FÍSICA CARTESIANA E *MATHESIS UNIVERSALIS*

Emir Bosnic

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do titulo de Doutor em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia.

Orientadores: Profª Tatiana Roque
Prof. Antonio Augusto Passos Videira

Rio de Janeiro
Março de 2009

À minha mãe

FÍSICA CARTESIANA E *MATHESIS UNIVERSALIS*

Emir Bosnic

Orientadores: Prof[a] Tatiana Roque
Prof. Antonio Augusto Passos Videira

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro– UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do titulo de Doutor em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia.

Aprovada por:

____
Presidente, Prof[a] Tatiana Roque

____
Prof. Antonio Augusto Passos Videira

____
Prof. Luiz Pinguelli Rosa

____
Prof. Gerard Grimberg

____
Prof[a] Penha Maria Cardozo Dias

Rio de Janeiro
Março de 2009

Bosnic, Emir.
Física cartesiana e *mathesis universalis*/ Emir Bosnic. – Rio de Janeiro: UFRJ,2009.
xi, 240f.: Il.: 31.
Orientadores: Tatiana Roque, Antonio Videira
Tese (doutorado) – UFRJ/Programa de Pós-graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, 2009.
Referências Bibliográficas: f. 226-240.
1. Nova física. 2. *Mathesis universalis*. 3. Uso da geometria. 4. *Ingenium*. 5. Operacionalização da *mathsis universalis*. I. Roque, Tatiana; Videira, Antonio Augusto Passos. II.Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia. III. Titulo

RESUMO

FISICA CARTESIANA E *MATHESIS UNIVERSALIS*

Emir Bosnic

Orientadores:
Prof[a] Tatiana Roque
Prof. Antonio Augusto Passos Videira

Resumo da Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do titulo de Doutor em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia.

O estudo proporciona o esclarecimento da relação entre a física de Descartes e a *mathesis universalis*. Inicia-se com a idéia de Descartes de usar a matemática na física, considerada nas discussões com Beeckman no fim de 1618 em Breda. Trata-se da idéia da nova física capaz de explicar a natureza por meio da matemática. Ela foi especificada ao longo dos anos 1620 até chegar ao início da redação de *O Mundo* em 1629. O estudo focaliza este período em que foi especificada a idéia da nova física para ser apresentada no *Mundo*. O cerne desta especificação concerne à determinação do objeto da física em termos de quantidade e proporção.

Desde que tal determinação compreende o uso da geometria na física, surge o problema de explicar como é possível usar os conceitos geométricos na investigação da natureza. À busca da solução do problema do uso da geometria na física, Descartes chegou à idéia da *mathesis universalis* em meados de 1619. É um fato a partir do qual é formulada a tese principal do estudo: a idéia da *mathesis universalis* surgiu em função da solução do problema do uso da geometria na física, a sua operacionalização fica envolvida na formulação matemática do fenômeno investigado e diz respeito ao método, à união da ciência e à analogia.

Palavras-chave: física, geometria, *mathesis univrsalis*, *ingenium*, operacionalização.

Rio de Janeiro
Março de 2009

RÉSUMÉ

PHYSIQUE CARTÉSIENNE ET *MATHESIS UNIVERSALIS*

Emir Bosnic

Orienteurs:
Professora Tatiana Roque
Professor Antonio Augusto PassosVideira

Résumé de La Thèse de Doctorat soumise au Programme dês Études Supérieures de 3e Cycle em Histoire des Sciences et des Techniques et Épistémologie, de l'Université Fédérale de Rio de Janeiro – UFRJ, comme partie integrante des conditions nécessaires à l'obtention du titre de Docteur em Histoire des Sciences et des Techniques et Épistémologie.

L'étude permet l'éclaircissement de la relation entre la physique de Descartes et la *mathesis universalis*. Ce travail trouve son origine avec l'idée de Descartes d'utiliser lês mathématiques dans la physique, considérée dans les discussions avec Beeckman à la fin de l'année 1618, à Breda. Il s'agit de l'idée de la nouvelle physique capable d'expliquer la nature par l'intermédiaire dês mathématiques. Elle a été spécifiée le long des années 1620 jusqu'au début de la rédaction de *Le Monde*, en 1629. Donc, l'étude met em relief cette période où il a été spécifié l'idée de la nouvelle physique. Le point central de cette spécification est celui de la détermination de l'objet de la physique em termes de quantité et de proportion.

Étant donné que telle détermination comprend l'utilisation de la géométrie dans la physique, il apparaît le problème d'expliquer comment on peut user les concepts géométriques dans l'investigation de la nature. Em quête de la solution du problème de l'utilisation de la géométrie dans la physique, Descartes a eu l'idée de la *mathesis universalis* à mi-1619. C'est um fait à partir duquel il est formule la thèse principale de l'étude: l'idée de la *mathesis universalis* a apparu em fonction de la solution du problème de l'utilisation de la géométrie dans la physisque; son operacionalisation appartient à la formulation mathématiques du phénomène recherché et se rapporte à la méthode, à l'union de la science et à l'analogie.

Mots-clés: physique, géométrie, *mathesis universalis*, *ingenium*, accomplissement.

Rio de Janeiro
En Mars 2009

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO

Na regra XII das *Regulae*[1], afirma-se que cada coisa do mundo externo "deveria aparecer nos sentidos externos" (417:3), para o homem tomar conhecimento dela. Os sentidos fornecem informações a partir das quais o sujeito investigador pode alcançar "um conhecimento certo e indubitável" (362:4) sobre coisas observadas. Ele chegará ao conhecimento matemático de "cada coisa sensível" (413:8), processando estas informações com base no uso da geometria. Precisamente, os conceitos da geometria são aplicados às coisas submetidas à investigação. Assim, o sujeito inquiridor se torna capaz de reconhecer e explicar quantidades geométricas, como "a linha, a superfície e os corpos" (448:24), em "cada coisa sensível", quer dizer, as quantidades mensuráveis e relacionáveis na forma de proporções apresentáveis pelas figuras geométricas e exprimíveis por meio de equações

[1] Na situação atual, parece conveniente lembrar-se de algumas informações sobre *Regulae ad directionem ingenii.* Em primeiro lugar, trata-se da informação sobre a datação deste manuscrito. Nós adotamos a datação estabelecida por Weber (1964) no famoso livro *La constitution du texte des Regulae.* Conforme Weber, As *Regulae* foram redigidas entre 1619-1620 e 1626-1628. Mas, o texto foi publicado somente após a morte de Descartes em Estocolmo no ano de 1650.
Em 14 de fevereiro de 1650, três dias depois da morte de Descartes, foi feito um inventário dos seus textos, composto de 23 partes marcadas pelas letras do alfabeto, A à Z, conhecido como o Inventário de Estocolmo. Entre textos incluídos no Inventário, foram As *Regulae,* designadas com a letra F. Vale pena mencionar que os manuscritos mais antigos de Descartes foram juntados e indicados pela letra C (GOUHIER, 1958, p. 11). Trata-se "de um pequeno registro em pergaminho" que Descartes começou a usar de primeiro de janeiro de 1619. No interior da capa ele anotou: *Anno* 1619 *Kalendis Januarii*.
Hector-Pierre Chanut, embaixador francês, na Suécia, e amigo de Descarte, acolheu o Inventário. Chanut teve a intenção de publicar os textos incluídos nele. Neste sentido, ele passou o Inventário para o seu cunhado Claude Clerselier. O cunhado de Chanut publicou três volumes de cartas de Descartes (1657, 1659 e 1667), e mais um volume sob o título de *L'homme de René Descartes* (1664). A edição de Chanut não incluiu As *Regulae*.
Quanto às *Regulae,* mencionamos as publicações mais importantes, a partir da edição realizada na Holanda em 1684 e preparada por Jan Rieuwertsz, conhecido por publicar *Alle de Werken van Reantus Dess Cartes* (*As obras completas de René Descartes*). É uma tradução holandesa do texto escrito em latim, feita por Glazemaker, que ficou conhecido como o tradutor das obras de Descartes e Espinosa. Outra edição, também na Holanda, em latim, surgiu em 1701. É conhecida como a edição de Amsterdam. Ela serviu como referência das edições realizadas no futuro.
Em meados do século XIX, Foucher de Careil descobriu em Hanover uma copia das *Regulae* feita por Leibniz. É conhecida como cópia de Hanover. Mas, Careil não incluiu As *Regulae* na sua edição dos textos inéditos de Descartes, publicada em Hanover em 1859-60.
Em 1908, na edição das obras de Descartes, Adam e Tannery incluíram as *Regulae* no volume X (p. 359-488). Trata-se de uma edição critica em latim, preparada com base na publicação de Amsterdam.
Em 1966, Giovani Crapulli publicou a edição critica das *Regulae,* acompanhada com a tradução holandesa.
A tradução francesa das *Regulae,* feita por Jean-Luc Marion, e acompanhada das notas matemáticas fornecidas por Pierre Costabe, foi publicada 1971. Na nossa investigação usamos a edição de Jean-Luc Marion e Pierre Costabel. No caso da consideração da problemática abordada nos capítulos III e IV, recorremos às anotações de Giovani Crapuulli incluídas na sua edição das *Regulae*.

algébricas. Em outras palavras, o uso da geometria faz possível a explicação matemática da natureza.

Contudo, a geometria existe no pensamento humano, ao passo que a natureza tem a existência independente e fora do sujeito empenhado em conhecê-la. Para Descartes, tratava-se de diferenciar o pensamento humano e as coisas existentes no mundo externo. Ou, é preciso distinguir a geometria e a natureza. Há uma diferença, uma lacuna, aprendida por Descartes ainda no colégio La Flèche pelo estudo da filosofia de Aristóteles e dos escolásticos. Ao contrário de Aristóteles que concluiu, a partir desta diferença definida em termos da incompatibilidade dos gêneros, a impossibilidade de combinar a matemática e a física (*Física*, II, 2), Descartes acreditou que seria possível usar a geometria na investigação da natureza. Ele rejeitou a conclusão de Aristóteles sobre a física como uma ciência essencialmente não-matemática (KOYRÉ, 1943, p. 413). Passou a buscar uma nova física capaz de explicar matematicamente a natureza. Nesta busca, Descartes enfrentou o problema de explicar como seria possível empregar algo pertinente ao pensamento, quer dizer a geometria, na investigação da natureza existente fora e independentemente do homem. É o problema do uso da geometria na física.

Este problema ficou ligado à questão da determinação do objeto da nova física. Ainda no fim de 1618, Descartes definiu o objeto citado em termos de quantidade (geométrica) e suas proporções, a saber, em termos de geometria. Com isto, tal determinação pressupõe a solução do problema do uso geometria na física. Portanto, Descartes pensou em solucioná-lo. Na busca da sua solução, ele chegou à idéia da *mathesis universalis* em meados de 1619, (WEBER, 1964, p. 4). Trata-se da idéia de uma ciência cujos princípios devem ser capazes de assegurar e explicar o uso da geometria na investigação da natureza. Apontamos para esta idéia no sentido de destacar a sua ligação estrita com o problema do uso da geometria na física. Tal ligação se torna visível pelo fato de que o sujeito investigador usa a geometria para reconhecer e explicar quantidades geométricas (linhas, superfícies e corpos) e suas características (tamanho, forma e movimento), envolvidas nos fenômenos naturais. Em outras palavras, o sujeito usa a geometria para que possa determinar o objeto da investigação física como um objeto explicável por meio da matemática.

Nota-se que a *mathesis universalis* se envolve na determinação do objeto da nova física; mais precisamente, fica ligada ao problema do uso da geometria na investigação da natureza (incluído na determinação em questão). Neste objeto, estabelece-se a ligação entre a física e a *mathesis universalis* com a finalidade de determinar e explicar o mesmo objeto em termos de matemática. Então, parece necessário perguntar: como Descartes entendeu a relação que liga a nova física e a *mathesis universalis*? A nossa intenção é responder. Daí chega-se a conhecer o tema central deste estudo: a relação entre a física cartesiana e a *mathesis universalis*.

Depois de escolhido o tema, é conveniente esclarecer como o mesmo será abordado. Neste sentido, vamos formular a principal tese deste estudo: a idéia da *mathesis universallis* fica ligada à solução do problema do uso da geometria na física, e a sua realização (a operacionalização da *mathesis universalis*) envolve a problemática referente ao método, à união da ciência e à analogia. Ela será acompanhada pela seguinte tese auxiliar: o objeto matematicamente determinável e explicável é o ponto central da relação entre a nova física e a *mathesis universalis,* e partir dele tem de iniciar a relação mesma.

As teses instituídas apontam que a investigação desta relação tem de enfocar a idéia da *mathesis universalis,* surgida e formulada em função da solução do problema do uso da geometria na física, e a operacionalização da mesma idéia no processo da cognição da natureza. Como o problema citado fica envolvido na questão da determinação do objeto da nova física, segue-se que investigação deve começar com a mesma questão e prosseguir na direção do esclarecimento do surgimento e da operacionalização da idéia da *mathesis universalis*. Esta é estratégia adotada na nossa investigação. A nosso ver, tal estratégia faz possível desvendar como Descartes entendeu a relação entre a física matemática e a *mathesis universalis*.

A estratégia adotada apresenta-se um fator que delimita o rumo e o escopo da investigação do tema. A saber, graças a ela, a investigação fica no rumo da problemática chave da relação mencionada, sem estar presa por questões incapazes de assegurar o entendimento do tema investigado. Falando da delimitação da investigação, temos de apontar mais um fator importante. Ele concerne à época a ser considerada. É o período entre o fim de 1618, quando Descartes discutiu com Beeckman a idéia da nova física, e o ano 1630[2], em que ele trabalhava na redação do *Mundo*, contando com a teoria das

---

[2] Como a investigação visa a este período, temos de destacar o fato de que se trata de uma ocasião da vida de Descartes, sobre a qual não existem informações completas e confiáveis. Tal fato gera a questão de assegurar a credibilidade da consideração sobre o período mencionado. Cremos que esta questão fica aberta, na medida em que as informações disponíveis podem ser vistas como compreensíveis e confiáveis. Assim sendo, indicamos o limite imposto pelas informações disponíveis sobre a época estendida do fim de 1618 até 1630.
Quanto à esta época da vida de Descartes, vamos nos apoiar no estudo de Henri Gouhier *Les premières*

verdades eternas, ligada à virada metafísica. Neste período, Descartes se empenhou na elaboração da concepção da nova física, inclusive a idéia de um sistema do conhecimento sobre a natureza e a idéia sobre a fundamentação metafísica da física. Em 1629, ele deu inicio à redação do *Mundo*, de um texto escrito para mostrar como seria possível construir a ciência matemática sobre a natureza. Desde então o *Mundo* pretende demonstrar isto, a *mathesis universalis* fica presente por trás da sua exposição do novo mundo e da nova física. Portanto, a investigação visa à época entre 1618 e 1630.

Nesta época, Descartes elaborou a concepção da nova física, cujas idéias não foram abandonadas após 1630. Falamos das idéias fundamentais, até mesmo a idéia da *mathesis universalis*. Vamos listá-las para serem apontadas antes de considerá-las ao longo do estudo. As idéias são: (1) o espírito humano produz a ciência como o "conhecimento certo e indubitável" (362:4), inclusive a física, por atuar na forma da razão independente dos sentidos. Porem, a razão precisa da ajuda deles e da imaginação para poder ter acesso às coisas do mundo externo; (2) a física pressupõe a identificação entre a natureza e a quantidade geométrica vista como a extensão distinguida por tamanho, forma e movimento. Desde que a extensão seja divisível em corpúsculos interligados na forma de produzir os fenômenos naturais, entendidos como se fossem máquinas, a explicação física é, não somente geométrica, mas, também mecanicista; (3) o físico usa a geometria para reconhecer e explorar quantidades e características geométricas envolvidas nos fenômenos naturais. Com isto, ele enfrenta o problema do uso da geometria na física, cuja solução vem da idéia da *mahesis universalis*; (4) a física deve ser edificada como um sistema do conhecimento sobre a natureza. Visa-se à construção de uma física geral, capaz de explicar a natureza como um todo e todas as singularidades dos fenômenos naturais, atualmente existentes; (5) a nova ciência matemática sobre a natureza tem de ser fundada na metafísica.

