toda a existência dos fenômenos, de toda a mudança e de toda a

---

<sup>90</sup> Estamos cientes das diversas dificuldades inerentes ao estudo das analogias da experiência. As três analogias envolvem conceitos obscuros e de difícil interpretação, como mostra Allison, por exemplo, em sua exaustiva análise do argumento kantiano da “primeira analogia” que ele divide em sete blocos. (Cf. Allison, p.309-334). Uma análise aprofundada como a de Allison não é necessária para nosso trabalho. Nos limitamos a uma apresentação das analogias enfocando seu papel como prescrições às regras da ciência da natureza, não nos preocupando com discussões de exegese ou outras leituras.

<sup>91</sup> Kant, I. *Crítica da Razão Pura*, B 225, 5ed., trad. Manuela Pinto dos Santos e Alexandre Fradique Morujão. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. “Bei allem Wechsel der Erscheinungen beharret die Substanz, und das Quantum derselben wird in der Natur weder vermehrt noch vermindert.”

simultaneidade. Com efeito, a mudança não atinge o próprio tempo, mas apenas os fenômenos no tempo.”<sup>92</sup>

Kant nos mostra que o princípio de permanência da substância é desde sempre utilizado como um pressuposto fundamental, como em seu exemplo a respeito do fumo: “Perguntaram a um filósofo: quanto pesa o fumo? Respondeu ele: subtraia ao peso da lenha queimada o peso da cinza restante e tereis o peso do fumo.”<sup>93</sup>

A pequena história mostra que o princípio de permanência da substância é condição de possibilidade para sabermos o peso do fumo. Generalizando, para falarmos de leis de conservação em geral, deixamos de lado qualquer nascimento ou perecimento da substância, o que é não “admitir um ser da própria substância, que suceda ao não-ser da mesma.”<sup>94</sup>

É também pela permanência da substância que podemos ter o conceito de mudança a partir do qual Kant destaca que “tudo o que muda é permanente e só o seu estado se transforma.”<sup>95</sup> Ser jovem ou velho são estados, um homem que era jovem pode hoje ser velho, mas na mudança de jovem para velho, o homem é o mesmo.

---

<sup>92</sup> Ibidem 91, B226. “Nur in dem Beharrlichen sind also Zeitverhältnisse möglich (denn Simultaneität und Sukzession sind die einzigen Verhältnisse in der Zeit), d.i. das Beharrliche ist das Substratum der empirischen Vorstellung der Zeit selbst, an welchen alle Zeitbestimmung allein möglich ist.”

<sup>93</sup> Ibidem 92 B 228. “Ein Philosoph wurde gefragt: wie viel wiegt der Rauch? Er antwortete: ziehe von dem Gewichte des verbrannten Holzes das Gewicht der übrigbleibenden Asche ab, so hast du das Gewicht des Rauchs.”

<sup>94</sup> Ibidem 93 B 233. “folglich das Sein der Substanz selbst, welches aufs Nichtsein derselben folgt”

<sup>95</sup> Ibidem 94 B 230. “Daher ist alles, was sich verändert, bleibend, und nur sein Zustand wechselt.”

<sup>96</sup> Ibidem 95 B 232. “Alle Veränderungen geschehen nach dem Gesetze der Verknüpfung der Ursache und Wirkung”

A segunda analogia da experiência ou princípio da sucessão no tempo segundo a lei da causalidade nos diz que: “Todas as mudanças acontecem de acordo com o princípio da ligação de causa e efeito.”<sup>96</sup>

Kant inicia sua justificativa dessa segunda analogia afirmando que ligamos percepções no tempo. Por exemplo, suponha que, em determinado momento, largo uma caneta que seguro e, no momento seguinte, a caneta cai. Essa ligação do primeiro evento com o segundo não pode ser atribuída à intuição, senão à imaginação. É esta imaginação que dá a ordem temporal dos eventos, situando o “largar da caneta” anteriormente ao “cair da caneta”. Essa relação entre o que deve ser anterior e o que deve ser posterior deve ser necessária e para tanto é necessário o conceito puro do entendimento, que se mostra na relação de causa e efeito.

“Para que esta relação seja conhecida de maneira determinada, a relação entre os dois estados tem de ser pensada de tal modo que, por ela, se determine necessariamente qual dos dois deve ser anterior e qual posterior e não vice-versa. Porém, o conceito, que implica uma necessidade de unidade sintética, só pode ser um conceito puro do entendimento, que não se encontra na percepção e é aqui o conceito da relação de causa e efeito.”<sup>97</sup>

Na doutrina kantiana da causalidade, o antecedente precede de maneira necessária o sucedente, não existindo a possibilidade da operação inversa. Em suas palavras:

---

<sup>97</sup> Ibidem 96, B234. “Damit dieses nun als bestimmt erkannt werde, muß das Verhältnis zwischen den beiden Zuständen so gedacht werden, daß dadurch als notwendig bestimmt wird, welcher derselben vorher, welcher nachher und nicht umgekehrt müsse gesetzt werden. Der Begriff aber, der eine Notwendigkeit der synthetischen Einheit bei sich führt, kann nur ein reiner Verstandesbegriff sein, der nicht in der Wahrnehmung liegt, und das ist hier der Begriff des Verhältnisses der Ursache und Wirkung”

“O que em geral precede um acontecimento deverá incluir a condição para uma regra, segundo a qual este acontecimento sucede sempre e de maneira necessária; mas, inversamente, não posso voltar para trás, partindo do acontecimento, e determinar o que [o] precede.”<sup>98</sup>

Essa impossibilidade de inversão é pautada na impossibilidade de inversão no tempo, coisa explícita na física como na segunda lei da termodinâmica<sup>99</sup>, a qual rege a direção em que os eventos naturais acontecem. Ou seja, porque um evento ocorre numa direção e não em outra. Apesar de alguns teóricos em física defenderem que é possível uma volta no tempo, tal evento nunca foi verificado.

Finalmente, a terceira analogia da experiência<sup>100</sup>, que é o princípio da simultaneidade segundo a lei da ação recíproca ou da comunidade: “Todas as substâncias, enquanto susceptíveis de serem percebidas como simultâneas no espaço, estão em ação recíproca com o universal.”<sup>101</sup>

---

<sup>98</sup> Ibidem 97, B238-239. “Nach einer solchen Regel also muß in dem, was überhaupt vor einer Begebenheit vorhergeht, die Bedingung zu einer Regel liegen, nach welcher jederzeit und notwendiger Weise diese Begebenheit folgt; umgekehrt aber kann ich nicht von der Begebenheit zurückgehen, und dasjenige bestimmten (durch Apprehension) was vorhergeht”

<sup>99</sup> Sobre a segunda lei da termodinâmica, ver o Halliday volume 2 da editora: Livros técnicos e científicos p.237-255 a quarta edição.

<sup>100</sup> As nossas colocações sobre a primeira e a segunda analogia, que a primeira é condição de possibilidade para leis de conservação e a segunda para leis de causalidade, são partilhadas por diversos comentadores da filosofia da ciência em Kant. Quanto à terceira analogia, que ela vai ao encontro da terceira lei do movimento de Newton, a lei da ação e reação, mostraremos no nosso próximo capítulo. Mas além desta lei de ação e reação, que outras leis da ciência poderia esta terceira analogia se reportar? Acreditamos, embora não vamos desenvolver aqui no espaço desta dissertação, que ela se preste a fundamentar leis com a forma de leis de ciclo. Uma lei de ciclo pode ser entendida da seguinte maneira: na causalidade, por exemplo, não há reversibilidade, se a direção é do evento A para um evento B, então não é então possível a situação reversa de B para A. O caso da comunidade é diferente, os eventos A e B podem ser considerados tanto de A para B quanto de B para A, como é o caso da lei de ação e reação. A única necessidade é a da coexistência. Acreditamos que as leis de ciclo, como ciclo da água, ciclo de Carnot, etc. poderiam ser, nos moldes de Kant, fundamentadas por meio da terceira analogia, pelo fato de todos os seus “participantes” coexistirem na realização do evento, sem o privilégio, como na causalidade, de iniciar por um ou pro outro.

<sup>101</sup> Kant, I. *Crítica da Razão Pura*, B 257, 5ed., trad. Manuela Pinto dos Santos e Alexandre Fradique Morujão. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. “Alle Substanzen, sofern sie im Raum als zugleich wahrgenommen werden können, sind in durchgängiger Wechselwirkung”

Nessa terceira analogia, podemos destacar dois pontos como essenciais, o primeiro é o de quando duas percepções são simultâneas, e o segundo é o da necessidade de uma determinar a outra. Ser simultânea é existir num único e mesmo tempo, o que é caracterizado por uma percepção seguir-se a outra percepção e vice-versa. Se tenho sobre minha mesa um livro e uma caneta, num mesmo tempo, sei disso porque posso perceber o livro e depois a caneta, ou iniciar minha percepção pela caneta e daí seguir ao livro, como nos ensina Kant:

“Posso começar a minha percepção, primeiro pela lua e passar depois à Terra ou, inversamente, primeiro pela Terra e passar depois à lua e, por esse motivo, porque as percepções desses objetos se podem seguir reciprocamente, afirmo que esses objetos existem simultaneamente.”<sup>102</sup>

Quanto à necessidade de uma percepção determinar a outra, de uma atuar sobre a outra, passa pela própria possibilidade da simultaneidade das substâncias ser, para nós, objeto de percepção. Se tenho um espaço vazio entre uma substância e outra, não poderia saber se estas substâncias coexistem ou não, se si sucedem, por exemplo.