Estas idéias foram estabelecidas e especificadas por Descartes entre o fim de 1618 e 1630. Quanto as idéias (1), (2) e (3), elas foram elaboradas na forma "mais ou menos definitiva" (SMITH, 1952) entre 1618-28. Acerca de (4) e (5), sabemos que Descartes

---

pensées de Descartes (*Os primeiros pensamentos de Descartes*)", no livro de Sirven *Les années d'apprentissage de Descartese* (*Os anos da aprendizagem de Descartes*) e nos textos, cartas e anotações de Descartes, publicados na edição de Adam e Tannery. É claro que isto não significa que não sejam usados outros textos que tratam o referido período. Como o livro de Pierre Costabel *Démarches originales de Descartes savant,* que contém os artigos sobre os tópicos matemáticos e da física considerados por Descartes entre 1618 e 1629.

tomou parte destas idéias no período entre 1628 e 1630. É preciso ter em mente tal demarcação, pelo fato de que, até 1628-30, Descartes não considerou questões metafísicas.

Aquilo que tem a importância decisiva para a nossa investigação é que estas idéias figuram como a chave do entendimento da problemática da relação em questão. Por isto foram apontadas antes de mencionar esta problemática. Agora vamos salientar as principais questões implicadas na problemática mesma. Primeiro, é a questão da determinação do objeto da nova física, concentrada no objeto geométrico em si e na dependência do mesmo objeto em relação ao espírito humano (o *ingneium* com suas faculdades cognitivas empregadas no processo da cognição da natureza). Quer dizer, a determinação do objeto da nova física foi considerada por Descartes em torno de dois tópicos: o objeto geométrico em si e o *ingenium*. Ou, esta determinação se compõe de duas partes, uma referente à definição do objeto como geométrico em si e a outra à dependência do mesmo objeto em relação ao *ingenium*. Ele pensou assim ainda na *Phyisico-mathematica*[3]. Segundo, como a determinação do objeto da física pressupõe a aplicação dos conceitos geométricos à natureza, surgiu o problema do uso da geometria na investigação física. Descartes foi consciente este problema no fim de 1618, no começo da busca pela física matemática. Em meados de 1619, ele chegou à idéia da *mathesis universalis*, apresentada na regra IV-B das *Regulae* e entendida como a solução do problema mencionado. Terceiro, Descartes pensou da realização desta idéia; ele pretendeu a operacionalizá-la através do processo da cognição da natureza (precisamente, da formulação matemática do problema investigado). Sabendo isto, temos de falar da operacionalização[4] da *mathesis universalis*. As questões enumeradas, que fazem o cerne da problemática da relação entre a física cartesiana e a *mathesis universlis*, serão considerados ao longo deste estudo.

A partir delas, delimitamos a exposição da própria problemática. A exposição será

---

3 O manuscrito é provavelmente redigido entre 23 de novembro e 26 de dezembro, de 1618 (AT, X, p. 67). É composto de duas partes: a primeira parte trata o paradoxo hidrostático, e a segunda inclui o problema da queda livre. Como o manuscrito foi redigido em 1618, apresenta-se como uma fonte importante das informações sobre as idéias e os problemas considerados por Descartes no começo da sua jornada cientifica.

4 Vamos usar o termo 'operacionalização' para denotar a realização da idéia da *mathesis universalis* no processo da aquisição do conhecimento sobre a natureza. A justificativa disso vem do fato de que Descartes tinha a intenção de colocar em operação a idéia da *mathesis universalis.* Isto é, ele pretendia envolver a *mathesis universalis* no processo da cognição para operacionalizá-la no sentido de assegurar e explicar o uso geometria na investigação física. Como Descartees pensou da operacionalização da *mathesis universalis*, veremos no capitulo IV.

Neste sentido, 'operacionalização' indica que a *mathesis universalis* se torna operativa por assegurar e clarificar o uso da geometria na física.

realizada em quatro capítulos, seguindo a ordem da enumeração das mesmas questões. contando com o fato de que Descartes viu o objeto da nova física em dois aspectos: como geométrico em si e como dependente do sujeito investigador. É importante mencionar que tal ordem da exposição se impõe pela ordem do desenvolvimento da concepção da nova física, entre o fim de 1618 e 1630, a partir da idéia de usar a geometria na física até o inicio da redação do *Mundo*. A exposição se baseia nos termos usados por próprio Descartes. Com base deles, a intenção é entender e saber o que ele pretendeu dizer sobre a relação entre a física e a *mathesis universalis*. Para realizar tal intenção, a investigação se apóia na leitura dos textos e das cartas de Descartes. Em primeiro lugar, são textos e cartas escritos até o ano 1630. Isto não significa que os outros textos e cartas de Descartes, redigidos após 1630, ficam dispensados. O seu uso parece justificável por haver a continuidade no desenvolvimento de temas e teses discutidos por Descartes (ALANEN, 2003), ao longo da sua jornada filosófica e cientifica.

Mas, para entender o que Descartes quis dizer nos seus textos e cartas, deve-se considerar o contexto intelectual que teve a influência sobre as idéias dele. Tal contexto inclui as doutrinas da maior importância para a formulação das idéias de Descartes, como a concepção aristotélico-escolástica da física, o atomismo, o cepticismo e as tendências encontradas por Descartes nos círculos parisienses entre 1626-28, em primeiro lugar no circulo ligado ao seu amigo Marin Mersenne. A este contexto, deve ser juntada a geometria, cujo estudo teve a influência essencial na formulação da idéia da nova física e da *mathesis universalis*. Por conseqüente, parece obrigatório considerar o contexto mencionado e as questões da geometria mais importantes para a física e a *mathesis universalis*.

Diante daquilo que foi dito até agora, chega-se a indicar o conteúdo dos capítulos do nosso estudo. São quatro capítulos. Primeiro capítulo (**A nova física**) trata a determinação do objeto da nova física em termos de quantidade e proporção. Isto significa saber em que consiste a idéia da nova física e o que significa especificar o objeto da investigação em termos de quantidade e proporção. A investigação da definição da quantidade e proporção permite a conhecer a problemática e os conceitos capazes de mostrar o que significa definir o objeto da física como matemático em si. Quer dizer, ela oferece a entender o sentido da tese de Descartes estabelecida na regra XIV das *Regulae*: a natureza = a quantidade = a extensão. Para completar o entendimento da idéia cartesiana da física, serão considerados os conceitos básicos da concepção escolástico-aristotélica da física, e as questões referentes à geometria, importantes para a física e a *mathesis universalis*.

O objeto da física depende do sujeito investigador. Trata-se da dependência manifestada através do uso da geometria na investigação física. Este uso é visto como um ato do sujeito investigador, um ato do *ingenium.* Um ato executado pelo funcionamento das faculdades cognitivas do *ingenium* (os sentidos, a imaginação, a memória e a razão) quando investigar a natureza. O ponto central de tal funcionamento se refere à relação imaginação-razão. É a relação graças a qual o *ingenium* pode alcançar "um conhecimento certo e indubitável" sobre os fenômenos naturais, mas, em que surge também o problema do uso da geometria na física. O *ingenium* atua na forma da intuição e dedução, e utiliza o método da análise para alcançar o conhecimento das coisas existentes. O capítulo 2 (***O ingenium***) visa a tal atuação e ao método para mostrar como o objeto da física depende do *ingenium*. Também, o capítulo considera a concepção do *ingenium*, vista como decisiva para o entendimento da idéia da nova física e da filosofia de Descartes (SEPPER, 1996).

Depois de ver como o *ingenium* funciona e indicar o problema do uso da geometria na física, é necessário esclarecer o surgimento, as características e a especificação do problema mesmo. Tal esclarecimento fica elaborado no terceiro capitulo (**O problema do uso da geometria na física e a *mathesis universalis***). Como a solução do problema citado diz respeito à idéia da *mathesis universalis*, o capitulo três inclui até a consideração do surgimento e da definição da *mathesis universalis*. O foco deste capitulo está no esclarecimento do problema do uso da geometria na física, e no surgimento da *mathesis universalis*. Assim, esperamos comprovar a nossa tese de que esta ciência ficou ligada à questão da determinação do objeto da nova física, quer dizer, foi concebida em função da solução do problema do uso da geometria na física. Na consideração, será apresentada a definição da *mathesis universalis*, oferecida por Descartes na regra IV-B das *Regulae*.

O ultimo capítulo (**Da operacionalização da *mathesis universalis* ao *Mundo***), trata a operacionalização da *mathesis universalis*. A intenção é mostrar como Descartes pensou da realização da idéia da *mathesis universalis* no sentido de torná-la operacional no processo da cognição, mais precisamente, no processo da formulação do problema investigado em termos de geometria (a figuração). São discutidos os aspectos da operacionalização ligados ao método, à união da ciência e à analogia. O capítulo termina com a consideração do *Mundo,* visto como a aplicação da idéia da nova física, desenvolvida entre 1618 e 1630, com base na operacionalização da *mathesis universalis*.

Terminamos esta introdução com as anotações sobre alguns aspectos importantes deste estudo. Em primeiro lugar, é a questão do uso dos textos de Descartes. Empregamos a edição de Adam e Tenerry das obras de Descartes: *Oeuvres completes,* e a tradução de Jean-Luc Marion das *Regulae* (1977). Quanto às referências, elas são feitas de acordo com a paginação encontrada nas *Oeuvres* e *Regulae* traduzidas por Marion. No caso das *Oeuvres*, as citações são indicadas a seguir: AT, volume, página, número de linha (por exemplo, AT, X, p. 68:10-12). Quanto às *Regulae*, apontamos as citações conforme o numero de parágrafos e linhas (por exemplo, 423:5-10).

Segundo, usamos o adjetivo 'cartesiano' para caracterizar as idéias e o trabalho de Descartes. É usado no sentido de significar 'de Descartes'.

Finalmente, todas as traduções são do autor deste estudo.

CAPÍTULO 1 - A NOVA FÍSICA

No fim do ano 1618, Descartes começou a buscar a física capaz de explicar os fenômenos naturais por meio da matemática. Como já foi dito na Introdução, ele iniciou a sua busca pela idéia de usar a geometria na investigação da natureza. Esta idéia foi concretizada na forma da exigência de determinar o objeto da nova física em termos de quantidade e proporção[5]. Em novembro de 1619, esta exigência foi especificada na regra II das *Regulae*. Ali, Descartes aponta que "é necessário se ocupar apenas com objetos sobre quais nossos espíritos podem adquirir um conhecimento certo e indubitável" (362:3-4). Para poder construir a ciência, estes objetos são "que nos exigimos" (365:21). Descartes finaliza a mesma regra, dizendo que o objeto da investigação cientifica tem de "ter uma certeza igual àquela das demonstrações da Aritmética e da Geometria" (366:7-8).

Descartes insistiu na exigência mencionada desde o objeto assim determinado possibilita a investigação concentrada às relações quantitativas envolvidas nos fenômenos observados. Estas relações são vistas como as proporções numéricas apresentáveis pelas figuras geométricas e exprimíveis por meio de equações algébricas. Graças a elas, o objeto da física se torna explicável por meio da matemática. Por enquanto, o que significa definir este objeto como algo distinguido pela quantidade e proporção? Ainda no fim de 1618, Descartes tinha a resposta: tal determinação compreende a identificação da natureza com a quantidade geométrica (e suas proporções), e o uso dos conceitos de geometria na física. A resposta visa ao objeto da física determinado como: (1) geométrico em si e (2) dependente do sujeito inquiridor capaz de usar a geometria para associá-la, como assinalou Kvasz (2008), à natureza.

(1) A identificação mencionada nos informa que a natureza, existente

---

[5] Mencionamos que tal determinação do objeto da física atende à idéia da matemática, adotada por Descartes até na *Physico-mathematica* (final de 1618). Ali, Descartes alegou que quantidades e suas proporções seriam o objeto da investigação matemática. Trata-se da idéia da matemática vista como a ciência concentrada nas proporções envolvidas no problema investigado. Neste sentido, Descartes forneçeu a definição da matemática na regra VI das *Regulae* (o novembro de 1619). Segundo a ela, as proporções entre quantidades são "aquilo que constitui o essencial da ciência puramente matemática" (385:2-4). Então, a idéia da matemática visa à ciência concentrada a quantidades e suas proporções, reconhecíveis em qualquer problema investigado, seja matemático, ou seja físico; é o objeto da investigação matemática, o objeto exprimível pelas figuras geométricas e por meio de equações algébricas.
Descartes achou que todas as coisas envolvidas com quantidades pudessem ter a explicação matemática. O mesmo vale para os fenômenos naturais. Portanto, se aspirar à edificar a física matemática, o seu objeto tem de ser determinado em termos de quantidade e proporção.

independentemente do sujeito investigador, é geométrica em si. Isto significa que os fenômenos naturais podem ser reduzidos às quantidades geométricas envolvidas neles: a linha, a superfície e o corpo. Estas quantidades têm características geométricas, quer dizer, tamanho, figura e movimento geometricamente determinado, (sobre o movimento assim definido, ver a discussão sobre a queda livre, neste capítulo). Investigando a natureza geométrica em si, a física conta somente com as características geométricas reconhecíveis nos fenômenos naturais. A ciência matemática sobre a natureza não tem nada a ver com as características não geométricas dos fenômenos naturais, como o frio, o calor, o cheiro, a cor, o odor, etc.[6] No mundo da física encontram-se apenas as características geométricas (forma, tamanho e movimento) das coisas existentes e as leis do movimento. Os fenômenos naturais são configurações da matéria em movimento, regulado pelas leis da natureza. Este é o sentido da identificação da natureza com a quantidade e proporção. Ou, o sentido da determinação da natureza como geométrica si.

(2) Olhando para o sujeito investigador, Descartes insistiu que o físico deveria usar os conceitos de geometria para reconhecer na natureza as quantidades, como linhas, superfícies e corpos, e "captar" as características geométricas envolvidas nos fenômenos investigados. O uso da geometria admite isolar e reconhecer os aspectos da natureza que podem ser tratados e explicados por meio da matemática. Esta é única via disposta quando o físico buscar o conhecimento matemático da natureza. Isto significa que o objeto da física permanece dependente em relação ao sujeito investigador e às suas faculdades cognitivas. Para Descartes, os fenômenos naturais têm até de ser considerados em termos do processo cognitivo. Deste modo, o objeto da investigação fica mesmo determinado em relação ao sujeito e às suas faculdades cognitivas, engajadas no processo da aquisição do conhecimento sobre a natureza, onde o uso da geometria apresenta-se o esqueleto do mesmo processo. O objeto depende do sujeito investigador e da sua capacidade de conhecer o mundo externo. Tal dependência se torna visível pelo uso da geometria na investigação da natureza, em que os conceitos geométricos possibilitam a transformação do problema físico em problema tratável e explicável por meio da matemática. Quer dizer, o uso da geometria possibilita a formulação matemática dos fenômenos investigados. Trata-se da formulação exercida pelo sujeito investigador e baseada no uso da geometria na

---

[6] Descartes não negou tais características ligadas aos fenômenos observados. Elas fazem parte da experiência sensorial de qualquer pessoa, inclusive o físico. Mas, para construir a ciência matemática sobre a natureza, o físico conta somente com quantidades e características geométricas envolvidas nos fenômenos naturais.

investigação da natureza. Esse é o sentido da dependência do objeto da física matemática do sujeito investigador.

Assinalamos que esta dependência se resume ao uso da geometria na física. Paramos por aqui para apontar o fato de que a geometria compreende o objeto ideal existente somente no pensamento, entretanto os fenômenos naturais existem realmente no mundo externo. A partir daí se percebe a lacuna entre o sujeito investigador (seu pensamento) e a natureza. Na investigação da natureza, em que o físico aplica os conceitos de geometria aos fenômenos naturais, esta lacuna se manifesta como o problema do uso da geometria na física, quer dizer o problema de explicar como é possível atravessar a lacuna que separa o objeto ideal da matemática e a natureza. Ou, esclarecer como é possível associar a geometria aos fenômenos naturais. Explanar isto significa mostrar como qualquer problema físico pode ser transformado num problema matemático, para que possa ser matematicamente explorado e explicado. Em outras palavras, significa resolver o problema do uso da geometria na física. Descartes achou que tal solução vinha na forma da idéia da *mathesis universalis,* de uma ciência cujos princípios são válidos tanto para a geometria quanto para a natureza. São os princípios que admitem a travessia da lacuna entre a geometria e a natureza. Eles devem assegurar e clarificar o uso da geometria na física. A *mathesis universalis* aparece envolvida na dependência do objeto da nova física em relação ao sujeito investigador. Ela mesma ganha o seu sentido e a razão de existir do ponto de vista do sujeito capaz de empregar suas faculdades cognitivas para alcançar "um conhecimento certo e indubitável" sobre a natureza.

Pelo que vimos até agora, podemos saber que o objeto da nova física apresenta-se determinado como geométrico em si, no sentido de identificar a natureza e a quantidade geométrica, e em relação ao sujeito investigador que usa os conceitos de geometria para reconhecer quantidades (linhas, superfícies e corpos), "captar" características geométricas (grandezas, figuras e movimentos) nos fenômenos naturais e explicar matematicamente o mesmo objeto. Assim, este objeto ficou determinado em dois aspectos: como geométrico em si (a natureza = a quantidade geométrica) e como dependente do sujeito que usa a geometria na investigação da natureza. Tal determinação foi elaborada por Descartes entre o fim de 1618 a 1628. A sua elaboração incluiu a problemática, os conceitos e as teses fundamentais da concepção cartesiana da física, que foi completada entre 1628 e 1630. Ele não os abandonou após 1630. E quando falar de mudanças ocorridas após este ano, parece aceitável a observação de Alanen (2003, p. 8): "há a grande continuidade nas visões fundamentais de Descartes... As mudanças são mais coisa de ênfases, tema e perspectiva do que de teses e convicções básicas". São as teses e as convicções surgidas e elaboradas no período entre o fim de 1618 e 1630.

Sendo assim, conclui-se que Descartes viu objeto da nova física determinado tanto em termos de identificação da natureza com a quantidade e suas proporções quanto em termos de dependência do mesmo objeto em relação ao sujeito investigador (quando ele usar a geometria de acordo com a capacidade de conhecer o mundo externo). Isto diz que temos de indagar como Descartes definiu a quantidade e proporção, e como entendeu a dependência do objeto da física em relação ao sujeito responsável pelo processo da aquisição do conhecimento sobre a natureza. Tal investigação cabe respectivamente nos capítulos dois e três. O capítulo um trata a definição da quantidade e proporção, identificadas com a natureza (o objeto geométrico em si). A dependência mencionada será considerada no segundo capítulo. Estes dois capítulos, vistos em conjunto, miram a conhecer a problemática e os conceitos referentes à determinação do objeto da física matemática, elaborada entre o fim de 1618 a 1628. Avisamos que o período entre 1628 e 1630 será investigado no capítulo 4. Fazemos isto pelo fato de que no período citado Descartes começou a se interessar na construção de um sistema do conhecimento sobre a natureza (o início da redação do *Mundo*) e na fundamentação metafísica da física (a adoção da teoria das verdades eternas).

Quanto ao capítulo 1, podemos considerar que o seu tema fica dissertado no objeto da física geométrico em si, informando ainda o plano da investigação do tema, que está dividido em quatro partes. A primeira parte mostra como surgiu e como foi formulada a idéia da nova física nas discussões entre Descartes e seu amigo holandês Isaak Beeckman, em 1618; também inclui a consideração da queda livre, e do paradoxo hidrostático discutido por dois amigos na época do surgimento da idéia mencionada. A segunda e a terceira parte do capítulo tratam respectivamente da quantidade e da proporção. O capitulo termina pela investigação de dois fatores que influenciaram a formulação da idéia da nova física. O primeiro se refere à concepção escolástico-aristotélica da física, que ofereceu a problemática e o vocabulário, considerados por Descartes na busca da nova física. O outro fator concerne à geometria em que Descartes encontrou a inspiração e o exemplo para a física e o seu objeto matematicamente determinável e explicável. A geometria também tem a importância decisiva para a formulação da idéia da *mathesis universalis.*

Começamos então, com a consideração do surgimento e da formulação da idéia da nova física no fim de 1618. Isto aconteceu nas discussões entre Descartes e Beeckman, na cidade Breda (Províncias Unidas).

1.1. A FÍSICA-MATEMÁTICA

No inicio de 1618, Descartes parte para Províncias Unidas (Holanda), para juntar-se ao exercito do Príncipe Maurice de Nassau[7] como voluntário. Ele estava no estabelecimento militar na cidade Breda, província Brabant. Ali, Descarte se ocupou com "desenhos, arquitetura militar e língua flamenga", (carta a Beeckmen, 24 de janeiro de 1619, AT, X. p. 152.). Porém, no dia 10 de novembro do mesmo ano, ele encontrou Isaak Beeckman (1588-1637), que veio da cidade Magderburg. Beeckman era um médico e filósofo, holandês, que se interessava pelos assuntos da matemática e da física, e que achou "que a física poderia e deveria ser tratada por meio de fórmulas matemáticas" (RODIS-LEWIS, 1998, p. 31). O jovem francês, e o holandês oito anos mais velho, selaram a amizade que incentivou reciprocamente o estudo da matemática, da física e da música.

Trata-se de um encontro[8] de dois homens, cujos interesses eram semelhantes. Em

[7] Maurice de Nassau (1567-1625), príncipe de Orange, foi o general e almirante holandês. Destacou-se na luta pela independência das Províncias Unidas contra a Espanha. Ele uniu e organizou forças das Províncias Unidas e conseguiu derrotar os Espanhóis em várias batalhas, forçando-os a aceitar a trégua que durou de 1609 a 1621. A trégua significou o reconhecimento das Províncias Unidas como independentes em relação à Espanha.

Em Breda, funcionou a escola militar apoiada pelo Príncipe Maurice de Nassau. Foi uma escola, não uma Academia militar. A academia foi estabelecida em 1621. Descartes foi ligado a esta escola.

[8] Beeckman registrou o encontro de 10 de novembro e as questões discutidas, no seu *Jornal,* mantido por ele próprio entre 1604 e 1634. No *Jornal*, o holandês anotou todos os encontros com Descartes, no final de 1618, em outubro.de 1628, em março de 1629 e em outubro de 1631. Ao mesmo tempo, ele escreveu sobre as questões discutidas entre ele e Descartes. Portanto, o *Jornal* se tornou uma fonte decisiva nos estudos do cartesianismo, após a descoberta por Cornélis de Ward em 1905.

A descoberta se mostrou importante, tanto para os estudos sobre Descartes quanto sobre Beeckman. Depois da publicação do *Jorna*l, "a história da filosofia cartesiana precisava ser reescrita" (BERKEL, , in GAUKROGER, J.; SCHUSTER, J.: SUTTON, J., 2000b, p. 47). Em primeiro lugar, foi rescrita a interpretação do encontro entre os dois filósofos, no sentido de saber qual a influência de Beeckamn sobre Descartes. Dessa reescrita ficou-se sabendo que a influência foi muito maior e mais importante do que se pensava. Tal influência concerne à física, em cuja problemática Beeckman foi mais versada do que o jovem Francês. Descartes ouvia Beeckman sobre o corpuscularismo, a lei de conservação do movimento (conhecida por Beeckman desde 1613, como mostra o seu *Jornal*), o movimento uniformemente acelerado (a queda livre), a força envolvida no movimento e, claro, a idéia de formular os problemas da física em teremos de matemática. Com Beeckman, Descartes conheceu "o lado *físico*" (KOYRÉ, 1986, p. 109) dos problemas investigados na física.

Por outro lado, graças a Descartes, Beeckman começou a enxergar mais claramente como a matemática poderia ser usada na formulação dos fenômenos físicos. Ele passou a vê-la não apenas do ponto da vista da sua aplicação prática. Sabe-se que Beeckman foi ligado ao ambiente intelectual caracterizado pela influência de Petrus Ramus, que insistia na aplicação prática da matemática, considerando inútil a matemática pura (SASSAKI, 2003, p. 96; VAN BERKEL, 1986, p. 623). Isto levou Beeckman a concentrar-se na aplicação da matemática às questões práticas. Mas, Descartes incentivou o amigo primeiro lugar, eles se interessavam por questões referentes à física e à matemática. Os dois tiveram a idéia de que estas duas ciências poderiam ser unidas na busca do conhecimento sobre a natureza. No momento do encontro, nenhum deles sabia dizer precisamente como deveria funcionar tal união, e como a matemática poderia ser usada na física. Eles começaram a buscar o esclarecimento e a formulação mais precisa da idéia de usar a matemática na investigação da natureza. Beeckman era muito bem versado na física, e pensou em usar a matemática na investigação da natureza. Depois de conhecer Descartes, percebendo a competência matemática do novo amigo, Beeckman lhe pediu que formulasse alguns problemas físicos em termos matemáticos, como àquele da queda livre, por exemplo, (ver a discussão sob 1.1.1). Na física, Beeckman desenvolveu a explicação quantitativa dos fenômenos naturais "em termos de processos mecânicos macroscópicos" (GAUKROGER, 2005, p. 102). Ele acreditava que os fenômenos macroscópicos da natureza fossem estruturados de corpúsculos, a partir dos quais, os mesmos fenômenos deveriam ser explicados. Na discussão com Descartes, o holandês sugeriu que a idéia corpuscular fosse vista à luz da união da física e matemática. Assim esta idéia se tornaria frutífera na explicação dos fenômenos naturais (VAN BERKEL, in GAUKROGER, S.; SHUSTER, J.; SUTTON, J., 2000b, p. 50). Sob a influência de tal sugestão de Beeckman, Descartes elaborou a explicação matemática do paradoxo hidrostático de Stevin (ver a consideração sob 1.1.2). Quando olhar para Descartes, vimos um jovem apto em assuntos matemáticos, mais do que Beeckman, e interessado em ligar a física e a matemática, mas sem ter alguma idéia clara e mais precisa desta ligação. Em Breda, na escola militar, passava o tempo lidando com a problemática da matemática aplicada a assuntos militares, e buscando o caminho para seguir o futuro. Como assinalou Crapulli (1966), os dois homens estabeleceram uma relação em que incentivaram um ao outro nos estudos da física e da matemática. Graças a este encontro, Descartes foi estimulado a voltar para ciência e filosofia. Ele mesmo destacou isto na carta a Beeckman, em 24 de janeiro de 1619, dizendo que aprendia, graças ao holandês, a observar o mundo "do alto do céu da ciência" (AT, X, p. 152:1-2).

Antes do encontro, Descartes tinha a idéia de usar a matemática na física. A idéia

---

holandês a mudar tal percepção no sentido de dar atenção maior à matemática como tal.
Também, a descoberta teve como conseqüência o interesse maior para o trabalho científico de Beeckman. Koyre (Ibid., p. 108, a nota de rodapé n° 2) destacou que a descoberta do *Jornal* mudou a imagem que se tinha sobre Beeckman: "ele apareceu como um elo da primeira importância na história da evolução das idéias cientificas".

ainda não era precisa nem formulada. Descartes não pôde dizer como unir matemática e física. Que ele pensava disso fica confirmado por alguns fatos acontecidos antes e ao longo do seu engajamento militar em Breda. Primeiro, ele podia ouvir falar desta idéia ainda no colégio La Fleche[9], onde o estudo da matemática se baseou em textos de Cristopher Clavius (1537-1612) [10]. Nesse sentido, sabemos que ele leu o texto de Clavius *Álgebra*[11] (AT, IV, p. 730-731). Uma das idéias de Clavius, apresentada num outro manuscrito intitulado: M*odus promovendi mathematicas disciplinas* (*A promoção da matemática*), de 1586, tem relação com o uso da matemática na física. Segundo Clavius, a "física não pode compreender corretamente" as coisas da natureza sem usar a matemática (in ARIEW, R.; COTTINGHAM, J.; SORELL, T., 1998, p. 26). Ele ainda assinalou que estas duas ciências "são tão próximas na afinidade uma da outra, que se ajudam mutuamente" (Ibid.). Clavius insistiu na ligação entre a física e a matemática sem explicá-la; trata-se de uma idéia sem

---

[9] O colégio foi estabelecido por jesuítas em 1604. No ano 1603, o rei Henrique IV deu aos jesuítas um castelo na cidade La Fleche. O castelo foi transformado no colégio que preparava os alunos para os estudos universitários. Como todos os colégios jesuítas, La Flèche seguia o currículo R*atio studiorum,* estabelecido em 1586, que determinou o conteúdo e o rumo dos estudos. Neste sentido, o *Ratio* diz: "Em lógica, filosofia natural, ética e metafísica, a doutrina de Aristóteles tem de ser atendida" (Apud ARIEW, in COTTINGHAM, 2005, p. 64). Assim, a filosofia de Aristóteles foi estabelecida como a base dos estudos praticados nos colégios jesuítas. Como apontou Dennis Des Chene (in: GAUKROGER, S.; SCHUSTER, J.; SUTTON, J, 2000, p. 30), os jesuítas pretendiam assim responder ao apelo de renovar a doutrina da Igreja católica diante do crescimento de cisma e heresia. Neste contexto, eles pensaram facilitar o acesso a Aristóteles e estabilizar a interpretação dos textos dele (Ibid.). Portanto, o conteúdo dos estudos referiu-se às obras de Aristóteles e aos comentários dos textos do filósofo grego. Os principais comentários usados nos estudos foram dos professores jesuítas da universidade de Coimbra. A idéia foi de fazer comentários de todos os textos de Aristóteles incluídos no currículo escolar.
De acordo com o currículo em vigor nos colégios jesuítas, Descartes estudou as obras de Aristóteles e a doutrina escolástica, baseada nos comentários das obras mencionadas. Foi ensinado em filosofia, lógica, física, metafísica e matemática, como também em retórica e língua latim e grega. Ingressou no colégio em 1607 e terminou os estudos em 1615 (SIRVEN, 1928; RODIS-LEWIS 1995).
Basicamente, a doutrina lecionada no La Fleche foi constituída de comentários da filosofia de Aristóteles.Os comentários mais apreciados e conhecidos na época de Descartes são dos jesuítas de Colégio de Coimbra. O objetivo dos coimbrenses foi fazer a filosofia de Aristóteles mais acessível, e "estabilizar a interpretação dos seus textos" (DES CHENE, in GAUKROGER, S.; SCHUSTER, J.; SUTTON, J., 2000, p. 49), de acordo com a doutrina da igreja católica. Francisco Suarez foi um dos mais conhecidos, cujo tratado sobre a metafísica intitulada *Disputationes metaphysicae* (1597) foi estudado por Descartes ainda no colégio La Flèche. Os comentários de vários autores coimbrenses foram publicados entre 1592 e 1630, e usados nos colégios jesuítas, inclusive La Flèche.