“É necessário que a percepção de uns torne possível, como fundamento, a possibilidade da percepção dos outros e, reciprocamente, para que a sucessão, que está sempre nas percepções como apreensões, não seja atribuída aos objetos, mas que estes possam ser representados como simultaneamente existentes.”<sup>103</sup>

---

<sup>102</sup> Ibidem 101, B257. *”So kann ich meine Wahrnehmung zuerst am Monde, und nachher an der Erde, oder auch umgekehrt zuerst an der Erde und dann am Monde anstellen, und darum, weil die Wahrnehmungen dieser Gegenstände einander wechselseitig folgen können, sage ich, sie existieren zugleich.“*

<sup>103</sup> Ibidem 102 B261. *“so muß die Wahrnehmung der einen, als Grund, die Wahrnehmung der andern, und so umgekehrt, möglich machen, damit die Sukzession, die jederzeit in den Wahrnehmungen, als*

Aí é onde reside a comunidade ou ação recíproca. Se temos duas percepções A e B, caso A não agisse em B e B em A, não poderíamos saber se A e B coexistem ou são percepções consecutivas.

---

*Apprehensionen ist, nicht den Objekten beigelegt werde, sondern diese als zugleichexistierend vorgestellt werden können.”*

**Cap.3- KANT E OS *PRINCÍPIOS METAFÍSICOS DA CIÊNCIA***  
***DA NATUREZA***

### **3.1- Apresentação da Obra**

*Primeiros Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza (Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft)* é uma obra escrita por Kant em 1785, que vem a ser publicada em 1786. Kant ainda estava trabalhando na 2<sup>a</sup> edição da *Crítica da Razão Pura* e já havia publicado seus *Prolegómenos a Toda Metafísica Futura que Queira Apresentar-se Como Ciência* (1783), obra na qual Kant presta alguns esclarecimentos de sua CRP.

Não existem muitos comentários a respeito de *Primeiros Princípios*, pelo menos em língua portuguesa, de forma que esperamos por meio deste capítulo contribuir para que os iniciantes no pensamento kantiano tenham algo em torno de tal obra, imprescindível aos que querem conhecer um pouco de filosofia da ciência em Kant.<sup>104</sup>

Nessa obra, Kant quer fornecer os “fundamentos metafísicos da teoria do corpo”<sup>105</sup>, que é fundamentar as leis da Natureza através de Princípios Metafísicos, princípios estes inteiramente *a priori*, ou seja, independentes de qualquer experiência. A ciência que Kant quer fundamentar aí é a ciência do movimento chamada hoje de mecânica clássica pelos físicos. Essa ciência estabelecida por Newton em seus *Principia* estuda os movimentos dos corpos macroscópicos. Nas palavras de Friedman:

“A ciência que Kant visa prover de fundamentos metafísicos em *Primeiros Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza* é a ciência newtoniana: em particular a ciência dos *Principia* (1687) de Newton. Isto é indicado por várias referências explícitas sobre Newton e os *Principia* espalhadas

---

<sup>104</sup> A tradução utilizada foi a do Professor Artur Morão publicada pelas Edições 70.

<sup>105</sup> O projeto de *Primeiros Princípios*, é anunciado numa carta à Lambert de 31 de dezembro de 1765, antes mesmo da publicação de sua CRP.

em *Primeiros Princípios*, e, mais importante, pelo seu conteúdo, que de forma central envolve as três leis de Newton do movimento e a teoria da gravitação universal.”<sup>106</sup>

Para Kant é o movimento que determina fenomenicamente a matéria para a nossa sensibilidade. Ao considerar assim que não podemos saber o que seja, digamos, a matéria (em si), e que analisamos e compreendemos suas manifestações exteriores pelas funções do entendimento, Kant é dessa forma, como não poderia ser diferente, fiel a sua filosofia crítica. Kant então analisa o conceito de matéria por via dos quatro grupos de funções do entendimento, estabelecidos na *CRP* (B 106): quantidade, qualidade, relação e modalidade.

Essa interpretação é corroborada por Cassirer, que entende a “definição do conceito de matéria, [como] abordada no espírito transcendental, pois a realidade da matéria aparece aqui não enquanto algo de posto como último, mas como derivado.”<sup>107</sup> A abordagem kantiana do conceito de matéria segundo o “espírito transcendental” produz quatro definições *a priori*<sup>108</sup> de matéria, uma para cada grupo de função do entendimento, e estrutura o índice de *Primeiros Princípios*, sendo o livro feito com quatro capítulos.

No primeiro capítulo, Kant considera os aspectos quantitativos da matéria (categorias da quantidade), fundamentando a Foronomia, chamada hoje de cinemática, que pode ser definida como a ciência que estuda o movimento sem considerar suas causas. Ou seja, considerando apenas os aspectos quantitativos do movimento (posição, velocidade, aceleração).

---

<sup>106</sup> Friedman, M. *Kant and the Exact Sciences*: p.136. London: Harvard University Press, 1992.

<sup>107</sup> Cassirer, E. *Kant, vida y doctrina*, p.222, trad. Wenceslao Roces. México: Fondo de cultura económica, 2003.

<sup>108</sup> Para bons argumentos sobre conceitos *a priori* de matéria damos como sugestão a obra de Plass: “Kant’s Theory of Natural Science”, Dordrecht: Kluwer 1994.

O segundo capítulo trata dos aspectos qualitativos da matéria, categorias da qualidade, as quais dizem respeito ao comportamento das forças atrativas e repulsivas e que fundamenta a dinâmica (gravitação universal).

O terceiro capítulo da obra *Primeiros Princípios: Fundamentos Metafísicos da Mecânica* (Leis de Newton), constitui o tema desta dissertação. Nele, são abordados os aspectos relacionais da matéria, os quais detalharemos à frente, por meio das categorias da relação.

O último capítulo corresponde ao grupo modal das categorias e trata da fenomenologia. Nele, Kant trata sobre a possibilidade, realidade e necessidade do movimento.

Qual a concepção kantiana de ciência da natureza expressa em *Primeiros Princípios*? Kant faz uma diferença entre ciência genuína e ciência imprópria. A primeira tem seus princípios inteiramente *a priori*, enquanto a segunda deriva seus princípios da experiência. Para Kant, a química seria uma ciência imprópria, sugerindo para ela não o nome de ciência, mas antes, o de “arte sistemática”.

Ao derivar seus princípios todos da experiência, a ciência imprópria perde toda a apoditicidade que é o que caracteriza uma ciência certa. Ou seja, dos seus princípios não podemos dizer que são universais e necessários, ficando então, seu alcance restrito e limitado à experiência realizada.

Kant coloca a física como ciência genuína e como parece evidente despreza a por ele chamada ciência imprópria: “Uma teoria racional da natureza só merece, pois, o nome de ciência natural, se as leis da natureza, que lhe subjazem, forem conhecidas *a priori* e não

forem simples leis de experiência.”<sup>109</sup> Só com princípios inteiramente *a priori*, pode a ciência ter o devido respeito de seus colaboradores, por seus enunciados serem necessários e universais, ou seja, apodíticos.

Diante dessa necessidade de princípios inteiramente *a priori*, Kant nos apresenta a metafísica e a matemática como imprescindíveis para esta “ciência genuína”. A metafísica é o conhecimento racional por simples conceitos. A partir do momento em que a ciência natural vai falar sobre objetos, deverá ter claras todas as determinações necessárias a sua existência. Tal conceito não pode ser construído, pois a existência não pode representar-se em qualquer intuição *a priori*. Percebemos então a necessidade de uma metafísica da natureza: “a genuína ciência natural pressupõe uma metafísica da natureza.”

E para a matemática o que sobra? Do uso e necessidade da Matemática na ciência natural é algo que sabemos desde que iniciamos nossa formação científica ainda no ensino fundamental. A matemática é dita por muitos como a “linguagem” (Galileu) com a qual a Física vai descrever a natureza, e sua exaltação enquanto ferramenta para a ciência já explanamos no primeiro capítulo. Nossa preocupação agora é tentar justificar a afirmação kantiana que “em toda a teoria particular da natureza se pode apenas encontrar tanta ciência genuína quanta a matemática que aí se depare”.<sup>110</sup>

Kant nos ensina que o conhecimento matemático é aquele que é construído via a apresentação de um objeto numa intuição *a priori*. Se os objetos da natureza podem ser dados fora do pensamento, seu conhecimento não poderia ser fornecido pela metafísica e pelo fato deste conhecimento ter de ser *a priori* deve ser construído, tal é a tarefa da matemática. Conforme assevera Kant:

---

<sup>109</sup> Kant, I. *Primeiros Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza*: p.14, trad. Artur Morão. Lisboa: edições 70, 1990.