[10] Cristopher Clavius (1537-1612) foi o matemático cujos livros foram usados nos colégios jesuítas na época dos estudos de Descartes. Os jesuítas reformularam o currículo escolar dos colégios em 1586, quando Clavius escreveu, por ocasião disso, *Modus promovendi mathematicas disciplina,* onde ele insistiu no uso da matemática nos estudos da natureza. Clavius foi o matemático mais influente nos colégios jesuítas na época em que Descartes estudou no colégio La Flèche. Ali, ele conheceu as idéias de Clavius e leu a sua Á*lgebra.*

[11] Sobre a importância da *Álgebra* de Clavius para Descartes, pode-se ler na carta de John Pell, o matemático inglês, escrita a Charles Cawendesh no dia de 12 de março, de 1646. Pell mencionou "a longa discussão sobre assuntos matemáticos" (AT, IV, p. 730) que teve com Descartes. Segundo Pell, Descarte apontou que leu a *Álgebra* de Clavius "mais de 30 anos atrás" (Ibid, p. 731). O que devia referir-se aos anos passados no colégio La Flèche. Descartes destacou que a *Álgebra* de Clavius foi o único instrutor em assuntos da álgebra (Ibid. p. 730).

ser esclarecida e elaborada em detalhes. Como os textos de Clavius circulavam pelos colégios jesuítas naquela época, parece provável que Descartes conhecesse esta idéia quando estudava em La Flèche.

Segundo, mencionamos que Descartes escreveu no *Discurso do método* sobre a sua visão da matemática depois de sair do colégio La Flèche. Disse:

> Fiquei muito satisfeito com a matemática, por motivo da certeza e evidência de suas razões; mas não notei ainda o seu uso verdadeiro,... espantei-me que, sendo seus fundamentos tão fortes e sólidos, não havia construído nada mais elevado em cima dela. (AT, VI, p. 7:24-30)

Descartes pensava assim da matemática quando deixasse o colégio La Flèche. Esta ciência deveria haver o "uso verdadeiro", a saber, teria de servir para construir algo "mais elevado". Descartes chegou a insistir em unir a matemática e a física para edificar a física matemática que significasse a construção do algo "mais elevado". Ele deixou ver que a edificação de tal ciência apresentaria o "uso verdadeiro" da matemática.

Terceiro, em Breda, Descartes passava tempo no acampamento militar se preocupando com assuntos militares. Ali, ele foi exposto, como sugeriu Manders (2006, p.199), a algum tipo da influencia intelectual ligada aos textos lidos e às conversas com os engenheiros. Entre eles, um dos assuntos foi o uso da geometria para tratar vários problemas da engenharia militar (Ibid.). Ele poderia mostrar interesse na "arte da fortificação" (RODIS-LEWIS, (1985, p. 618), que compreendia o uso da matemática nos cálculos e na projeção das construções militares. Apesar de ficar difícil saber o tamanho e o conteúdo da influência intelectual mencionada, ela tem que ser levada em consideração. Isto parece mais um fator que favorece a tese de que Descartes, antes do encontro em Breda, pensou de alguma maneira na física associada à matemática. Ele encontrou Beeckman com quem tinha começado a discutir este assunto, já presente no seu pensamento.

Ora, em Breda, os novos amigos discutiram sobre a idéia de unir a física à matemática. Procuravam a formulação mais precisa de tal idéia. O encontro incentivou as discussões no sentido de especificar e formular mais precisamente a idéia da ciência matemática sobre a natureza. À luz desta idéia, eles consideravam a queda livre e o paradoxo hidrostático. Como veremos, Descartes se propôs a pedido do seu amigo holandês, à explicação físico-matemática dos problemas em questão. Nas discussões, Descartes insistiu no propósito de que o objeto da nova física deveria ser determinado em termos de quantidade e proporção, afirmando a identificação entre a natureza e a quantidade geométrica, e salientando o uso da geometria na investigação dos problemas físicos.

Em seu *Jornal*, Beeckman notou a discussão sobre a idéia da nova física e escreveu numa margina: "*Physico-matematical paucissim*i" (Edição de WARD, I, p. 244), isto é, "poucos físico-matemáticos". Como Sirven apontou: "os dois amigos se consideravam os físico-matemáticos" (1928, p. 58), aqueles que buscavam a ciência matemática sobre a natureza. A partir da anotação de Beeckman, os estudiosos começaram a usar o termo 'física-matemática'[12] para denotar a ciência sobre a natureza, contemplada por Descartes e Beeckman. O termo será usado neste estudo. Porém, Descartes não o usou em seus textos.

Com isto em mente, surge a pergunta: como deveria ser entendida a física-matemática? A idéia dela, diz o quê? Não há alguma definição da física-matemática nos textos ou nas cartas de Descartes e Beeckman. Apesar de anotar em seu *Jornal* as palavras "*Physico-matematical paucissim*i", o holandês não falou como deveria ser entendida a sua anotação. Não existe texto nenhum que ofereça a construção que pudesse ser reconhecida como a física-matemática. Contudo, isto não significa que fica impossível saber como Descartes imaginou a física-matemática. Temos à disposição vários textos, anotações e cartas ligadas à discussão entre Descartes e Beeckman, que admitem concluir como foi contemplada a física-matemática, até estabelecer a sua definição. São: *Physico-mathematica*, as *Cogitationes privataes*[13], as cartas de Descartes e o *Jornal* de Beeckman. Vamos apoiar-nos neles para responder a pergunta acima colocada.

Para saber o que está em jogo, indicamos o conteúdo dos textos e das cartas mencionados. A *Physico-mathematica* contém a consideração do paradoxo hidrostático na

---

[12] Garber (in GUKROGER,S.; SCHUSTER, J.; SUTTON, J, 2000) assinalou que o termo 'física-matemática' foi comum no começo do século XVII e que era ligado à tendência de usar a matemática nos estudos dos fenômenos da natureza. Ele indicou os três sentidos do uso do mesmo termo naquela época. Primeiro, o terma indicou a matemática mista, quer dizer, a astronomia, a óptica e a musica e etc.. Segundo, se referiu às discussões sobre a matemática mista e "a natureza e causas das coisas no mundo" (Ibid., p. 115), Terceiro, o termo apontou a ampliação do uso dos métodos matemáticos na física. Este significado do termo é contemplado por Beeckman e Descartes, de acordo com a idéia de unir a matemática e física.

[13] Trata-se dos fragmentos publicados pelo conte Foucher de Careil no volume I, da sua edição das obras de Descartes em dois volumes: *Oeuvres inéditas de Descartes*, em 1859-1860. Segundo Adam e Tannary (AT, X, p. 213), o titulo *Cogitationes privatae* é a invenção de Careil.
Para sua edição, o conte Careil usou a cópia de Leibniz dos mesmos fragmentos. Como se sabe, Leibniz copiou uma parte de manuscritos de Descartes em junho de 1676 em Paris. A existência das cópias de Leibniz era desconhecida até Foucher de Careil descobri-las na Biblioteca real de Hanóver. Entre as cópias, se encontram os fragmentos intitulados pelo conte como *Cogitationes privatae*. Mas, esta parte das cópias de Leibniz desapareceu (AT, X, p. 212). Hoje, ao leitor fica á disposição as *Cogitationes privatae* editadas por Adam e Tannery no volume X da sua edição das obras de Descartes. Trata-se da retomada do texto editado em 1859 por Foucher de Careil.

parte I e o problema do corpo em queda na parte II. São os dois casos que mostram como Descartes e Beeckman entenderam o termo ‘física-matemática’ (GAUKROGER, S. e SCHUSTER, J., 2002b, p 567). Entre os fragmentos incluídos nas *Cogitationes privatae*s encontram-se aqueles que foram intitulados por Descartes como *Parnasus*. Na edição de Adam e Tennery, estes fragmentos começam na página 219:5 do volume X. São dedicadas à consideração das questões matemáticas e “matemático-físicas” (BAILLET, 1972). Descartes chamou pelo nome de *Parnassus* as notações que começou a escrever no registro obtido do amigo Beeckman, achando que a matemática precisasse da inspiração[14] de Musas (SIRVEN, 1928, p. 70), evocadas por poetas para inspirá-los. Não há dúvida de que *Parnassus* depene das conversações de Descartes com Beeckman, em dezembro de 1618, (GOUHIER, 1958, p. 24), que reflete a discussão entre os dois amigos (C. de WARD, 1939, tome première, p. 360). Precisamente, P*arnassus* faz ver que a física-matemática se concentra na explicação dos fenômenos do mundo visível, em termos de quantidade e proporção. Descartes concluiu (AT, X, p. 220:10) com a afirmação de que “a infinidade dos problemas” pode ser explicada e resolvida em termos de quantidade e proporção, isto é, em termos de matemática. Com respeito às cartas de Descartes, elas foram enviadas a Beeckmen, entre 24 de janeiro de 1619, (a primeira carta após Beeckman deixar Breda em 2 de janeiro, de 1619) e 29 de abril do mesmo ano, ao todo cinco cartas[15]. Nelas, Descartes escreveu sobre seus estudos, vários temas discutidos com Beeckman e suas intenções, inclusive a intenção de partir em viajem pela Europa. Finalmente, o *Jornal* de Beeckman publicou anotações sobre os encontros com Descartes e vários problemas investigados por ele. Charles Adam e Paul Tannery incluíram a cópia das anotações ligadas a Descartes no volume X, da edição das obras de Descartes[16].

Além de indicar o seu conteúdo, apontamos que os textos, as cartas e as notações mencionados levam a concluir que a física-matemática apresenta a explicação das causas de fenômenos naturais, a partir do uso da geometria, cujos conceitos estão aplicados aos mesmos fenômenos constituídos de corpúsculos em movimento. É uma definição da física-matemática que compreende as duas idéias chaves: a idéia de usar a geometria para determinar e explicar o objeto da física, em termos de quantidade e proporção, e a idéia de

[14] A carta de 26 de março de 1619, direcionada a Beeckman, começa: “me dediquei ao culto de minhas Musas” (AT, X, p. 154:3).

[15] Todas as cartas encontram se no volume X da edição de Adam e Tannery (p. 151-169).

[16] Sob o titulo *Varia*, o volume X da edição de Adam e Tannery (p. 41-65) contém a cópia das anotações de Beeckman, escritas no *Jornal* entre 10 de novembro, de 1618 e de janeiro de 1619, referentes a Descartes.

que os fenômenos naturais se compõem de corpúsculos em movimento. A intenção é investigar esta definição e as idéias envolvidas nela. Tal investigação se concentra em dois casos já mencionados: o problema do corpo em queda e o paradoxo hidrostático, vistos como exemplos da explicação físico-matemática dos fenômenos naturais. Ao passo que o caso do corpo em queda mostra em que consiste a formulação e explicação de um problema físico, em termos de geometria (quer dizer, aponta o que significa determinar o objeto da física a ser distinguido pela quantidade e proporção), a consideração do paradoxo hidrostático visa à explicação das causas de um fenômeno a partir de movimentos dos corpúsculos, apresentados pelas linhas geométricas. Como veremos, a explicação do paradoxo hidrostático se apresenta como a tentativa de combinar a geometria com a idéia corpuscular para que se pudesse estabelecer a explicação geométrico-mecanicista da natureza. A nossa consideração fica por conta do esclarecimento de como Descartes entendeu o objeto da física determinado em termos de quantidade e proporção.

1.1.1. Corpo em queda

Em Breda, Beeckman sugeriu a Descartes determinar o espaço percorrido por uma pedra em queda dentro de uma hora quando soubesse o espaço percorrido em duas horas. Precisamente, ele pediu a Descartes que elaborasse a explicação matemática do problema de corpos em queda. Entretanto, ele sabia esclarecer o lado físico da queda livre, ele não conseguiu achar a fórmula que possibilitaria o cálculo da velocidade e do espaço percorrido por um corpo cadente (KOYRÉ, 1986. p. 110). Por perceber a habilidade matemática do novo amigo, Beeckman pediu a Descartes para que explicasse pela matemática o problema em questão.

Beeckman pediu a Descartes que investigasse este problema, pois não havia novidade alguma. Simplesmente, o problema da queda livre estava na mira de todos que buscavam, no começo do século XVII, a física matemática, como o próprio Beeckman, ou Galileu. Todos eles seguiram uma tradição vinda da Grécia antiga, estabelecida graças à *Física* de Aristóteles. Segundo esta tradição, o movimento fica no foco da investigação da natureza. Lembramos que o filósofo grego escreveu na *Física* (III, 1) que a natureza fosse definida em termos de "movimento e mudança" e que "isto é o objeto da nossa investigação" quanto á física. "Movimento e mudança" é o objeto da ciência sobre a natureza, dizia Aristóteles. Isto foi uma definição que atravessou séculos e chegou até a época de Descartes, Galileu, Beeckman e os outros que buscavam pela física matemática. Ela manda colocar o movimento e a mudança[17] no foco da investigação física. Trata-se do movimento envolvido na queda do corpo: o movimento uniformemente acelerado, chamado por Aristóteles de o movimento natural dos corpos pesados[18]. Ao longo dos séculos, buscava-se uma definição que pudesse explicar o movimento em si e a sua aceleração uniforme.

A explicação aristotélica do referido movimento se baseia em dois princípios vistos como equivalentes entre si: a velocidade é proporcional ao espaço percorrido e a distância que um corpo, partindo do repouso, percorre até atingir alguma velocidade, é proporcional ao tempo decorrido. Estes princípios se equivalem por um motivo bem simples, como explicou Koyré (1986, p. 96): "a cada instante do tempo corresponde um ponto do espaço percorrido". Tal equivalência significou que ambos os princípios poderiam ser usados na explicação do movimento uniformemente acelerado. Com Galileu, estes princípios foram revogados. Ele afirmou que a velocidade é proporcional ao tempo decorrido e que a distância percorrida fosse proporcional ao quadrado do tempo decorrido. Assim, Galileu fixou a interpretação que permaneceria até os dias de hoje. Quanto a Descartes, ele partiu do principio antigo, de que a velocidade é proporcional ao espaço percorrido e acabou por errar na solução do problema apresentado por seu amigo Beeckman.

Koyré (Ibid.) apontou que o próprio Galileu errou nas primeiras tentativas de explicar a queda livre. Galileu mesmo contou com o principio aristotélico. Ele se perguntou por que Galileu e tantos outros usavam o principio de que a velocidade era proporcional ao espaço percorrido. Segundo ele, o princípio atendeu perfeitamente à idéia de usar a geometria na física. Este uso pressupõe que a natureza deve ser compreendida em termos de espaço, reduzida no domínio do espaço e suas relações. Koyré chamou isto de "geometrização do espaço", explicando que se tratava de aplicar às leis da geometria ao movimento. Sob tal circunstância, parecia razoável recorrer ao princípio antigo, que se referia ao espaço percorrido pelo corpo em queda. Tal recorrência foi fortalecida pelo fato

[17] Segundo Aristóteles, a mudança acontece através do movimento. Neste sentido, o movimento foi entendido como o processo que leva à mudança das coisas até estas se tornarem aquilo que realmente são, realizando-se como tais e tais seres. Isto significa que o movimento tem de terminar em repouso. A coisa mudou através do movimento que deveria terminar para a mesma coisa tornar-se tal e tal. Em outras palavras, o objetivo final do movimento é alcançar o repouso (KOYRÉ, 1986, p. 20).