<sup>110</sup> Ibidem 109, p.16.

“Pelo que conhecer a possibilidade de coisas naturais determinadas, por conseguinte, conhecer estas *a priori*, exige ainda que se dê *a priori* a intuição correspondente ao conceito, isto é que o conceito seja construído. Ora o conhecimento racional mediante a construção de conceitos é matemático.”<sup>111</sup>

Construir um conceito é dar regras para a construção esquemática na intuição pura de algo. Por exemplo, polígono fechado de quatro lados iguais e quatro ângulos iguais, eis a regra para a construção de quadrados! Ou como esclarece Loparic “...regras para gerar representações intuitivas puras destes objetos.”<sup>112</sup>

Temos então expostas as duas partes puras (matemática e metafísica) da ciência da natureza. A parte empírica é a natureza encarada como a totalidade dos objetos da experiência (fenômenos), experiência esta composta pelo diverso da representação empírica, trazido por conceitos *a priori* e unido segundo uma lei.<sup>113</sup> Nessa parte empírica, são abordados os conceitos de movimento, inércia, massa e outros.

Com as explicações dos papéis da matemática e da metafísica, vimos como Kant dá as bases para a formação de sua metafísica da natureza, cujo principal objetivo é encontrar os fundamentos do conhecimento empírico, no que diz respeito à física. Escreve Kant no final do prefácio aos *Princípios* o que sintetiza o que foi aqui exposto:

“Newton, no prefácio dos seus *Princípios Matemáticos da Ciência da Natureza* (após ter observado que a geometria, dos procedimentos mecânicos que postula, precisa apenas de dois, a saber, traçar uma linha reta e um círculo), diz: [A geometria orgulha-se de com tão pouco, que vai buscar a outro

---

<sup>111</sup> Ibidem 110.

<sup>112</sup> Loparic Z. *A Semântica Transcendental de Kant*: p.186, 2ed. Campinas: Unicamp, 2002.

lugar, ser capaz de tanto conseguir.] Em contrapartida, da metafísica poder-se-ia dizer: [Ela está consternada por, com tanto que a matemática lhe oferece, poder apenas conseguir tão pouco.] No entanto, este pouco é algo de que até a matemática, na sua aplicação à ciência natural, inevitavelmente precisa; e visto que ela deve aqui necessariamente pedir empréstimos à metafísica, também não tem que envergonhar-se por aparecer na sua companhia.”<sup>113</sup>

Citar Newton na conclusão de seu prefácio e fazer uma analogia para escrever sua mensagem de valoração da metafísica, neste mesmo local, faz-nos despertar rapidamente para dois pontos, aparentemente contraditórios. Ao mesmo tempo em que Kant tem uma admiração pela ciência de Newton; afinal, essa parece ter todo o espírito exigido por Kant para se denominar ciência “genuína” da natureza, com todo seu sistema axiomático e aplicável com sucesso ao mundo empírico; Kant quer deixar clara a ascendência da metafísica para o fazer científico.

Newton atribui grande parte do êxito de sua empresa à eficácia da geometria que com tão poucas ferramentas foi capaz de muito conseguir, já Kant destaca que a respeito da metafísica, com todo o serviço da matemática a ela, não foi tão longe. Por outro lado, é através da metafísica que essa matemática tem o aval para participar da explicação do mundo empírico.

O que há de aparentemente contraditório neste ponto é o final da citação, no qual Kant rejeita a “vergonha” da matemática em aparecer ao lado da metafísica. Essa era a grande moda entre os naturalistas e dentre estes estava Newton. Vejamos como Kant se refere a esses naturalistas:

---

<sup>113</sup> Kant, I. *Primeiros Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza*: p.23, trad. Artur Morão. Lisboa: edições 70, 1990.

“Mais de um naturalista da razão pura (por ele entendo aquele que se julga capaz de decidir questões de metafísica, sem ciência alguma) gostaria de alegar que, de há muito, não só pressentiu, mas até mesmo soube e compreendeu, graças ao espírito divinatório da sua sã razão, o que aqui é exposto com tanto aparato ou, se se preferir, com tanta pompa prolixia e pedantesca, isto é, com toda a nossa razão não podemos ir além do campo das experiências.”<sup>114</sup>.

Neste não ir além do “campo das experiências”, acreditava o naturalista, que os princípios de sua ciência, também se restringiam a estas experiências, e que a aplicação da matemática, ao mundo empírico, era algo natural. Kant não concorda com essa naturalidade de aplicação da matemática aos fenômenos, buscando uma justificativa disto, conforme já expomos acima.

Em relação às experiências, continua Kant: “Mas, a partir do momento em que deve, no entanto confessar, se pouco a pouco lhe subtraímos os princípios racionais, que entre eles há muitos que ele não tirou da experiência e que, por conseguinte, são independentes dela e válidos *a priori*”<sup>115</sup>, será necessário admitir que há enunciados completamente independente da experiência e; portanto, metafísicos.

Para Kant, assim como para grande parte dos metafísicos, toda física, ou mais geralmente, toda ciência, utiliza pressupostos metafísicos em suas pesquisas. O problema do naturalista é que disso ele não se apercebe, e Newton não era exceção.

---

<sup>114</sup> Kant, I. *Prolegómenos a Toda Metafísica Futura que Queira Apresentar-se Como Ciência*: p.90, trad. Artur Morão. Lisboa: edições 70, 2003.

<sup>115</sup> Ibidem 114 p.91.

### **3.2-Definições Iniciais**

Em Kant, natureza é a “totalidade de todos objetos da experiência”<sup>116</sup>. Para ele, objeto da experiência é aquilo que se submete as nossas intuições *a priori*: espaço e tempo. São os chamados fenômenos, ou seja, tudo aquilo que aparece para nós. Essas “aparências”, mais especificamente as descrições de repouso e movimentos delas, são o objeto de estudo da chamada Mecânica Racional.

São esses objetos da experiência que Kant chama de matéria. A abordagem kantiana da matéria no “espírito transcendental” trará sua definição e todo desenvolvimento kantiano para a fundamentação metafísica das leis de Newton.

O terceiro capítulo, de “*Primeiros Princípios*”, objetiva essencialmente a “relação entre diferentes partes da matéria e, em particular, a transferência de movimento entre elas.”<sup>117</sup> Kant define matéria e quantidade de matéria, mostrando a necessidade do conceito de matéria estar conjugado ao de velocidade, resultando na quantidade de movimento como condição de validade para a medida da própria matéria<sup>118</sup>. Logo após, em três teoremas, Kant nos apresenta suas três leis da mecânica.

A definição de matéria no espírito transcendental, “definição 1”, de acordo com as categorias da relação, é que “A matéria é o elemento móvel enquanto tem, como tal, força

---

<sup>116</sup> Ibidem 115, p.67.

<sup>117</sup> Carrier, M. *Kant's Mechanical Determination of Matter in the Metaphysical Foundations of Natural Science*, in Kant and the Sciences, E. Watkins (ed.) p.117, New York: Oxford University Press, 2001.

<sup>118</sup> Há duas formas de medir a matéria uma mecânica que depende do movimento e é feita por via da quantidade de movimento, conforme mostraremos. E em termos dinâmicos que é a parte que tange a Gravitação Universal, pode-se ter uma medida em termos do peso, com o uso de uma balança, por exemplo.

motriz.”<sup>119</sup> Isso significa que aqui a matéria é tratada enquanto tendo movimento e cujo objetivo de ação é a transmissão de movimento a outra matéria.

Para tal transmissão, a matéria deve possuir forças primordialmente motrizes, pois esta é a causa do movimento. Essas forças agem por todo o espaço por onde se encontra a matéria, impedindo que seja penetrada. Ao resistir a penetração de outra matéria, a transmissão de movimento se realiza.

Eis a definição 2: “A *quantidade de matéria* é o número dos móveis num espaço determinado.”<sup>120</sup> Essa quantidade, quando agindo em movimento num mesmo tempo, é o que se denomina por *massa* e constitui o chamado corpo em física. A medida dessa massa se dá pela quantidade de movimento que, conforme já mostramos, é o produto da massa com a velocidade. Qual a necessidade, em Kant, da quantidade de movimento?

A matéria só é matéria enquanto ocupa um espaço, e este é divisível ao infinito. Por conseguinte, “a matéria é divisível ao infinito”<sup>121</sup>, o que impede a comparação das partes de uma matéria com as partes de outra. Logo, para a própria validade da medida da matéria não podemos abstrair desta o seu movimento. Movimento este que é caracterizado pela velocidade; portanto, “não resta mais nenhuma medida universalmente válida dessa matéria, a não ser a quantidade do seu movimento”<sup>122</sup>.

A quantidade de matéria é analisada por meio da quantidade de movimento, “o valor da massa de dois corpos pode ser inferida diretamente de seus momentos (quantidade

---

<sup>119</sup> Kant, I. *Primeiros Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza*: p.87, trad. Artur Morão. Lisboa: edições 70, 1990.

<sup>120</sup> Ibidem 119, p.88.

<sup>121</sup> Ibidem 120, p.89.

<sup>122</sup> Ibidem 121.

de movimento) apenas se suas velocidades coincidem.”<sup>123</sup> Com velocidades iguais, o que restará da quantidade de movimento é a medida das massas, ainda que comparativamente.

É curioso comparar essa definição kantiana da quantidade de movimento, com a trazida por Newton em seus *Principia*: “A quantidade de movimento é a medida do mesmo, obtida conjuntamente a partir da velocidade e da quantidade de matéria”. Observamos que em momento nenhum dos seus *Principia*, Newton esclarece a necessidade de relacionar os conceitos de massa e velocidade para sua quantidade de movimento. Ao contrário do procedimento de Kant que, partindo do pressuposto metafísico da não-finitude da divisibilidade da matéria, conclui pela necessidade desta relação conjunta.

---

<sup>123</sup> Carrier, M. *Kant's Mechanical Determination of Matter in the Metaphysical Foundations of Natural Science*, in Kant and the Sciences, E. Watkins (ed.) p.123, New York: Oxford university press, 2001.

### **3.3-As três leis da mecânica**

É famosa a forma como Kant estrutura a “arquitetura epistêmica” de seu sujeito transcendental. Parte de uma tábua de juízos, tomada emprestada dos lógicos de sua época, e monta gradativamente ao longo do texto a Tábua das Categorias do entendimento e a Tábua dos Princípios, instituindo também a correspondência entre as doze subdivisões de cada uma.

Claro que todas estas tábuas são justificadas por Kant e, particularmente, a Tábua dos Princípios contempla um dos objetivos centrais na *Crítica*: que existem juízos sintéticos *a priori*.

Na Tábua dos Princípios, encontramos as regras de como proceder em nossas atividades quanto à ciência da natureza. Nessa Tábua, está a possibilidade dos princípios da física, o que é bem diferente de fazer uma ciência da natureza como fez Newton. É aí que *Primeiros Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza* entra. Seu objetivo é fazer uma mediação entre os princípios gerais do entendimento, os quais estão na Tábua dos Princípios, e a ciência da natureza, a qual na época se apresentava como a ciência da natureza em sua formulação newtoniana.

Nosso trabalho diz respeito apenas às analogias da experiência, que correspondem nos *Primeiros Princípios* às leis da mecânica de Kant. Essas leis são apresentadas no terceiro capítulo “*Primeiros Princípios Metafísicos da Mecânica*”. O quadro abaixo mostra a correspondência entre a Tábua de Princípios da *CRP* e as leis da mecânica de *Primeiros Princípios*.

## Quadro I

<u>Tábua de princípios</u>	<u>Primeiros Princípios metafísicos</u>
<u>Analogias da experiência</u>	<u>Princípios metafísicos da mecânica</u>
Primeira analogia-----	Primeira lei da mecânica
Segunda analogia-----	Segunda lei da mecânica
Terceira analogia-----	Terceira lei da mecânica

É natural supor por conta das articulações que o próprio Kant faz em suas diversas tábua, que as analogias da experiência de Kant são três por intencionarem a fundamentação das três leis do movimento de Newton. Anthony Kenny escreve que alguns comentadores suspeitam do fato de Kant ter três analogias e de quais seriam suas verdadeiras intenções. “Kant estaria sendo guiado não puramente por motivações metafísicas, mas pelo desejo de fazer sua metafísica da experiência como um paralelo das três leis de Newton da física.”<sup>124</sup> Apesar dessas “suspeitas” destacadas por Kenny, pensamos nelas como um equívoco.

Primeiramente, defendemos que, nas analogias da experiência, Kant não tem em vista as três leis de Newton especificamente, e sim, a maneira de como ligar necessariamente as percepções para possibilitar a experiência. Ou seja, as analogias da experiência são condição de possibilidade para a própria experiência.

---

<sup>124</sup> Kenny, A. *The Oxford History of Western Philosophy*: p.189. New York: Oxford University Press, 2000.

Em segundo, ao analisar o conceito de matéria por via das categorias da relação e fazer sua análise do movimento, Kant recai em suas três leis da mecânica, e não, nas três leis de Newton. São essas leis da mecânica de Kant que terão a pretensão de se reportar as três leis de Newton. Como esclarece Friedman:

“De especial importância, no presente contexto, são os princípios da metafísica especial que correspondem às analogias da experiência. Estes estão postos no capítulo 3, ou mecânica, de *Primeiros Princípios*, como as três leis da mecânica: (1) o princípio de conservação da massa ou quantidade de matéria, (2) a lei da inércia, (3) o princípio de igualdade da ação e reação.”<sup>125</sup>

Isso é o que nos faz concluir que a referência direta e estreita da filosofia de Kant à física de Newton está em *Primeiros Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza* e não na *Crítica da Razão Pura*. A *Crítica* é um projeto para toda a ciência da natureza, declarando-a como possível, enquanto *Primeiros Princípios* é restrito ao pensamento de Newton em seus *Principia*.

Poderia então o leitor pensar uma nova forma de relação entre as leis da mecânica de Kant com as leis de Newton conforme o quadro abaixo:

### Quadro II

#### Kant

#### Newton

Primeira lei da mecânica----- Primeira lei da mecânica

Segunda lei da mecânica----- Segunda lei da mecânica

Terceira lei da mecânica----- Terceira lei da mecânica

No entanto, essa correspondência não é verdadeira, não está, como mostraremos a seguir, no texto kantiano.

Vejamos a primeira lei da mecânica de Kant: “Em todas as modificações da natureza corporal, a quantidade da matéria permanece a mesma no conjunto, sem aumento e diminuição.”<sup>126</sup>

É fácil perceber aqui, para a frustração dos que adotam um alinhamento das leis de Kant com as de Newton, uma clara e objetiva diferença entre a primeira lei de Newton e a primeira lei de Kant<sup>127</sup>. A primeira lei de Newton, a conhecida lei da inércia: “Todo corpo continua em seu estado de repouso ou movimento uniforme em uma linha reta, a menos que ele seja迫使ido a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele”, nada tem a ver com a formulação kantiana exposta acima. O que Kant nos fornece é uma lei de conservação. Duas perguntas podem então ser formuladas. Por que a formulação kantiana difere da newtoniana? Como Kant vê a lei da inércia de Newton?

As leis da mecânica de Kant são todas derivadas das analogias da experiência. Logo, a primeira lei da mecânica de Kant tem como fundamento a primeira analogia da experiência ou princípio de permanência da substância, o qual nos indica que, em todas as mudanças da natureza, a substância se perpetua, não tendo sua quantidade aumentada ou

---

<sup>126</sup> Kant, I. *Primeiros Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza*: p.93, trad. Artur Morão. Lisboa: edições 70, 1990.

<sup>127</sup> Este é um dos pontos cruciais dos estudos acerca do tratamento kantiano das leis de Newton. Poderíamos exemplificar, entre vários estudiosos dois dos mais populares, Gerd Buchdahl e Michael Friedman. A abordagem de Buchdahl não contempla as diferenças por nós expostas nos parecendo ser insatisfatória, mas nós a indicamos para os estudiosos do problema da ação a distância onde é feito um trabalho além de Kant e Newton contemplando também Locke e Hume. Já Friedman coloca Kant no plano de sintetizar Leibniz e Newton, estando Kant dentro de uma tradição continental de pensamento, ao modo de Descartes e Leibniz, que já pensavam leis de conservação, e tenta transferir isto ao pensamento newtoniano.

diminuída. Assim, como Kant apóia suas leis da mecânica em suas analogias da experiência, sua primeira lei não poderá ser outra coisa senão uma lei de conservação.

O princípio de permanência da substância fundamenta, na realidade, toda a “lei de conservação”. Porém, não diz o que deva ser conservado. Não podemos confundir a substância (kantiana) com substância empírica, seja ela massa, matéria ou o que o valha. Kant não nos diz o que deve ser esta substância, sendo este o caso em cada objeto de estudo da ciência da natureza. Aqui, Kant está preocupado com o movimento dos corpos, e este movimento é tratado à luz da quantidade de matéria. Portanto, a substância passa a ser esta quantidade de matéria e é por isso que sua primeira lei da mecânica tem esta formulação.

Leis de conservação só podem ser formuladas por conta do princípio de permanência da substância; porém, tais formulações de leis de conservação são diferentes, dependendo do objeto de estudo em pauta. Por exemplo, em vez do movimento dos corpos, como é o caso em Kant; poderíamos pensar em reagentes e produtos numa reação química. Diante dessa ótica, o famoso Princípio de Conservação da Massa de Lavoisier, consoante o qual, numa reação química, a soma dos reagentes é igual a soma dos produtos<sup>128</sup>, é uma lei de conservação. Lavoisier pressupõe a não-criação ou a não-destruição de algo em todo tipo de reação química, o que é uma aplicação ao mundo empírico do princípio de permanência da substância.

Se nosso objeto de estudo for a energia, poderíamos afirmar que a energia não pode ser criada ou destruída, apenas transformada de uma forma para outra. A idéia de Kant é que o seu princípio de permanência da substância fosse condição de possibilidade para a formulação de qualquer uma dessas leis exemplificadas.