[18] Aristóteles chamou tal movimento 'movimento natural dos corpos pesados'. De acordo com a idéia da teleologia, cada corpo em movimento tende a seu lugar natural para que atinja o repouso como o objetivo final. Em lugar natural, cada corpo fica em repouso. Este lugar é a direção do centro da Terra, no qual param todos em corpos em queda. Tal queda envolve o movimento uniformemente acelerado.

de que o princípio era entendido como equivalido àquele que explicava a relação entre o espaço percorrido e o tempo decorrido (o espaço percorrido é proporcional ao tempo decorrido). Finalmente, a intenção de usar a geometria na explicação da natureza levou Galileu e outros a recorrer a um princípio da física aristotélica. Sabemos que Galileu percebeu e reconheceu o erro pela tentativa de estabelecer a fórmula matemática que exprimiria a sua descoberta, de que a velocidade é proporcional ao quadrado do tempo decorrido. O principio antigo não podia levá-lo à fórmula procurada. O erro cometido, mas corrigido por Galileu foi repetido por Descartes. Quer dizer, a sua explicação geométrica da queda livre se baseia no princípio aristotélico, de que a velocidade é proporcional ao espaço percorrido. Vamos ver como Descartes explicou o problema proposto por seu amigo holandês.

Na segunda parte da *Physico-matemática* (AT, X, p. 75:1-78:25) encontra-se a explicação da queda livre. O mesmo caso foi mencionado nas *Cogitationes private* (AT, X, p. 219:5-226:114). Porém, entretanto na *Physico-matemática*, a intenção de Descarte foi mostrar como formular e explicar um fenômeno natural (a queda livre) em termos de geometria, nas *Cogitationes private*, ele visa a revelar como solucionou o problema da queda livre. A nossa discussão se baseia nestes manuscritos e concerne à: (i) formulação matemática do problema (*Physico-mathematica*); (ii) explicação da sua solução (*Cogitationes privatae*).

(i) A intenção de Descartes foi mostrar a Beeckman como o problema investigado poderia ser formulado e explicado em termos de quantidade e proporção. Sua formulação do problema se baseia: (1) no princípio de que a velocidade do corpo movido é proporcional ao espaço percorrido; (2) no “triangulo isóscele reto abc” (ver a figura 1); (3) na interpretação da aceleração uniforme como contínua. (1), (2), e (3) explicam o cerne da formulação e explicação cartesianas do problema posto por Beeckman. Ao mesmo tempo, mostram a diferença nas interpretações dos dois amigos.

(1) Na sua formulação do mesmo problema, Descartes não considerou o principio fornecido e sugerido por Beeckman: a velocidade do corpo em queda é proporcional ao tempo decorrido. Ele adotou o princípio conforme qual a velocidade do corpo em queda era proporcional ao espaço. Descartes observou o corpo ganhando velocidade proporcionalmente ao espaço percorrido, desde o inicio do seu movimento. Isto resultou na reformulação do problema colocado pelo holandês. Ao passo que Beeckman teve em mente a relação entre o tempo e a distância percorrida, Descartes passou a observar a

relação entre o espaço percorrido e a velocidade, e eliminou o tempo da formulação e explicação do mesmo problema. Pela eliminação do tempo, o problema se tornou tratável em termos de geometria. A intenção de explicar o problema deste modo foi a razão de adotar o seguinte princípio: “a velocidade é proporcional ao espaço percorrido”.

(2) Para ter a formulação e explicação geométrica, era necessário usar a figura geométrica que apresentasse o problema indagado. Esta figura serve como base da explicação e solução do problema investigado. É o triângulo isóscele reto *abc*, apresentando o problema do corpo em queda:

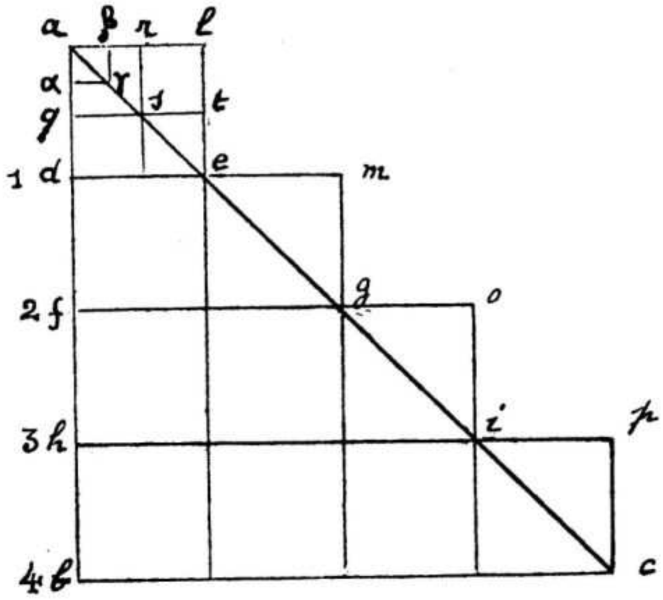


Figura 1.1 - O triângulo isóscele reto (AT, X, p. 76)

Na explicação do problema citado, trata-se de descrever o movimento uniforme acelerado “de forma que, durante quaisquer intervalos de tempos iguais, iguais acréscimos de velocidade são observados” (GALILEU, in HAWKING, 2005, p. 221). Descrevê-lo significa relatar a variação de uma grandeza que aumenta uniformemente a aceleração uniforme. Pensando da formulação geométrica, Descartes procurou o modo de tratar esta variação, quer dizer “uma grandeza que aumenta uniformemente em relação ao *tempo*” (KOYRÉ, 1986, p. 119), em termos de quantidade geométrica. Há apenas uma via para fazer isto: tratar o movimento em termos de espaço sujeito ao tratamento geométrico e excluir o tempo da consideração. Como escreveu Koyré (Ibid., p. 106), foi necessário “transferir no espaço o que vale para o tempo”. A velocidade e a sua aceleração são consideradas em termos de espaço, excluindo o tempo envolvido no movimento. Descartes viu assim o caminho de formular e explicar geometricamente o problema da queda do corpo. Para apresentar geometricamente a queda livre e as variações da aceleração, ele usou a figura triangular *abc*. Vale à pena mencionar a observação de Sirven (1928, p. 75) que a figura triangular era usado antes de Descartes para medir variações da intensidade de uma qualidade uniformemente variada. No caso da queda livre, temos variações de uma quantidade uniformemente mudada, quer dizer, a aceleração. Por isto, pensava Descartes, a aceleração poderia ser apresentada através de a figura triangular.

O triângulo *abc* representa todas as quantidades envolvidas no fenômeno do corpo em queda. Na figura 1.1: *ab* representa o espaço percorrido na direção da terra, do ponto *a* até o ponto *b*; *af* refere-se à primeira metade da *ab* e *fb* à segunda metade; as linhas transversais *dm, fo* e *hp* apresentam a força da terra que atua sobre o corpo; na queda do ponto *a* até o ponto *b*, há o aumento desta força, apresentado através das linhas transversal *dm, fo e hp,* de comprimentos diferentes; o quadrado *adle,* os dois quadrados *dmfg* indicam "o segundo ponto de movimento" e etc. (AT, X, p. 75); o triângulo *afg* e o trapézio *fbgc* referem-se às velocidades da pedra em queda.

Quanto à proporção usada para solucionar o problema, trata-se daquela estabelecida entre o triângulo *afg* e o trapézio *fbgc*. Para descobri-la, Descartes considerou a relação entre o espaço percorrido, representado pela linha *ab*, e a velocidade apresentada pelas superfícies *afg* e *fbgc*. Segundo à sua consideração, na primeira hora da queda da pedra, o espaço percorrido e a velocidade são apresentados respectivamente pela *af* e *afg* de tal forma, que a linha *af* faz um lado do triângulo *afg.* Assim, está apresentada a proporção entre o espaço percorrido e a velocidade. Por saber que *ab* é o espaço percorrido em duas horas, como um todo, conclui-se que a linha *fb* e o trapézio *fgbc* representam o espaço percorrido, e a velocidade na segunda hora da queda da pedra. A partir daí, se estabelece a proporção entre *afg e fgb*c, ou seja, entre as velocidades na primeira e segunda parte da trajetória *ab,* que servirá para determinar a velocidade da queda da pedra no espaço percorrido *fb*. De a própria figura triangular (a figura 1.1), conclui-se que esta proporção é 1:3, ou seja, *fgbc* contém três triângulos *afg*, "o espaço *fgbc* é três vezes maior que o espaço *afg* (Ibid., p. 77). Trata-se de uma grandeza três vezes maior do que *afg*. Conclui-se que a velocidade da pedra no espaço percorrido *fb* está três vezes maior do que no *af*. Ora, o problema apresentado por Beeckman foi formulado, explicado e resolvido em termos de quantidade e proporção.

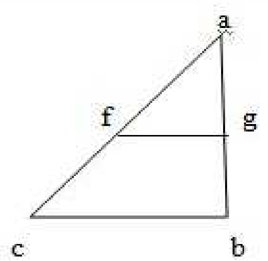
Beeckman não aceitou no íntimo a formulação triangular de Descartes referente ao problema da queda do corpo (VAN BERKEL, 1983, p. 622). O holandês achou que a queda do corpo não podia ser interpretada em termos da atração contínua da terra, como fez Descartes. Segundo ele, trata-se da acumulação de numerosos choques em instantes diferentes e descontínuos ao longo da queda, que resulta na aceleração do corpo movido. Beeckman achou que a queda livre não fosse formulável e solúvel através da figura triangular.

(3) Descartes viu a aceleração ligada à atração da terra que age continuamente sobre o corpo movido. A aceleração resulta da atração contínua em todos os instantes ao longo da queda. Uma pedra arrastada de *a* para *b* cairá (a linha *ab* na figura 1), atraída pela força da terra (apresentada pelas linhas *dm, fo, hp*), aumentando uniformemente a velocidade em forma da acumulação contínua de pontos de movimento (apresentados pelos *adle, dfmg* etc.). O aumento uniforme da velocidade compreende a acumulação em continuidade dos pontos de movimento. Como já foi dito, tal explicação foi contrária àquela de Beeckman. O holandês entendeu a aceleração em termos de choques descontínuos em cada novo instante da queda. A aceleração compreende a acumulação de pontos de movimento descontínuos; todos os pontos de movimento ao longo da queda do corpo ficam acumulados, implicando na aceleração do movido, dizia Beeckman.

Depois de formular o problema e indicar as quantidades incluídas nele, Descartes mostrou como pretendia solucioná-lo. Ele fez isto na *Physico-mathematica* usando também figura triangular, com a finalidade de apontar o aspecto matemático da solução. Mas, vamos recorrer à explicação da solução do problema da queda livre, apresentada nas *Cogitationes privatae.* Trata-se da explicação mais clara do que àquela encontrada na *Physico- mathematica*[19].

---

[19] Alem disso, neste texto, Descartes usou o seguinte triangulo:



Nele, algumas linhas correspondentes às linhas da figura 1.1 são marcadas pelas letras diferentes. Para apresentar as velocidades incluídas na proporção, neste triângulo encontramos as linhas *ag* e *gb* que correspondem às linhas *af* e *fg* da figura 1.1. Claro, isto não muda nada na explicação do problema investigado. Apontamos esta diferença para evitar a confusão aparentemente presente na *Physico-mathemática*. Sirven (1928, p. 79, a nota-rodapé 1) sugere que tratar-se do erro do copista do texto em questão.

(ii) Nas *Cogitationes privatae,* Descartes insistiu em explicar como chegou à solução geométrica do problema posto pelo amigo holandês. A explicação se apóia na figura triangular ABC (a figura 1.2). Descartes escreveu:

> Resolvi o problema. No triangulo isósceles reto, ABC representa o espaço (o movimento); a desigualdade do espaço do ponto A à base BC é a desigualdade do movimento. Por conseguinte, AD será percorrido no tempo representado por DEBC: é necessário notar que o espaço menor representa o movimento mais lento. Ainda ADE é a terceira parte de DEBC: portanto, AD será percorrido três vezes mais lentamente do que DB (AT, X, p. 219:13: 26).

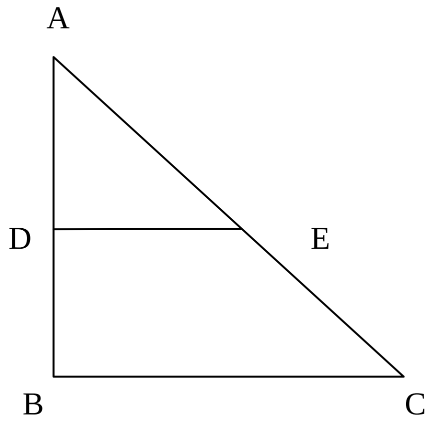


Figura 1.2 - A solução do problema (AT, X, p. 219)

Descartes deixou claramente, a saber, que sua solução se baseava na figura ABC, cujos segmentos são relacionados na forma de proporção, da qual poderia ser tirada a conclusão sobre a velocidade da pedra cadente ao longo do espaço DB. Trata-se novamente da figura triangular, mas desta vez, traçada para salientar, que a solução do problema se baseia na proporção entre as quantidades envolvidas no problema investigado. O foco da atenção é a proporção entre ADE e DEBC, identificada a partir da figura ABC na qual "ADE é a terceira parte de DEBC". Dela, conclui-se que ADE e DEBC ficam na proporção 1:3. E Descartes disse: "resolvi o problema".

A solução se baseia na proporção relacionada às quantidades envolvidas no problema investigado. Dito em outras palavras, o objeto da investigação se define em termos de quantidades e suas proporções. Este é o sentido da explicação apresentada por Descartes. O caso do corpo em queda mostra em que consiste o objeto da investigação física, determinado em termos de quantidade e proporção.

Tendo a proporção em mente, voltamos ao fim da *Physico-mathematica.* Ali, Descartes alegou que a proporção poderia ser apresentada pela figura geométrica e exprimida por meio de equação algébrica. A mesma idéia seria mencionada na carta endereçada a Beeckman, no dia de 26 de março, de 1619. Nela, Descartes falou do "tratamento algébrico da trissecção do ângulo" (COSTABEL, 1983, p. 29) e das equações cúbicas. Nesta carta e do *Physico-mathematica*, fica claro que Descartes planejou utilizar tanto figuras geométricas, quanto equações algébricas na explicação dos problemas investigados fossem matemáticos ou físicos. Ele concluiu que a investigação da queda do corpo apontava para a idéia da "Álgebra geométrica" (AT, X, p. 78:22-23) capaz de ligar as figuras geométricas e equações, a partir de proporções envolvidas no problema investigado (matemático ou físico).

Terminamos a discussão sobre (i) e (ii). Para completar a investigação de como Descartes entendeu a explicação geométrica da queda livre, temos de assinalar que ele determinou tal explicação deveria tomar a forma de *mathematice demonstrari*[20]. Não se trata apenas de determinar o objeto da investigação física em termos de quantidade e proporção, mas, é necessário elaborar a explicação do fenômeno investigado em forma de demonstrações matemáticas[21]. Portanto, estamos interessados em saber como Descartes entendeu *mathematice demonstrari*, vistas como algo que tem de ser seguido e empregado na explicação matemática da natureza.