---

<sup>128</sup> Numa reação química a soma dos reagentes A+B deve ser igual a soma dos produtos C+D, sistematizando  $A + B = C + D$ .

E quanto a nossa segunda questão? Como entender a primeira lei de Newton, a lei de inércia, dentro da perspectiva kantiana?

Kant nos mostra suas observações a respeito da lei da inércia em sua segunda lei da mecânica: “Toda a mudança da matéria tem uma causa externa. (Cada corpo persevera no seu estado de repouso ou de movimento, com a mesma direção e a mesma velocidade, quando não é forçado por uma causa exterior a abandonar este estado.)”<sup>129</sup>.

Essa lei do movimento é fundamentada pela a lei de causalidade, que afirma que toda mudança deve ter uma causa; estando Kant preocupado agora em provar que esta causa deve ser uma causa externa. Conforme Kant: “À metafísica geral vai buscar como fundamento a proposição de que toda a mudança tem uma causa; demonstrar-se-á aqui, a propósito da matéria, apenas que a mudança deve ter sempre uma causa externa.”<sup>133</sup>

Como vai Kant provar que tal mudança do estado de repouso ou movimento deverá ser produto de uma causa externa e não poderá ser produto de uma causa interna? Ou ainda, por que a matéria não pode agir sobre si mesma e produzir a mudança de seu estado de repouso ou movimento.

Para Kant: “Só esta lei deve chamar-se lei da inércia”,<sup>130</sup> também conhecida como a primeira lei de Newton. Kant vai caracterizar a inércia como ausência de vida e vida como o “poder de uma substância de se determinar à ação a partir de um princípio interno, de uma substância finita de se determinar à mudança, e de uma substância material em de determinar ao movimento ou ao repouso, enquanto modificação do seu estado.”<sup>131</sup> Isso

---

<sup>129</sup> Kant, I. *Primeiros Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza*: p.94, trad. Artur Morão. Lisboa: edições 70, 1990.

<sup>130</sup> Ibidem 129, p.95.

<sup>131</sup> Ibidem 130.

nesse contexto quer dizer que para Kant vida será a capacidade da substância de autonomamente mudar seu estado de repouso ou movimento.

Para que tal mudança fosse possível, seria necessário que a substância pensasse, tivesse vontades, etc. Tais faculdades não pertencem nem aos sentidos externos à matéria e nem mesmo a esta enquanto tal, de forma que assim ela não pode gerar movimento. Kant explica essa fato dizendo que “toda a matéria é privada de vida”<sup>132</sup>. Portanto, para termos qualquer mudança no estado de repouso ou movimento da matéria, esta mudança deverá advir de uma causa exterior à própria matéria.

A lei da inércia de Newton tem uma formulação bem semelhante à lei da inércia de Kant; porém, suas abordagens são bem distantes. Newton, como naturalista, não busca qualquer tipo de fundamentação para sua lei da inércia, em seus *Principia*, colocando-a para nós como uma verdade última. Já Kant ao expor sua lei da inércia, está interessado em adotar uma ontologia adequada para o problema da transmissão do movimento, buscando deduzi-la da proposição que toda a mudança tem uma causa e de sua idéia de matéria como ausência de vida.

É essa idéia de matéria como ausência de vida, conforme já comentamos, que impede um corpo de entrar em movimento sem a presença de um agente externo a ele, ou como comenta Watkins, uma “ontologia que não permite que um corpo aja em si mesmo.”<sup>133</sup>

Ora, a primeira lei da mecânica de Kant é uma lei de conservação, coisa que não é discutida na primeira lei de Newton, ou lei da inércia. A primeira lei da mecânica de Kant está ligada ao princípio de permanência da substância, que fundamenta, aliás, todas as leis

---

<sup>132</sup> Ibidem 131

<sup>133</sup> Watkins, E. *Kant's Justification of Laws of Mechanics*, in Kant and the Sciences, E. Watkins (ed.) p.153. New York: Oxford university press, 2001.

com a forma de leis de conservação, e não apenas a “quantidade de matéria” enunciada por Kant em sua primeira lei.

A lei da inércia de Newton só vem a ser abordada por Kant em sua segunda lei da mecânica, na qual Kant discute a inércia, preocupando-se em provar que a mudança do movimento só poderá ter por causa um agente externo, e que a matéria nunca, por si, muda seu estado. Para tanto, Kant utiliza a idéia de inércia como ausência de vida, conseguindo fundamentos para a primeira lei de Newton.

O que resta então à terceira lei da mecânica de Kant? Vai ela ao encontro de alguma lei de Newton? Aqui apresentamos a terceira lei da mecânica<sup>134</sup> de Kant: “Em toda comunicação do movimento, a ação é sempre igual à reação.”<sup>135</sup> É evidente que aqui se trata da terceira lei de Newton. Das três leis, essa é sem dúvida a mais semelhante com a respectiva lei de Newton; a saber: “A toda ação há sempre oposta uma reação igual, ou as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas”. O que vai Kant cobrar a Newton é saber o lugar de onde a lei deriva, afirmando que “Newton não se aventurava a mostrar *a priori*, mas apelava por isso à experiência.”<sup>136</sup>

Apesar das semelhanças entre ambas as formulações, Kant tem pretensões de ir além Newton e sua exigência de mostrar a lei *a priori* só pode ser satisfeita se percebemos as sutilezas da diferença nas formulações<sup>137</sup>. Estas sutilezas podem ser observadas na palavra “comunicação”, existente na formulação kantiana, que exige uma “comunidade” para sua própria possibilidade. Esse apriorismo vai Kant encontrar ao perceber uma

---

<sup>134</sup> Na tradução por nós utilizada existe terceira lei da dinâmica e não mecânica, devido a consulta de outras traduções tomamos a liberdade de alterar e assumimos a tradução.

<sup>135</sup> Kant, I. *Primeiros Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza*: p.96, trad. Artur Morão. Lisboa: edições 70, 1990.

<sup>136</sup> Ibidem 135, p.100.

<sup>137</sup> O problema das diferenças entre a terceira lei de Newton e a terceira lei de Kant é abordado por Martin Carrier em “Kant’s Relational Theory of Absolute Space” *Kant-Studien* 83, 1992, p.399-416.

comunidade em todos os movimentos, comunidade esta que é condição de possibilidade para qualquer comunicação de movimento entre corpos.

Em Kant, não há como “conceber-se nenhum movimento de um corpo em relação a um corpo absolutamente em repouso que deve assim pôr-se em movimento.”<sup>138</sup> Em outras palavras, não há nenhum corpo que esteja em repouso absoluto independente do referencial<sup>139</sup>.

Suponhamos que uma esfera “A” se aproxima de uma esfera “B” em repouso, o que nos faz ter a certeza desta aproximação é que podemos perceber que o espaço entre elas diminui, mas só dizemos que “A” está em movimento e não “B” por conta do referencial. Logo, não temos como “responsabilizar” mais uma esfera que a outra pela diminuição de espaço entre elas. Conseqüentemente, o movimento é conjunto, entre as duas esferas, e não uma ação individual, sendo esta percepção possível para nós pelo fato de possuirmos a categoria da comunidade. Afinal, “não existe razão alguma para atribuir mais a um do que ao outro”<sup>140</sup> a causa do movimento.

Quanto à necessidade da ação ser igual à reação, podemos assim compreender: como não posso afirmar se “A” se aproxima de “B” ou o contrário, também não posso dizer quem é a ação e quem seja a reação. A “ação é para ser entendida simplesmente como uma força exercida que muda o estado de um corpo, distinto do corpo que esta exercendo a

---

<sup>138</sup> Kant, I. *Primeiros Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza*: p.96, trad. Artur Morão. Lisboa: edições 70, 1990.

<sup>139</sup> Vale rever nosso capítulo 2.3 desta dissertação: Comentário sobre o Escólio de Newton às definições, onde comentamos sobre espaços absolutos e sua impossibilidade.

<sup>140</sup> Kant, I. *Primeiros Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza*: p.97, trad. Artur Morão. Lisboa: edições 70, 1990.

força. Reação, então, não é uma força passiva, mas antes, simplesmente a força de ação do outro corpo.”<sup>141</sup>

As duas ocorrem ao mesmo tempo, tendo seu relacionamento fundado na terceira analogia da experiência, conforme já tratado no capítulo anterior. Quando tenho duas percepções, existe uma necessidade de uma determinar a outra; logo, a ação determina a reação e vice-versa.

Fizemos então uma análise das três leis da mecânica de Kant com as três leis de Newton e pelos nossos resultados o nosso quadro II deve ser corrigido, sendo a relação de correspondência das três leis de Kant diretamente com as três leis de Newton refutada em nossos estudos. Observe como fica o quadro corrigido:

### Quadro III

<u>Kant</u>	<u>Newton</u>
Primeira lei da mecânica-----	Não há
Segunda lei da mecânica-----	Primeira lei do movimento
Terceira lei da mecânica-----	Terceira lei do movimento

Que o quadro II não iria se sustentar as nossas críticas, acreditamos que durante a leitura de nossos argumentos, o leitor já paulatinamente ia chegando a essa conclusão. Por outro lado, o quadro III, que é um resumo de nossos resultados, sem dúvida, já se

---

<sup>141</sup> Watkins, E.: Kant’s Justification of Laws of Mechanics, in Kant and the Sciences, E. Watkins (ed.) p.149. New York: Oxford university press, 2001.

apresenta carregado de questionamentos. Qual a necessidade da primeira lei de Kant, uma lei de conservação, uma vez que já não estavam completas as leis de Newton? Por que é necessário a Kant buscar um fundamento para as leis do movimento? Onde foi parar a segunda lei de Newton? Tentemos discutir e elucidar estas perguntas que, de imediato, saltam aos olhos.

O que temos de ter bem claro é que Kant não escreve *Primeiros Princípios*, digamos, de “traz pra frente”, de forma que as três leis do movimento de Newton serviriam de paradigma, e Kant em seu trabalho deveria encontrar resultados que simplesmente confirmassem os axiomas do movimento de Newton. Não é essa a tarefa de Kant.

O capítulo de *Primeiros Princípios* que trabalhamos, a mecânica, trata das relações das matérias umas com as outras, no que diz respeito à mudança do movimento. Para o entendimento de como uma matéria se relaciona com outra, deve Kant compreender a matéria por via das categorias da relação, já que o que seja a matéria em si é para nós impossível. Cada categoria da relação vai-nos revelar um comportamento diferente de interação entre as matérias, como temos três categorias da relação, vai Kant nesse processo encontrar três leis para a mecânica.

Que essas três leis tivessem o caráter de corresponder exatamente as três leis de Newton, inclusive em seqüência, é o que aqui não conseguimos concordar. Kant estava interessado, em primeira instância, em suas lei da mecânica e não nas de Newton. Para Kant, seria até “mais conveniente denominar as três leis da mecânica geral assim: lei da

subsistência, da inércia e da reação das matérias (*lex subsistentiae, inertiae et antagonismi*) em todas as suas modificações.”<sup>142</sup>

E que estas leis se comportem exatamente como as categorias da relação é, por Kant, também aí afirmado quando ele coloca: “Que tais leis e, por conseguinte, todos os teoremas da presente ciência, respondam exatamente às categorias da substância da causalidade e da comunidade, na medida que estes conceitos se aplicam à matéria, não precisa já de ulterior comentário.”<sup>143</sup> Devido a essa correspondência necessária das leis de Kant com as categorias da relação é que temos sua primeira lei, uma lei de conservação, coisa que em Newton não é encontrada.

Uma outra maneira de esclarecer o aparecimento de uma lei de conservação na formulação kantiana é por via da observação de que o pensamento kantiano está enraizado na tradição racionalista da filosofia continental<sup>144</sup>. Uma explicação para tanto pode ser encontrada em Watkins, o qual escreve que “é a tradição racionalista que primeiramente concede formulações precisas de leis de conservação”<sup>145</sup>. Essa tese é confirmada pelos trabalhos de Descartes e Leibniz em suas formulações sobre a lei de conservação da quantidade de movimento.

De fato para Descartes, Deus, ao criar a matéria, deu diferentes movimentos as suas partes e por essa razão deve preservar a matéria nas condições em que a criou, preservando nela a mesma quantidade de movimento. Descartes deduz então que a

---

<sup>142</sup> Kant, I. *Primeiros Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza*: p.102, trad. Artur Morão. Lisboa: edições 70, 1990.

<sup>143</sup> Ibidem 142.

<sup>144</sup> Um excelente relato histórico sobre a influência do racionalismo de Leibniz e Wolff na formulação de Kant de suas leis da mecânica, contendo também uma defesa que Kant teria tentado conciliar o pensamento de Newton com a tradição racionalista, pode ser encontrado em Friedman: *Kant and the Exact Sciences* Harvard University Press 1992 p.1-34.

<sup>145</sup> Watkins, E. *Kant's Justification of Laws of Mechanics*, in *Kant and the Sciences*, E. Watkins (ed.) p.140. New York: Oxford university press, 2001.

quantidade de movimento é o produto da massa pela velocidade do corpo ( $m \times v$ ). Já Leibniz vai discordar de Descartes, defendendo que o que era conservado eram as forças vivas calculadas pelo produto da massa com a velocidade do corpo elevado ao quadrado ( $m \times v^2$ ).

O racionalista, diferentemente do naturalista, está preocupado com leis seguras e fundamentais, com a busca de melhores razões para a explicação dos movimentos, independente de experimentos. Afirmamos que Kant se insere neste pensamento de repúdio, “desprezo e rebaixamento de tudo que é empírico e sensível”<sup>146</sup>, e não poderia se contentar com a “justificativa” newtoniana de estar respaldado por experimentos.

Apesar de Kant não citar esses rationalistas em seu texto, ou mesmo a respeito de suas influências, essa é uma tese que ganha força, abrindo espaço para a proposta defendida por Friedman, que sugere como “norte de leitura” compreender as formulações kantianas como uma conciliação do racionalismo de Leibniz e do pensamento newtoniano. Cito:

“Muito do desenvolvimento filosófico de Kant pode ser entendido, penso eu, como uma contínua tentativa (entendida como uma sucessão de problemas cada vez mais fundamentais) para construir esta, aparentemente paradoxal, reconciliação das idéias newtonianas e Leibnizian-Wolffianas e por meio disso construir uma genuína fundação metafísica da filosofia natural newtoniana.”<sup>147</sup>

---

<sup>146</sup> Bonaccini J. Kant e o Problema da Coisa em Si no Idealismo Alemão: sua atualidade e relevância para compreensão do problema da Filosofia, p.142, Rio de Janeiro: Relume Dumará; Natal,RN: UFRN, Programa de Pós-Graduação em Filosofia, 2003.

<sup>147</sup> Friedman, M. *Kant and the Exact Sciences*: p.4. London: Harvard University Press, 1992.

A tradição continental é a formada por racionalistas como Leibniz, Wolff, Descartes e outros que propunham uma análise da natureza por vias única e exclusivamente racionais, sem qualquer tipo de contato com a experimentação. Isso nos leva a formulações por demais abstratas, como as mônadas, de Leibniz e os vórtices cartesianos.

Newton, por outro lado, herdeiro do empirismo inglês, buscava a segurança de suas idéias na verificação experimental. O que Friedman vai chamar de “conciliação aparentemente paradoxal” é pelo fato de serem muitas as diferenças entre as idéias destes pensadores, que podem ser retratadas, por exemplo, pelo desprezo que tinha Newton às mônadas de Leibniz.

Para Friedman, essa conciliação é necessária e se mostra como verdadeira na formulação da primeira lei da mecânica de Kant, que é uma lei de conservação, conforme a filosofia continental trabalha. Qual o nosso problema quanto ao argumento de Friedman? Seu argumento é essencialmente histórico, querendo abordar as influências racionalistas no pensamento kantiano, que de fato houve, para então poder entender a relação das leis de Kant, enquanto fundamento metafísico das leis de Newton. Sem dúvida, a análise de Friedman é reveladora e o torna um dos maiores especialistas na filosofia da ciência de Kant.

Apesar de tudo, temos aqui dificuldades em defender tal ponto de vista, e o nosso argumento é simples. A primeira lei da mecânica de Kant, assim como todas as outras, responde às categorias da relação, conforme o próprio Kant escreve. A categoria

correspondente a essa lei é a da substância, que em última análise corresponde, na tábua de juízos, aos juízos categóricos.

Como para Kant, podemos dizer que pensar é julgar, e a tábua de juízos por ele apresentada não pode ser modificada, tendo sido em grande parte inspirada na tábua de Aristóteles, se fizermos o caminho inverso, que é da tábua dos juízos até a primeira lei da mecânica de Kant, não teríamos outra lei senão a que Kant nos apresenta, pois a tábua de juízos é imutável, parecendo- nos sua influência maior Aristóteles e não Leibniz. O fato é que não conseguimos compreender como Leibniz possa ter influenciado Kant na construção de suas tábua, o que para nós é a chave para a melhor compreensão de sua formulação das leis da mecânica.

E a respeito da segunda lei de Newton? Até agora não tivemos referência dela em nosso texto. A segunda lei de Newton: “A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é impressa”, também é apresentada nos manuais de física, na forma de que a força resultante é o produto da massa pela aceleração ( $F = m \times a$ ) do corpo<sup>148</sup>. Nas três leis de Kant para a mecânica, essa segunda lei de Newton parece não estar contemplada. Essencial nessa lei é o conceito de aceleração. Comecemos por ele.

Aceleração é uma grandeza física que mede a mudança de velocidade num dado tempo. Kant sustenta que a “possibilidade da aceleração em geral assenta, graças à permanência do seu momento, na lei de inércia”<sup>149</sup>. A partir desse ponto, poderíamos inferir

---

<sup>148</sup> Reveja nosso capítulo sobre o pensamento de Newton na p. 43, onde mostramos a conversão de uma forma para outra a respeito da segunda lei de Newton.

<sup>149</sup> Kant, I. *Primeiros Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza*: p.103, trad. Artur Morão. Lisboa: edições 70, 1990.

que a segunda lei de Newton estaria fundada na análise da inércia de Kant, que é a primeira lei de Kant da mecânica. De que forma fazemos isso?