Então, *mathematice demonstrari*? A resposta desta pergunta encontra-se no final da regra XII das *Regulae*. O fato de que esta regra ter sido redigida entre o abril e outubro de

[20] Descartes usou este termo na carta direcionada a Beeckman no dia 24 de janeiro de 1619. Nela, ele falou da explicação das consonâncias musicais, apresentada no manuscrito *Compendium musica* (o presente para o amigo holandês nas vésperas do ano Novo de 1619). Descartes ofereceu a explicação em termos de demonstrações matemáticas (*mathematice demonstrari*). Ele mesmo escreveu a Beeckman: "você achará as demonstrações matemáticas (*mathematice demonstrari*) para todas as observações que eu fiz sobre os intervalos das consonâncias, grãos e dissonâncias" (AT, X, p. 153).
Na explicação de Descartes, os tons são tratados como quantidades interligadas na forma de proporções. Uma vez vistos como quantidades, "os tons musicais podem ser identificados com números" e as qualidades da música ficam completamente deixadas de lado para "concentrar-se nas suas características matemáticas" (AUGUST, 1991, in MOYAL, p. 234. V. 1).

[21] Sobre o significado dos termos: "demonstração" e "demonstração matemática", nos textos de Descartes, ver Clarke, M., Desmond. *Descartes's Use of 'Demonstration' and 'Deduction'* (*O uso dos termos "demonstração" e "dedução" por Descartes*, in MOYAL, 1991, p. 237-244, v. 1). Clarke considerou o uso destes termos nos *Regulae*, *Principios*, G*eometria* e *Dioptrica*. No outro estudo, também publicado na mesma edição de Moyal, no volume IV, intitulado *Physics and Metaphysics in* Descartes's *Principles* (*A física e a metafísica em Princípios de Descartes*, p. 43-62), Clarke abordou o significado do termo "demonstração" nas *Meditações*.
Em ambos os estudos, ele apontou que a demonstração compreende tanto a explicação do fenômeno investigado quanto a confirmação "de uma hipótese procurando a evidência disponível a seu favor" (CLARKE, 1991, in MOYAL, IV, p. 48). De modo geral, Clarke conclui que a demonstração cientifica compreende "argumentos cuidadosamente construídos, que servem tanto para explicar algum fenômeno, como para confirmar a probabilidade de explicações hipotéticas" (Ibid., I, p. 245).

1628, (WEBER, 1964, p. 205) não nos impede de ligá-la ao caso investigado por Descartes em 1618, porque se trata da mesma concepção *mathematice demonstrari,* só especificada na regra XII. No parágrafo 429:15-21 desta regra, Descartes apontou “três demandas” que definem *mathematice demonstrari.* A respeito à primeira demanda, trata-se de evidenciar termos em quais “se possa reconhecer o procurado” (429:16); em outras palavras, é saber o que está sendo procurado, é indicar o desconhecido, o procurado. A segunda demanda diz que é necessário saber o que “é precisamente aquilo, a partir do qual temos de deduzi-lo” (429:16-17), quer dizer, estabelecer as premissas conhecidas, das quais se deduz o procurado. Finalmente, é necessário provar que todos os termos considerados “dependem um do outro de tal forma, que não se pode mudar por algum motivo, um sem mudar o outro” (429:16-19). Isto significa seguir a ligação necessária entre as premissas conhecidas e o procurado deduzido das mesmas por uma série de termos envolvidos no problema. “Ligação necessária” diz que a mudança de algum termo resulta na mudança dos outros. “Necessário” significa que não podemos conceber termos “se os julgar como separados um do outro” (421:7-8). Claro, desde então os termos não são separáveis um do outro, a mudança de algum deles conduz a mudar os outros. De acordo com as três demandas citadas, percebe-se que as *mathematice demonstrari* são procedimentos capazes de ligar todos os termos do problema investigado, na forma da relação necessária que conduz à conclusão do procurado. No começo da série de termos, necessariamente interligados, está “o objeto do qual temos de deduzir” o procurado (429:16-17). São as premissas que não precisam de comprovação e não são postas em dúvida alguma; conforme Os *Elementos* de Euclides, chamam-se axiomas e teoremas. As *mathematice demonstrari* consistem em seguir a ligação necessária que relaciona premissas (axiomas ou postulados) e o procurado para tornar o procurado somente “dedutível do dado” (432:4: 5). Portanto, as *mathematice demonstrari* são caracterizadas pela certeza. Elas levam às conclusões sobre as quais não há nenhuma dúvida. Usadas na física, elas mostram como um fenômeno investigado resulta das suas causas através de ligações necessárias de termos envolvidos no mesmo fenômeno (“dedutível do dado”). Descartes achou que as *mathematice demonstrari* admitissem explicar matematicamente a relação causa-efeito. Elas mesmas descrevem a relação causa-efeito existentes na natureza. Na realidade, para alcançar a explicação matemática da natureza, é preciso usar os conceitos da geometria seguindo as *mathematice demonstrari.*

Descartes pensou em seguir as *mathematice demonstrari* na investigação física por motivo de ter as seguintes características: não geravam dúvidas e traziam o novo conhecimento sobre o assunto investigado. Uma vez que se trata do raciocínio baseado nas premissas conhecidas, e na ligação necessária entre elas e todos os termos contidos na investigação, as demonstrações matemáticas não geram dúvidas; em outros termos, são distinguidas pela certeza (ver o capítulo II) gerando o conhecimento certo, livre de qualquer dúvida. Elas atendem perfeitamente à definição da ciência como "um conhecimento certo e indubitável" (362:4), também conduzem a alcançar tal conhecimento. Além disso, as demonstrações matemáticas possibilitam a produção do novo conhecimento sobre o investigado. Graças às ligações entre os termos envolvidos no problema inquirido, estabelecidas pelas m*athematice demonstrari*, abre-se o caminho para alcançar o novo conhecimento que não existia antes da investigação. Descartes viu nas *mathematice demonstrari* um instrumento de invenção do novo conhecimento. Justamente por isto, ele as viu como algo que poderia atender à "paixão pela descoberta" (GOUHIER, 1958, p. 23) do novo conhecimento. A paixão que leva o homem a "*ingeniosis inventis*" [22] (AT, X, p. 214:1), quer dizer, além da mera erudição, tão presente entre aqueles que pretendem chamar-se de os estudiosos.

O caso da queda livre mostra como funciona a demonstração matemática apontando tanto a certeza da solução quanto a descoberta do novo conhecimento, referentes ao problema investigado. Assim, Descartes quis mostrar o que deveria ser a explicação físico-matemática da queda da pedra.

1.1.2. O paradoxo hidrostático

O outro caso que oferece tal explicação é o paradoxo hidrostático[23]. Gaukroger (1980, 2000a), Gaukroger e Shuster (2000b) acham que este paradoxo tem a posição chave na tentativa de entender a física de Descartes, especialmente o seu lado ligado à dinâmica. Vamos acrescentar a sua tese assinalando que o mesmo caso se torna importante por incluir os dois pontos decisivos para a nova física: (i) a explicação mecanicista da natureza em

[22] O tema da "descobertas engenhosas" foi elaborado por Gouhier no seu estudo *Les premières pensées de Descartes.* Este tema parece importante para o entendimento da busca de Descartes pela ciência, vista como o conhecimento "certo e indubitável". Descartes viu nas m*athematice demonstrari* o instrumento da descoberta. Ele pensava assim ainda na época das suas discussões com Beeckman.

[23] O paradoxo é incluído na primeira parte do *Phyisico-mathematica*, intitulada *Aquae comprimentis in vase ratio reddita* à D. Des Descartes (AT, X, p. 67-74). O paradoxo também é mencionado nas *Cogitationes privatae* (AT, X, p. 228), onde Descartes informa que Beeckman lhe pediu para explicar o paradoxo em questão.

termos de corpúsculos sujeitos ao movimento, (ii) a combinação da explicação geométrica e mecanicista.

Antes de discutir (i) e (ii), mencionamos que Descartes investigou este paradoxo ao pedido de Beeckman. Novamente o holandês ofereceu a Descartes princípios para considerar o caso. Um deles foi o principio corpuscular. Beeckman acreditou que os fenômenos naturais fossem compostos de corpúsculos em movimento que poderiam ser tratados em termos mecânicos, quer dizer em termos de interações dos corpúsculos em movimento. Descartes aceitou o princípio corpuscular e tentou ligá-lo à abordagem geométrica do problema estudado. O resultado foi a explicação geométrico-mecanicista, realizada pela combinação da abordagem geométrica e mecanicista dos problemas físicos. Daí resulta a obrigação de investigar a idéia corpuscular (i) e a combinação apontada (ii), envolvidas no paradoxo hidrostático. A investigação será estritamente em função do tema mencionado. Isto reflete no fato de que não serem tratados todos os quatro problemas, mas sim só um deles.

(i) De modo geral, o paradoxo hidrostático consiste na "igualdade de pressão no fundo de vasos diferentes, mas de mesma altura" (SIRVEN, 1928, p. 92-93). Na realidade, o paradoxo se manifesta através de quatro problemas definidos a partir das relações entre quatro vasos A, B, C, D preenchidas pela água de colunas da mesma altura. Todos os vasos têm os fundos iguais. O paradoxo é apresentado pela figura 1.3, emprestada da *Physico-mathematica*.

Os problemas são seguintes:

> Primeiro, "o vaso A e água contida nela tem o meso peso como o vaso B preenchido por água.
> Segundo, a pressão que faz a água sobre o fundo de B é igual àquela que faz a água sobre a base de D.
> Terceiro, o vaso D e sua água pesam igualmente C e sua água, em que o *embolus* E foi colocado.
> Quatro, O vaso C e sua água pesam mais do que B e água nele.
> (AT, X, p. 69:5-15)

Apesar de enumerar todos os problemas vamos abordar apenas um deles: o segundo problema[24]. A partir dele investigamos aquilo que está no foco da nossa atenção: a abordagem do problema em termos de comportamento mecânico de corpúsculos, e a integração da geometria e a idéia corpuscular-mecanicista.

[24] O segundo problema se refere aos vasos B e D, diferentes formas, mas de mesma altura e de mesma superfície do fundo dos vasos. De acordo com a figura 1.3, *g*, B, f marcam os pontos sobre quais o ponto *f* exerce a pressão dentro do vaso B, entretanto *i*, D e l indicam os pontos no fundo do vaso D, pressionadas pelos pontos *m*, *n* e *o*. Quanto às linhas g*f*, *mi*, *nD* e etc., elas descrevem as trajetórias ao longo das quais as partículas da água se movem na direção da base dos vasos.

Então, olhamos para o problema escolhido. O que significa que temos de observar os vasos B e D (ver a figura 1.3); eles têm fundos e altura de água igual, mas o peso da água no vaso D é maior do que no vaso B. A pressão que faz a água em dois vasos é a mesma. É um paradoxo: as colunas de água *f*B e nD da mesma altura, nos vasos B e D com as bases iguais, exercem a mesma pressão independente do peso da água e da forma de vasos. O peso da água no vaso D é muito maior do que no B. Porém, a pressão sobre as bases de B e D é a mesma. A questão é explicar e esclarecer o paradoxo.

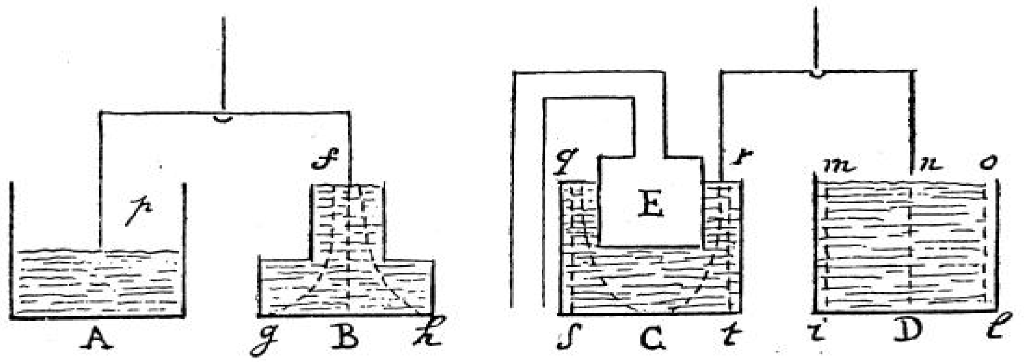


Figura 1.3 - O paradoxo hidrostático (AT, X, p. 69)

Na consideração deste problema, Descartes pretendeu explicar a pressão exercida pelas colunas *f*B e nD sobre as bases dos seus continentes (B e D), a partir do comportamento dos corpúsculos de água e de suas tendências ao movimento. A idéia dele foi considerar o sistema de coerções ligadas aos corpúsculos de água, para mostrar como elas causam a pressão sobre o fundo de B e D. Explicar o mecanismo de tal interação significa revelar as causas físicas do fenômeno observado. A consideração é mecanicista, no sentido de reduzir o fenômeno investigado aos termos micro-mecânicos, como destacaram Gaukroger e Schuster (2002b, p. 560).

Como Descartes fez isto? O mecanismo de interação de corpúsculos funciona de tal forma, que resulta na pressão igual sobre o fundo de B e D. A pressão é igual porque a força exercida sobre qualquer ponto da base B e D é igual. Os corpúsculos em movimento produzem a pressão sobre todos os pontos do fundo dos vasos. Desde que se tratem dos fundos iguais, a força total será a mesma. Esta força concerne ao peso da água que pressiona os fundos dos vasos. O peso se manifesta na forma da força que pressiona o fundo dos vasos. A força é igual em B e D, o que significa que o peso em relação ao fundo B e D é o mesmo, apesar do fato do peso da água no vaso D ser maior. A explicação envolve a idéia da interação dos corpúsculos em movimento, em que são observadas diferentes tendências ao movimento, atribuídas a qualquer instante. Gaukroger e Schuster (2002b, p. 540) explicam esta idéia: "A explicação de Descartes exige a consideração de múltiplas tendências ao movimento que o corpo pode ter dado em qualquer instante, dependendo das suas circunstâncias mecânicas". Trata-se da consideração das tendências ao movimento dos corpúsculos, envolvidas na explicação da pressão exercida sobre os fundos de B e D. Esta foi a idéia de Descartes, surgida na *Physico-matematica* e só elaborada no *Mundo.* Ora, a explicação do paradoxo hidrostático tem um aspecto mecanicista, ainda não elaborado, mas, presente no estado embrionário.

É importante destacar que, ao explicar o paradoxo hidrostático em termos mecânico-corpuscular, Descartes fez a diferença entre os dois tipos de força atuantes sobre os corpúsculos de água. Temos "a força do movimento, pelo qual o corpo é empurrado no primeiro momento do movimento" e outra força que leva o corpo para baixo (AT, X, p. 68). Ele distinguiu estas duas forças, mas não as explicou. São: a força responsável pelo movimento e a força da gravitação. Quanto à força do movimento, é difícil dizer o que Descartes pensava naquele momento sobre ela. Se soubéssemos que ele contava com o movimento matematicamente determinado, não nos parece provável que ele tenha pensado em termos da teoria do *impetus*[25], como sugeriram Sirven (1928) e Gaukroger (2005). Não se deve negar que Descartes podia ter em mente esta teoria. Mas, isto não significa que ele pretendeu a explicar o movimento de corpúsculos em termos de teoria do *impetus*. A outra força, que leva o corpo para baixo pela atração da Terra, não foi vista, certamente, como a

---

[25] A teoria do *impetus* foi uma tentativa de explicar a causa do movimento. Segundo esta teoria, a força externa está "imprimida" no corpo, no sentido de ser transformado no impetus dentro do próprio corpo, o *impetus impressus.* Assim, o corpo começa a se mover na direção do seu lugar natural, determinado pela estrutura do cosmo. O i*mpetus* será impresso no movido para tornar-se a força interna que causa o movimento. Ao longo da queda, o *impetus* se junta ao peso do corpo cadente, contribuindo para aceleração do movimento. Graças ao *impetus,* o corpo continua a se mover até cair na direção do centro da terra, o lugar natural de todos os corpos pesados. Num determinado momento, acontece o balanço entre o *impetus* e a força da atração da terra. O balanço resulta na caída do corpo movido. Ao longo do movimento, o *impetus* fica cada vez mais diminuído, até sumir do corpo, quando este atingir o seu lugar natural. Como se pode ver, a teoria contém um aspecto dinâmico por visar a causa do movimento. Descartes, como Beeckman e Galileu, conheceu esta teoria, aprendendo a mesma ainda no colégio La Fléche. Porém, na sua explicação da queda livre, Descartes não incluiu esta teoria. É um fato. Qualquer outra afirmação parece uma especulação, para a qual não há argumentação baseada na *Phyisica-mathematica* e nas *Cogitationes privatae*.