A lei de inércia, conforme vimos, é fundada no princípio de causalidade, logo para uma mudança de velocidade e a constatação de uma aceleração, faz-se necessária uma causa, e esta causa deve ser exterior. Essa causa é entendida como uma força exterior ao sistema que mudaria sua velocidade, a mudança de velocidade é medida pela aceleração, e esta força exterior calculada pelo produto massa x aceleração, que é comumente como a segunda lei de Newton é mostrada nos manuais de física. A partir do momento em que conseguimos entender a aceleração nesse contexto, podemos fundar a segunda lei de Newton ( $F = m \times a$ ), através da primeira lei de Kant, que trata da inércia.

Uma outra forma de obter esta segunda lei de Newton é derivá-la da terceira lei de Kant, da correspondência entre ação e reação, como faz Friedman. Consideremos dois corpos A e B, onde A é lançado em direção à B, que está em repouso. De acordo com a lei de ação e reação, a força que A exerce em B, que podemos chamar de ação, é idêntica à força que B exerce em A, que chamamos reação.

Portanto, posso construir o seguinte:  $F_{AB} = F_{BA}$ , onde  $F_{AB}$  e  $F_{BA}$  são respectivamente, a força que A faz em B (ação) e a força que B reage em A (reação). A partir do momento que A tira B do repouso, e este (B) muda a velocidade de A, estas mudanças podem ser caracterizadas pelas respectivas acelerações de A e de B.

Lembre-se de que a mudança da velocidade é caracterizada pela aceleração. Como as causas das acelerações são as respectivas forças de ação e reação, fica permitido associar a força com a massa e com a aceleração do corpo, encontrando que  $F = m \times a$ , que é a segunda lei de Newton.

Encontramos algumas dificuldades nessas duas argumentações. Essencialmente, elas se colocam como alternativas de salvar Kant da segunda lei de Newton, e a única forma de fazer isso é conseguir que Kant funde também esta lei. As duas argumentações se colocam fazendo a segunda lei de Newton “aparecer” na segunda (inércia) e na terceira (ação e reação) leis da mecânica de Kant.

Não nos parecem possíveis tais colocações. Quando Kant se refere as suas fundações das leis de Newton, faz de maneira bastante clara em seu texto. Ao se referir à lei de inércia, diz que “só a esta lei devemos chamar lei de inércia”, fazendo isso quando expõe sua segunda lei da mecânica. Quanto à lei de ação e reação, é ainda mais incisivo, dizendo ser uma lei que “Newton não se aventurava em mostrar *a priori*” e por isso buscava refúgio nos experimentos. Por que não foi Kant tão claro quanto a segunda lei de Newton?

Para aceitarmos qualquer uma das duas argumentações, teríamos também de aceitar que a segunda lei de Newton é derivada da primeira ou da terceira lei, do próprio Newton, coisa que nos parece inviável pelo fato de a segunda lei de Newton ser uma lei fundamental, e Kant em momento nenhum dizer que não o seja. Por outro lado, poderíamos dizer que uma única lei da mecânica de Kant fundaria duas leis de Newton, coisa que também, no texto kantiano, não encontramos.

Se através do texto de Kant, pode-se extrair tal fundação da segunda lei, é o que vários estudiosos tentam fazer, o que não concordamos aqui é em dizer que o próprio Kant o tenha feito.

## **CONCLUSÃO**

## Conclusão

Chegando ao final deste trabalho, esperamos ter atingido nosso objetivo de expor didaticamente a filosofia da ciência de Kant como formulada em *Primeiros Princípios*. Apesar de nos limitarmos ao terceiro capítulo do texto, que trata das leis do movimento, as referências sobre a física de Newton, no que diz respeito à filosofia de Kant é algo que sempre intriga os estudiosos, desde os iniciantes até os mais experientes.

A física da época de Kant era paradigma de ciência, as outras ciências ainda não tinham uma evidência grande e eram passíveis de críticas maiores, como por exemplo, as que Kant faz à química, censurando-a por ser baseada em princípios puramente empíricos. Claro que esse caráter modelar da física tornava-a básica para Kant. No entanto, mostramos que não é apenas a física de Newton que Kant se refere em sua *Crítica* quando nos apresenta a sua “Tábua de Princípios”; e sim a todo o conhecimento que queira ter um caráter de certeza sobre os objetos do mundo, ou seja, a toda ciência empírica.

Deixamos claro que a “Tábua dos Princípios” contém os princípios superiores para a orientação de toda a pesquisa científica, do que hoje chamamos de ciência positiva: física, química, biologia, etc. Isso significa que quaisquer enunciados que estas ciências viessem a formular deveriam ter o crivo destes princípios, os quais serviriam como regras para sua formulação. Como todas as leis da natureza derivam das nossas faculdades do entendimento, a única tarefa da ciência passa a ser aplicar esses princípios a casos particulares do fenômeno.

Sendo a ciência a aplicação desses princípios superiores a casos particulares do fenômeno, então a Analítica dos Princípios poderia ser o ponto de partida da fundamentação de ciência e não apenas para a fundamentação da física de Newton como fez Kant. Estando a ciência subordinada a esses princípios, a ciência como um todo, está neles fundada.

Essa empreitada kantiana a caminho da física de Newton foi por nós caracterizada como a passagem de Kant da *CRP* para *Primeiros Princípios*, a qual defendemos ser possível pela análise do conceito de matéria, que tratamos aqui em nosso terceiro capítulo.

Um outro resultado por nós encontrado é o problemático rebatimento feito das analogias da experiência de Kant com as leis do movimento de Newton. Conseguimos refutá-lo através de dois argumentos. O primeiro: que as analogias não se prestam a fundamentar as leis de Newton apenas, e sim toda lei em ciências positivas.

O segundo: que Kant, em *Primeiros Princípios*, não encontra as famosas três leis do movimento de Newton e sim as *susas* três leis da mecânica. Isso mostra não haver qualquer tipo de compromisso, pelo menos necessário, da tarefa kantiana com as leis de Newton, e sim que é através destas *susas* leis que Kant se reporta às leis de Newton.

Encontramos que a “quantidade de movimento”, grandeza física fundamental na resolução de problemas em física newtoniana, é fundada por Kant quando ele mostra a necessidade do conceito de massa estar conjugado com o de velocidade. Vimos também o papel essencial da metafísica e da matemática, constituindo a parte pura da física na idéia de Kant de ciência genuína da natureza.

Quanto às três leis do movimento de Newton, vimos que a primeira lei da mecânica de Kant não fundamenta a primeira lei de Newton, e sim todas as leis de conservação. A

segunda lei da mecânica de Kant fundamenta a primeira lei de Newton, a inércia, com o argumento de que um corpo inerte, sem vida, não pode mudar seu estado de repouso ou movimento. A terceira lei de Newton, também foi possível a Kant fundamentar, através do princípio da comunidade.

Mostramos também as dificuldades em torno da segunda lei de Newton, que não conseguimos admitir que teve, por parte de Kant, um investimento tão grande quanto a primeira e a terceira lei. Na primeira e na terceira leis de Newton, Kant deixa expressamente claro tê-las como fundamentadas. Perguntamo-nos a razão de ele não ter afirmado o mesmo quanto a segunda lei? Se a dedução da segunda lei de Newton pode, por alguma via, ser extraída do texto kantiano, não discutimos isto aqui. Por outro lado, dizer que o próprio Kant fundamentou essa segunda lei é o que refutamos.

Não tivemos a intenção, e nem seríamos capazes, de esgotar o assunto tratado nos limites desta dissertação, senão fazer apenas algumas intervenções nesta temática. De nossos estudos imediatos, vimos as dificuldades de correlação da segunda lei de Newton com a primeira lei da mecânica de Kant, mas é claro que se faz necessário uma investigação mais acurada.

A segunda lei de Newton, de fato, não é encontrada no texto kantiano, mas diante da sua inegável formulação como lei de causalidade, não estaria então ela fundada na causalidade kantiana? Há quem defenda que a segunda lei de Newton é um caso particular de sua primeira lei, não passando da expressão matemática desta; se partirmos deste argumento, não estaria esta segunda lei de Newton fundada na lei de inércia de Kant?

Quanto à primeira lei de Kant, que é uma lei de conservação, será que ela não se destinaria a completar as leis de Newton; já que para o sistema completo da mecânica são

ainda necessários os princípios físicos de conservação da quantidade de movimento e conservação da energia mecânica?

Sobre essas questões, não temos certeza se as formulamos com precisão. Quanto a pelo menos um indício de resposta, deixamos para um outro trabalho.

## BIBLIOGRAFIA PRINCIPAL

ALLISON, H. E.: *El idealismo transcendental de Kant: una interpretación y defensa*. Trad. Dulce Maria Granja Castro. Anthropos, 1992.

BACON: *Aforismos sobre a interpretação da natureza e o reino do homem*, trad. José Reis de Andrade. São Paulo, Coleção Os Pensadores, 2005.

BACON F: *Novo Organum*, trad.José Reis de Andrade. São Paulo: Nova Cultural, Coleção Os Pensadores, 2005.