Quanto a Galileu, ele se interessou pelo aspecto dinâmico da teoria de *impetus*, fundamentando a sua dinâmica (KOYRÉ, 1973, p. 140; GAUKROGER, in GAUKROGER, S.; SCHUSTER, J; SUTTON., 2000, p. 64). A partir da teoria do *impetus*, Galileu chegou ao conceito do *vis impressa* como uma força quantitativa determinável (mensurável) em termos de produto do peso e velocidade. Tal força se refere à capacidade do corpo de "superar resistência ou resistir a ação do outro corpo" (GABBEY, in GAUKROGER, 1980, p. 244). Galileu procurou associar a força do movimento ao *impetus*, como uma quantidade mensurável e exprimível em termos de matemática.

força da gravitação. Descartes pensou dela ainda no âmbito aristotélico. Isto é, um corpo não pode atuar à distância sobre outro. Mas, entendeu que a força fosse diferente e capaz de colocar algum corpo em movimento a partir do seu repouso.

Então, Descartes tentou explicar o paradoxo de acordo coma idéia corpuscular. Porém, para completar tal explicação, ele achou que seria necessário ligar os movimentos dos corpúsculos aos pontos no fundo dos vasos, expostos à pressão da água. Ao fazer isto, ele observou as tendências para o movimento dos corpúsculos. Ele interpretou estas tendências no sentido geométrico: cada movimento é geometricamente determinado. Assim, qualquer movimento é visto como a simples mudança da posição de um ponto ao outro. Do ponto *f* ao ponto *g*, por exemplo. A tendência ao movimento é apresentada por uma linha *fg* ao longo da qual a partícula se move. A explicação compreende o traçamento das linhas geométricas que representam diferentes tendências ao movimento de corpúsculos. Com base na apresentação dos movimentos pelas linhas, Descarte concluiu que a pressão sobre o fundo de B e D é igual. Sirven (1928, p. 85) mostrou como Descartes chegou a tal conclusão:

> Observamos, por exemplo, no fundo de um deles os três pontos *g*, B, *h e* no fundo do outro (vaso) os três pontos *i*, D, *l*; todos estes pontos sofrem a mesma pressão, porque esta pressão procede 'de linhas de água imagináveis que tem o mesmo comprimento'. A linha *fg* não é mais comprimida que *f*B, porque a pressão sobre o ponto *g* deve se exercer sempre verticalmente. Então, é necessário apenas aprovar que o ponto *f* exerce sobre os três pontos *g*, B, *h* a pressão igual àquela que está feita por três pontos *m*, *n*, *o* sobre os pontos *i*, D, *l*.

Sirven mostrou que a conclusão de Descartes envolve a aprovação de que o ponto *f* "exerce sobre os três pontos *g, B, h* a pressão igual àquela que está exercida por três pontos *m, n, o* sobre os pontos *i, D, l*". Qual aprovação? Assinalamos que se trata da aprovação em termos geométricos. Além de contar com movimentos geometricamente determinados, Descartes considerou a relação entre a superfície do topo da coluna da água e a superfície do fundo do vaso B no sentido geométrico, e concluiu que a primeira superfície é três vezes menor do que a superfície do fundo do vaso em questão. A partir dai, ele concluiu que *f* exerce a pressão sobre os três pontos do fundo do vaso. Como o fundo de B = o fundo de D, conclui-se que a mesma força total atua sobre os fundos em questão. É uma conclusão baseada na geometria, tirada da mesma maneira como a conclusão sobre a velocidade da pedra em queda (ver a figura 2). Trata-se da mesma abordagem geométrica das quantidades envolvidas nos fenômenos investigados (a queda livre e a pressão sobre o fundo dos vasos). Neste sentido, a explicação é geométrica.

Diante daquilo que foi dito sobre o paradoxo hidrostático, percebe-se que a sua explicação é geométrico-mecanicista. Geométrica, no sentido de visar às linhas geométricas como o objeto da investigação; a explicação se baseia na "leitura" das figuras geométricas. Mecanicista, desde então estas linhas se referem a corpúsculos em movimento, vistos como causas do fenômeno observado. Para finalizar: a explicação compreende o uso da geometria na investigação de um fenômeno natural composto de corpúsculos em movimento

(ii) Não há duvida nenhuma, a explicação do paradoxo hidrostático compreende a combinação entre a geometria e a idéia corpuscular-mecanicista. A realização de tal combinação faz possível a física-matemática. A questão é: como Descartes viu esta combinação? Para responder esta questão, vamos considerar o período entre a primeira tentativa de combinar a geometria com a idéia corpuscular-mecanicista (o fim de 1618) e a especificação de tal combinação no *Mundo* (1629-33). Isto significa que temos de contar com a *Physico-mathematica* (1618), as *Regulae* (1619-28), o *Mundo* e as cartas de Descartes escritas até 1630. A partir destes textos, é possível tirar as duas conclusões que fazem o cerne da resposta da questão colocada.

A primeira conclusão diz que a combinação citada exclui a submissão da geometria à física e *vice verse*. Neste sentido, a física-matemática não foi entendida por Descartes como 'matemática mista' de tradição aristotélica. Segundo esta tradição, ainda dominante na época de Descartes, a matemática mista inclui a relação entre duas ciências subordinadas entre si. Descartes abandonou a idéia da matemática mista e passou a unir geometria e física, no sentido de aplicar a geometria à natureza sem submeter uma ciência à outra. Ele forneceu a base para buscar a ciência matemática sobre a natureza, vista como uma união em que a geometria e a física não seriam subordinadas uma a outra.

A segunda conclusão visa ao fato de que a atenção de Descartes foi concentrada no aspecto geométrico da explicação física quanto ao período entre 1618 e o início da redação do *Mundo* (1629). Certamente, este aspecto estava no foco da atenção de Descartes antes de redigir o M*undo*, o texto em que a idéia corpuscular-mecanicista vem à tona. Apesar de aparecer ainda nas discussões com Beeckman, esta idéia ficou em segundo plano. Parece-nos aceitável a tese de Hatfield (1998), de que tal idéia foi enfatizada por Descartes só no *Mundo,* e após o ano 1630. É certo dizer que o foco da sua atenção foi a determinação do objeto da nova física em termos de quantidade e proporção.

Como-se vê, a consideração do paradoxo hidrostático leva à questão do uso da geometria na explicação física. É a questão que nos interessa. Já foi mostrado que esta questão aparece no foco do caso da queda livre. Então, olhando para a mesma questão presente nos casos acima considerados e para o período entre o fim de 1618 e a iniciação da redação do *Mundo*, conclui-se que o foco de atenção de Descartes era o aspecto geométrico da explicação dos fenômenos naturais. Daí impõe-se a necessidade de saber como o francês entendeu a quantidade e a proporção para podê-las aplicar à determinação do objeto da nova física, então à explicação matemática dos fenômenos naturais.

1.2. A QUANTIDADE GEOMÉTRICA

Ao longo dos anos 1620, Descartes elaborou a concepção da quantidade definida como divisível, mensurável, distinguida através de figura, tamanho e movimento, e idêntica à extensão.

Para tornar a natureza em algo matematicamente determinável e explicável, Descartes a identificou com a quantidade geométrica. Ele insistiu em tal identificação ainda no fim de 1618, e fez a sua especificação na década seguinte para chegar a tese central da nova física: coisas materiais = quantidade = extensão. A tese foi introduzida na parte 447:5-11 da regra XIV, redigida no período de abril a outubro de 1628, (WEBER, 1964, p. 206). Entre o inverno de 1618-19 e 1628, Descartes se empenhou na especificação da quantidade identificada com a natureza e colocada no foco da investigação física.

A nossa intenção é conhecer esta especificação a partir da *Physico-mathematica*, (1618), das *Cogitationes privatae* (1619-20) e das *Regulae* (1619-28). Trata-se de saber a definição da quantidade geométrica, com que Descartes contou na busca da nova física, e que nunca foi abandonada. Entre o inverno de 1618-19 e 1628, ele elaborou a definição que especifica a quantidade como:

mensurável;
divisível;
distinguida através de figura, tamanho e movimento;
extensão.

A definição cartesiana da quantidade se resume a esses pontos que mostram como deve ser determinado o objeto "que exigimos" para poder edificar a física capaz de explicar a natureza por meio da matemática. É a especificação do objeto determinado como geométrico em si.

1.2.1. A mensurabilidade

A regra XVI das *Regula*e (de 447:21 até o fim da regra) trata a mensurabilidade das quantidades envolvidas nas coisas do mundo físico. A mensurabilidade significa a possibilidade de determinar cada quantidade como certa grandeza. Cada quantidade é mensurável. Ela pode ser comparada com uma quantidade usada como base da comparação, chamada de unidade (449:26-27), "comum para todas as outras" (450:4) quantidades mensuráveis. Comparar alguma quantidade com a unidade é medir a mesma quantidade para determiná-la como uma certa grandeza. Assim, atribui-se à grandeza a um valor exprimível em números, com base no qual possamos dizer se esta grandeza é menor, igual ou maior que a outra. A partir daí, grandezas podem ser interligadas na forma de proporções entendidas como o fundamento da explicação matemática de problemas investigados. Este é o sentido da mensurabilidade das quantidades.

Na natureza, a mensurabilidade se mostra através de dimensões dos fenômenos existentes. A regra XVI aponta e explica isto. Ali, diz-se que a dimensão diz respeito ao aspecto sob o "qual se considera que alguma coisa é mensurável". Descartes anunciou que chamaria de dimensão qualquer aspecto sob o qual algum fenômeno pudesse ser medido para ser determinado como uma grandeza exprimível em números. Portanto, "não apenas o comprimento, a largura e a profundidade são as dimensões do corpo, mais ainda, a gravidade é a dimensão, segundo a qual, os objetos pesam, a velocidade é a dimensão do movimento, e uma infinidade de outros deste tipo" (447:24: 228). Tudo isto é mensurável, então, cabe no universo de dimensões da natureza. Vale à pena destacar que o conceito de dimensão tem a maior importância para a física. Tal importância vem do fato de que dimensões compreendem o mensurável na natureza e podem ser identificadas com vários aspectos dos fenômenos naturais, não somente com o comprimento, a profundidade e a largura. O conceito de dimensão admite que a física amplie o seu domínio para que abranja todos os aspectos dispostos a serem medidos e determináveis como grandezas, não apenas aqueles ligados a três dimensões do espaço.

1.2.2. A divisibilidade

A quantidade é divisível em partes menores até os corpúsculos divisíveis. Descartes alegou que não há corpúsculos indivisíveis. Corpúsculos divisíveis são as quantidades cuja divisibilidade se transborda até a infinidade. Ou, como afirmou Descartes: a quantidade geométrica é divisível indefinidamente. Ela usou o termo ‘indefinido’ desde achava que a infinidade pertencesse apenas a Deus. Quanto ao homem, ele pode saber somente que as coisas materiais são divisíveis no sentido indefinido. Parece que Descartes viu a divisibilidade como algo que nunca poderia ser conhecida totalmente pelo homem. Justamente isto sugere o termo ‘indefinido’. Nesse caso, pode-se perguntar: a divisibilidade é a última fronteira do conhecimento humano? Descartes não considerou esta questão. Não vamos respondê-la, por não haver argumento nenhum que possa apoiar alguma resposta possível. Prosseguimos a considerar a divisibilidade limitando-se naquilo que pode ser conhecido dos textos de Descartes redigidos até o *Mundo*, inclusive ele mesmo. Ainda na *Physica-mathemática*, considerando o problema hidrostático, Descartes pensou da divisibilidade dos fenômenos naturais, mas, só *no Mundo*, ele ofereceu a explicação do Universo divisível em corpúsculos cujos movimentos, regulados pelas leis da natureza, resultam em tais e tais fenômenos naturais que cercam o homem decidido de conhecê-los.

Também, o *Mundo* mostra claramente que a divisibilidade é um dos temas principais da física de Descartes. A sua importância vem da identificação dos fenômenos naturais com a quantidade geométrica. Por fazer tal identificação, segue-se que os fenômenos naturais são divisíveis, da mesma maneira como a quantidade geométrica. De modo geral, tal identificação compreende a possibilidade de dividir qualquer fenômeno natural em quantidades geométricas menores, quer dizer, superfícies e linhas, até corpúsculos estruturados no sentido de resultar nas mesmas quantidades reconhecidas no fenômeno observado: linhas, superfícies e corpos. Qualquer fenômeno natural está divisível em infinidade (indefinidamente) de acordo com a continuidade infinita da quantidade geométrica. Esta quantidade se pode dividir a partir de corpos, via superfícies, até linhas infinitivamente divisíveis em pontos; se divide para poder passar dos corpos até pontos, seguindo a continuidade sem fim (infinita). A continuidade infinita da quantidade geométrica significa entender a natureza como composta de corpúsculos infinitivamente divisíveis[26]. Descartes chegou a concluir isto a partir da identificação da natureza com a

---

[26] Neste momento pode ser conveniente assinalar que a idéia da continuidade e divisibilidade infinitas da quantidade geométrica, então da natureza idêntica a esta quantidade, corresponde a concepção do Deus como o criador e o mantedor do Universo. A divisibilidade infinita do Universo segue do poder e da criatividade infinitos de Deus. Assim, a questão da divisibilidade da natureza tem sua dimensão metafísica, desenvolvida por Descartes após o *Mundo*, nas *Meditações*. Apesar do fato de que o *Mundo* não trata questões metafísicas, este texto introduz a idéia sobre Deus como o criador do Universo,

quantidade geométrica (continua). Na realidade, ele seguiu um argumento usado contra o atomismo ainda na Grécia antiga, de que afirmar a não divisibilidade dos corpúsculos contradiz ao próprio conceito da quantidade contínua. É logicamente contraditório afirmar ao mesmo tempo a divisão dos corpos contínuos e a existência dos corpúsculos não divisíveis. Identificando a natureza com a quantidade continua, Descartes adotou tal argumentação, alegando a divisibilidade infinita, ou indefinida, dos fenômenos naturais. Como sabemos, tal interpretação da divisibilidade ficou ligada à rejeição do atomismo ao lado de Descartes. Ele combateu o atomismo em dois pontos inaceitáveis por ele: a divisibilidade dos corpúsculos e o vácuo[27]. Neste sentido, ele escreveu a Mersenne na carta de 15 de abril: "Estes pequenos corpos que entram quando uma coisa se rarefaz, e que saem quando se condensar... não precisam ser imaginados como átomos" (AT, I, p. 139:25-140:14). Em seguida, Descartes negou outro ponto essencial do atomismo, o vácuo: "não há nada no vácuo, aquilo em que eu acredito pode ser demonstrado" (Ibid., p. 140:9-10). Continuando, ele não demonstrou e nem explicou porque pequenos corpos não poderiam ser imaginados como átomos movidos no espaço. Porém, fica claro que ele recusou o atomismo, quer dizer as suas idéias sobre a indivisibilidade dos átomos e o vácuo em que eles se movem. Para Descartes, o mundo material é infinitamente divisível e não existe o vácuo.