BONACCINI J: *Kant e o Problema da Coisa em Si no Idealismo Alemão*: sua atualidade e relevância para compreensão do problema da Filosofia Rio de Janeiro: Relume Dumará; Natal, RN: UFRN, Programa de Pós-Graduação em Filosofia, 2003.

BURTT, EDWIN: *As Bases Metafísicas da Ciência da Natureza*. Trad. José Viegas Filho e Orlando Araújo. Brasília: UNB 1991

CARRIER, MARTIN: *Kant's Mechanical Determination of Matter in the Metaphysical Foundations of Natural Science*, p.117-136 editado por: Eric Watkins. Oxford University Press 2001.

CARRIER M.: “*Kant's Relational Theory of Absolute Space*” Kant-Studien 83, 1992, p.399-416.

CASSIRER, E: *Kant, vida y doctrina*, trad. Wenceslao Roces. México: Fondo de cultura económica, 2003.

COHEN E WESTFALL: *Newton Textos Antecedentes e Comentários*. Trad. Vera Ribeiro. Contraponto Rio de Janeiro, 2002

CRAIG, JOHN: *Issac Newton and the Counterfeitors*, p.139, Notes and Records of the Royal Society of London, Vol. 18, 1963.

DESCARTES, RENÉ: *Meditações Metafísicas*, In: Obra Escolhida. Trad.: J. Guinsburg e Bento Prado Júnior, 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

\_\_\_\_\_ : *Discurso do Método*. Trad.: Maria Ermantina Galvão. Martins Fontes São Paulo 2003.

\_\_\_\_\_ : *Princípios da Filosofia*. Trad.: Raul Landim Filho. Editora UFRJ. 2002.

FRIEDMAN, M. *Kant and the Exact Sciences*. London: Harvard University Press, 1992.

\_\_\_\_\_ : "Matter and Motion in the Metaphysical Foundations and the First Critique: The Empirical Concept of Matter and the Categories," in Kant and the Sciences, E. Watkins (ed.), New York: Oxford University Press, 2001 pp. 53-69.

GALILEU: *O Ensaiador*.Trad. Helda Barraco. São Paulo: Nova Cultural, Coleção Os Pensadores, 2005.

GLEISER, M.: *A Dança do Universo*. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

GRAYEFF, F.: "Exposição e interpretação da física teórica de Kant", Trad. Antônio Fidalgo, Lisboa, edições 70.

GUYER, P.: "Organisms and the Unity of Science," in Kant and the Sciences, E. Watkins (ed.), New York: Oxford University Press, 2001 pp. 259-281.

HÖFFE, OTIFRIED: *Immanuel Kant*, trad. Christian Hamm e Valério Rohden, São Paulo: Martins Fontes, 2005.

HUME, DAVID: *Investigaçāo Acerca do Entendimento Humano*. Trad.: Anoar Aiex. Coleção: Os Pensadores Nova Cultural, 2004

KANT, IMMANUEL: *Crítica da Razão Pura*, 5ed, Trad. Manuela Pinto dos Santos e Alexandre Fradique Morujāo. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001.

\_\_\_\_\_. *Prolegómenos a Toda Metafísica Futura Que Queira Apresentar-se Como Ciência*, Trad. Artur Morão. Lisboa: Edições 70, 2003.

\_\_\_\_\_. *Primeiros Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza*, Trad. Artur Morão. Lisboa: Edições 70, 1990.

Kenny, A.: *The Oxford History of Western Philosophy*. New York: Oxford University Press, 2000.

KOYRÉ, ALEXANDRE: *Newtonian Studies*, Cambrige, Mass.:Harvard University Press 1965.

KUHN, THOMAS: *A Estrutura das Revoluções Científicas*. Trad.: Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. São Paulo: Perspectiva, 1975.

LOPARIC, Z.: *A Semântica Transcendental de Kant*, ed. Unicamp, coleção CLE, Campinas, 2002.

NEWTON, I. *The Mathematical Principles of Natural Philosophy and his System of the World*. Los Angeles: University of California Press, 1962.

\_\_\_\_\_: *O Peso e o equilíbrio dos fluidos*, trad.L.J. Baraúna, Nova Cultural, 1987.

\_\_\_\_\_: *Optica*, trad. André Koch Assis. São Paulo: Edusp 2002

\_\_\_\_\_ : *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, 2ed, trad. Trieste Ricci, Leonardo Brunet, Sônia Gehring, Maria Helena Célia. São Paulo: Edusp, 2002

PLASS: “Kant’s Theory of Natural Science”, Dordrecht: Kluwer, 1994.

VOLTAIRE: *Elementos da Filosofia de Newton*, trad. M.G.S. do Nascimento. Campinas: UNICAMP, 1996.

WATKINS, E.: "Kant's Justification of the Laws of Mechanics," in Kant and the Sciences, E. Watkins (ed.), New York: Oxford University Press, 2001 pp. 259-281.

WESTFALL, RICHARD S.: *Never at rest: a biography of Isaac Newton*. Cambridge University Press, Cambridge, 1980.

WHITE, MICHAEL: *Isaac Newton o Último Feiticeiro*, trad. Maria Beatriz Medina. São Paulo: Record, 2000.

WHITESIDE: *Newton the mathematician*, contemporary Newtonian Research, Dordrecht, Reidel, 1982, p.110-116.

WITTGENSTEIN, LUDWIG: *Tractatus Logico-Philosophicus*. Trad. Luiz Henrique Lopes dos Santos. Edusp, São Paulo, 2001.

## BIBLIOGRAFIA SUGERIDA

ALLISON, H. E. *Transcendental Idealism and Descriptive Metaphysics*. In: Kant-Studien 60 (1969), p.216-33.

BECK, L. W. *Die Zweite Analogie und das Prinzip der Unbestimmtheit*. In: Prauss, G. (Ed.). Kant. Köln, 1973,p.167-74

BRAGA, R.: *Percepção Originaria de Kant na Física do Século XX*, UNB, 2001

BRITTAN, JR., G.G. : *Kant's Theory of Science*. Princeton: University Press, 1978

BUTTS, R.: "The Methodological Structure of Kant's Metaphysics of Science", in Kant's Philosophy of Physical Science, R. Butts (ed.), Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1986 pp. 163-199. .

BUCHDAHL, G.: "Gravity and Intelligibility: Newton to Kant", in The Methodological Heritage of Newton, R. Butts & J. Davis (eds.), Toronto: University of Toronto Press, 1968 pp. 74-102.

\_\_\_\_\_ : "Kant's 'Special Metaphysics' and The Metaphysical Foundations of Natural Science," in Kant's Philosophy of Physical Science, R. Butts (ed.), Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1986 pp. 127-161.

EDWARDS, J.: *Substance, Force, and the Possibility of Knowledge*: On Kant's Philosophy of Material Nature, Berkeley: University of California Press 2000

DUNCAN, H.: "Inertia, the Communication of Motion, and Kant's Third Law of Mechanics," *Philosophy of Science*, 51: 93-119.1984

FRIEDMAN, M.: "Kant on Laws of Nature and the Foundations of Newtonian Science," in Proceedings of the Sixth International Kant Congress, G. Funke and T. Seebohm (eds.), Washington: University Press of America, 1989 Vol. II/2, pp. 97-107.

\_\_\_\_\_ : "Kant and Newton: Why Gravity is Essential to Matter," in Philosophical Perspectives on Newtonian Science, P. Bricker and R.I.G. Hughes (eds.), Cambridge: 1990 pp. 185-202.

GLOY, K.: *Die Kantische Theorie der Naturwissenschaft. Eine Strukturanalyse ihrer Möglichkeit, ihres Umfangs und ihrer Grenzen*, Berlin: de Gruyter. 1976

HEIDEGGER, M.: *Die Frage nach dem Ding*. Zu Kants Lehre von den transzentalen Grundsätzen Tübingen, 1975

HOPPE, H.: *Kants Theorie der Physik*. Eine Untersuchung über das Opus postumum von Kant, Frankfurt: Klostermann. 1969

MELNICK, A.: *Kant's Analogies of Experience*. Chicago/ London: University of Chicago Press, 1973

MEYER, M.: *Science et Metaphysique Chez Kant*, PUF, 2002

PLAASS, P.: *Kants Theorie der Naturwissenschaft. Eine Untersuchung zur Vorrede von Kants 'Metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft'*, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht. 1965

VUILLEMIN, JULES: *Physique et Méthaphysique Kantiennes*, Paris, PUF, 1987

WALKER, R.C.S.: "The Status of Kant's Theory of Matter", in Kant's Theory of Knowledge, L.W. Beck (ed.), Dordrecht: Reidel, 1974 pp. 151-156.

WATKINS, E.: "The Laws of Motion from Newton to Kant," Perspectives on Science, 5: 311-348. 1997

\_\_\_\_\_: "The Argumentative Structure of Kant's Metaphysical Foundations of Natural Science," Journal of the History of Philosophy, 36: 567-593. 1998

WESTPHAL, K.: "Does Kant's *Metaphysical Foundations of Natural Science* fill a gap in the *Critique of Pure Reason*?" *Synthese*, 103:43-86. 1995