---

distinguido pela infinidade do seu poder, da sua compreensibilidade (razão) e da sua capacidade de criar coisas à vontade absolutamente livre de qualquer determinação.

[27] Na realidade, a interpretação de Descartes sobre a divisibilidade dos fenômenos naturais foi uma das tentativas de descrever a natureza, por meio de corpúsculos em movimento. Na primeira parte do século XVII, qualquer tentativa deste tipo foi o apelo para nova era cientifica (MEINEL, 1988, p. 68), marcada pela recusa da física aristotélica (baseada na teoria das formas substanciais) e pela busca de uma nova ciência sobre a natureza. Entre tentativas, o atomismo foi a interpretação dominante da divisibilidade (GARBER, 1992, p. 117), na época de Descartes. O atomismo explicou a natureza em termos de tamanho, forma e movimento de corpúsculos indivisíveis, chamados átomos, livres de características como o odor, a cor, a temperatura, o paladar e etc. Tal explicação do mundo, surgida na Grécia antiga (Lucrécio. Demócrito e Epícuro) ganhou grande prestígio na primeira parte do século de XVII

Na realidade, o interesse pelo atomismo foi promovido graças ao surgimento do texto perdido de Lucrécio *De rerum natura* publicado em 1417. Tal interesse aumentou quando foi editada, em 1473, a biografia dos filósofos gregos escrita por Diógenes Laertes. Os dois últimos livros desta biografia tratam da filosofia de Leucipo, Demócrito e Epicuro. O físico italiano Giralomo Fracastoro foi um dos primeiros que uso o atomismo grego na explicação dos fenômenos físicos e químicos (*De simathia et antipathia rerum*, a obra publicada em 1545).

Na época de Descartes, o atomista mais conhecido foi Pierre Gassende (1592-1655). A sua teoria se baseia no atomismo de Lucrecio e Epicuro, e não apresenta nenhuma novidade na explicação atomista do mundo (BRÉHIE, 2004, p. 726). Segundo ele, os átomos não são mutáveis, têm formas diferentes, ficam mergulhados no vácuo e são movidos por Deus. Também, Gassende afirmou que os átomos fossem criados por Deus. Foi uma alegação direcionada a impedir a condenação do atomismo pela igreja.

O outro filosofo, Sebastiano Basso foi um dos atomistas mais influentes no começo do século XVII (MEINEL, 1988, p. 74). A sua idéia chave é que átomos mergulham no éter fluido e contínuo. Basso tentou explicar a natureza em termos de agregados formados de átomos existentes no éter.

O conhecimento do micro nível da natureza. A idéia sobre o mundo constituído de "pequenos corpos" gerou um problema enfrentado por todos que pretendiam explicar a natureza em termos de corpúsculos, sejam atomistas ou não. O problema vem dos corpúsculos caracterizados pela invisibilidade. Daí tem esta pergunta: como algo invisível pode se tornar o objeto da investigação? A pergunta tomou uma forma bem precisa: como é possível a passagem do macro (visível) ao micro nível (invisível), para este se tornar conhecido? Ou, como é possível ter conhecimento do micro nível da natureza?

A resposta de Descartes desta questão é essa: a passagem acima apontada é possível porque tratar-se de mesmas quantidades geométricas e suas proporções. O tamanho não tem importância nenhuma, seja o macro, ou micro nível. O que importa é as quantidades e proporções serem as mesmas, tanto no macro quanto no micro nível da natureza. No micro nível, quantidades e suas proporções aparecem reproduzidas em miniatura daquilo que está visível no macro nível. A divisibilidade em partes menores é da mesma quantidade contínua: não tem importância se partes as menores são visíveis ou não. Não há diferença alguma. Então fica claro, aquilo que é válido para o macro nível deve valer também para o micro nível. Isto significa que em todos os níveis da natureza poderiam ser reconhecidas as mesmas proporções interligando as mesmas quantidades geométricas. Descartes afirmou que o conhecimento sobre o macro nível valesse igualmente para o micro nível dos fenômenos naturais. Ainda, a passagem de um para o outro nível está realizada pelo uso da geometria na investigação física. A geometria oferece os conceitos igualmente aplicáveis ao macro e micro nível. Estes conceitos (de grandeza, figura, movimento, medida, ordem etc.) possibilitam reconhecer e explicar quantidades geométricas dos corpos tanto visíveis quanto invisíveis. Em outras palavras, a via que conduz a conhecer o micro nível da natureza passa pelo conhecimento geométrico do macro nível dos fenômenos investigados. O fato de que os fenômenos investigados envolvem partes visíveis (macro-nível) e imperceptíveis (micro-nível) não muda nada em relação ao seu conhecimento: são conhecidos com base no fato de ser sempre a mesma quantidade tratada pelo mesmo conjunto de conceitos geométricos válidos para todos os níveis do fenômeno investigado.

1.2.3. Tamanho, figura e movimento

São as características geométricas da quantidade geométrica. Elas definem cada coisa material como tal e tal. Coisas são individualizadas com base no tamanho, figura e movimento.

O tamanho. É uma característica graças a qual, cada quantidade é individualizada para poder ser determinada como certa grandeza. Todas as quantidades têm seu tamanho mensurável. O que significa a possibilidade de tratá-las como grandezas numericamente exprimíveis e calculáveis de acordo com regras e leis da matemática.

A figura. Quantidade continua toma forma de figuras geométricas. Descartes escreveu na regra XIV: “Um corpo verdadeiro... é figurado” (441:12). É uma definição do corpo. Como a entender? Da mesma regra, chega-se a entender que a resposta desta questão é essa: o corpo é quantidade continua tomando alguma figura, para ficar individualizado como tal e tal, e desta maneira distinguido de todos os outros corpos ao redor dele. Cada corpo é figurado. Ou, figuras são em corpos, estão sendo idênticas a próprios corpos.

Figuras em coisas são as mesmas figuras da geometria. Ao mesmo tempo, figuras existem no mundo externo e pertencem ao pensamento humano. Só figuras aparecem tanto na natureza como no pensamento humano. Descartes viu nelas aquilo em que deveria ser baseada a explicação matemática da natureza. Ele deu à figura a posição privilegiada (MARION, 1981) na física no sentido de que a edificação desta ciência aconteça em torno da investigação de grandezas e proporções incluídas nela. Para esclarecer o que está em questão perguntamos: o motivo pelo qual Descartes atribuiu a posição privilegiada à figura? Obviamente, não é suficiente apenas dizer que a figura aparece na natureza e no pensamento humano para responder esta pergunta. É necessário conhecer os aspectos da figura, capazes de possibilitar a explicação matemática dos problemas investigados.

Figura compreende os seguintes aspectos que a colocam na posição privilegiada: (1) é encontrada na natureza e em todas as instâncias da aquisição do conhecimento sobre a natureza, (2) é determinada em termos de relações proporcionais, (3) a partir dela é possível alcançar as idéias dos fenômenos naturais e, “mais facilmente” (a regra XIV) exprimir as proporções envolvidas nos fenômenos inquiridos.

(1) Figuras “se situam, pode-se dizer, fora do espírito, nas coisas” (MARION, 1991, p. 233), aparecem nos sentidos em que estas coisas são dadas para o homem, surgem na imaginação e ficam ligadas às idéias claras e distintas dos fenômenos naturais. Isto é, no processo da cognição, a figura permanece a mesma figura (por exemplo: linha ou um triângulo), situada na natureza, imprimida nos sentidos, transportada para a imaginação e representada pelas idéias dos fenômenos observados. Por aparecer na natureza e em todos

os níveis da aquisição do conhecimento sobre o mundo externo, permanecendo a mesma figura, Descartes a determinou como a base da explicação matemática dos fenômenos naturais. Ele achou que ficasse possível edificar a física graças ao aparecimento da figura em todas as instâncias do processo da cognição dos fenômenos naturais.

No processo da cognição, a imaginação é o lugar onde figuras se tornam acessíveis à razão responsável pela produção da ciência. Trata-se de uma faculdade que compreende a formação das “imagens dos corpos” (416:20). Na imaginação aparecem figuras transportadas dos sentidos ou formadas pela proporia imaginação. Estas figuras podem ser abordadas pela razão que produz idéias sobre os fenômenos naturais, usadas na construção da física. Como se percebe, a imaginação é a única faculdade cognitiva ligada ao mesmo tempo, à natureza e à razão. Estas duas se encontram na imaginação. O encontro acontece através da figura. Trata-se da figura transportada dos sentidos à imaginação, onde se torna acessível à razão que a partir dela, produzirá a idéia da coisa material (417:1-4). A figura, somente ela, liga o mundo externo com os sentidos, a imaginação e a razão.

Mas como é isto possível?

(2) É possível, porque Descartes definiu a figura em termos de proporção; ela parece uma estrutura, cujos segmentos são relacionados na forma de proporções. Ela é a estrutura reduzível às proporções. Trata-se de proporções que tomam a forma de uma figura identificada pelo homem, na busca do conhecimento sobre a natureza. A figura definida como uma estrutura, cujos segmentos são interligados em forma de proporção, é comum para a natureza, a imaginação e as idéias dos fenômenos naturais, usadas na edificação da física.

Pela definição da figura em termos de proporção, Descartes mudou o modo de ver e definir a própria figura. Não focalizou a figura em si, por exemplo, círculo, triângulo, retângulo, e etc., como tal, quer dizer, o seu caráter pré-estabelecido nos *Elementos* de Euclides, mas sim, prestou atenção nas relações proporcionais entre segmentos que a constituem. Portanto, a figura é uma estrutura composta de linhas interligadas na forma de proporções, vistas como a base da compreensão e explicação da própria figura. Para conhecê-la, não se precisa considerar nada mais que proporções que ligam segmentos da própria figura. Descartes mostrou isto na regra XVI das *Regulae*. Nela, ele falou do triangulo retângulo ABC (458:25) e relatou como seria possível determinar AC, quer dizer saber a sua grandeza, a partir de proporções entre os lados AB e BC (ver a figura 1.4). O triângulo mencionado e seus lados se tornam conhecíveis em termos de proporção.

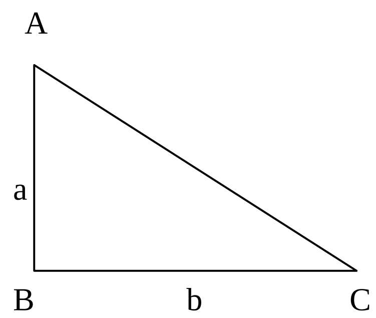


Figura 1.4 - O triângulo fica conhecível em termos de proporção

Por exemplo, a grandeza do lado AC fica conhecível “a partir das grandezas dos lados” (458:27) do triangulo (AB e BC), interligados na forma da certa proporção. O foco da investigação está nesta proporção, não na natureza do triângulo retângulo como tal. Mas, Descartes não parou por aqui. Terminando o relato sobre o triangulo ABC, ele insistiu a denotar AB como *a* e BC como *b*, onde *a* e *b* poderiam se referir a qualquer quantidade. Assim, ele definiu a figura em termos de proporções relacionáveis a qualquer quantidade, seja matemática, ou seja, envolvida na natureza. A figura aparece a base da solução e explicação tanto dos problemas matemáticos quanto dos problemas físicos. O mesmo conceito de figura fica igualmente usável na matemática e na física.

(3) Ainda em *Cogitationes privatae* (AT, X, p. 215:18-216:18, 219:5-26) Descartes insistiu que as idéias dos fenômenos naturais dependem da figura. Alguns anos depois, na regra XIV, ele diria que: “somente através das figuras pode-se forjar as idéias dos fenômenos naturais” (450:11). Nas regras XII e XIV e XV, Descartes mostrou, sem deixar dúvidas, que as idéias das coisas do mundo físico dependem das figuras que “se fazem ver nos sentidos externos” (453:3) e em seguida ficam “transportadas” para “formar na fantasia ou imaginação... estas mesmas figuras” (414:19), onde a razão as encontra para construir as idéias claras e distintas dos fenômenos naturais. Em outras palavras, figuras servem como a base da explicação científica de qualquer problema investigado, matemático ou físico. Descartes finalizou a regra XIV, dizendo: “por estas mesmas figuras, pode-se conhecer ou grandezas continua ou números; e para expor todas as diferenças de relações, nada pode ser mais simples achar pela indústria humana” (452:22-25). Assim, Descartes expressou, sem deixar dúvida nenhuma, a idéia chave quanto à figura vista da perspectiva da possibilidade do conhecimento cientifico: figura é capaz de “expor todas as diferenças de relações”, quer dizer de proporções envolvidas nos problemas investigados. Ainda,

achar figuras capazes de fazer isto parece uma tarefa “mais simples” para “a indústria humana”, para o homem buscando o conhecimento do mundo. Portanto, na regra seguinte, XV, Descartes recomendou que “é útil passar usar o tempo descrevendo estas figuras” (453:2) que servem

O movimento. Segundo Descartes, do movimento dependem tamanho, figura e individualização de corpos como tais e tais. E a sua investigação admite seguir o funcionamento da própria natureza e de seus vários processos. Concordamos com Garber (in COTTHINGAM, 2005, p. 303) dizendo que o movimento é crucial para a física cartesiana, cujo entendimento depende do esclarecimento da questão do movimento. Esta questão se resume aos seguintes tópicos: (i) à definição do movimento e (ii) às leis do movimento, que reinam e regulam tudo que ocorre na natureza.

(i) Como Descartes entendeu movimento? É razoável exigir que a resposta desta pergunta forneça a definição cartesiana do movimento. Entretanto, quando buscar tal definição, enfrenta-se o fato de que ela aparece pela primeira vez no *Mundo.* Dá a impressão que ao longo de mais de uma década, Descartes evitou estabelecer a definição do movimento. É provável que ele fizesse assim por dois motivos. Um motivo se refere ao fato de que, antes de começar a redação do *Mund*o, o interesse principal de Descartes foi mostrar como deveria ser matematicamente determinado o objeto da nova física. O outro se encontra na regra XII, nos parágrafos 425:20-26 – 4271-3. É o fato de que o movimento é uma “coisa perfeitamente conhecida por qualquer um” (426:19). Conhecida no sentido de ser uma natureza simples alcançável pela intuição (ver o capitulo dois). Desde o movimento concerne a naturezas simples, não precisa da definição nenhuma.

Apesar de não estabelecer alguma definição até o *Mundo*, Descarte usou a idéia do movimento geometricamente determinado na explicação matemática dos fenômenos investigados, começando com a queda livre e o paradoxo hidrostático. Assinalamos que esta idéia se tornou a base da definição do movimento no *Mundo* e nos Princípios. Ela não era nunca abandonada por Descartes. Por isto veremos adiante o que compreende a determinação geométrica do movimento.

Em primeiro lugar, quanto a esta determinação, o movimento é considerado do ponto de vista de relações relativas ao espaço, excluindo o tempo. Ou, como apontou Koyré (1973, p. 199): “o movimento é considerado uma translação puramente geométrica de um ponto ao outro”. Assim determinado, o movimento se compreende como uma simples mudança na posição de corpos, a mudança representada pela linha AB na apresentação geométrica da queda da pedra (ver a figura 2). Parece óbvio que o movimento não é considerado em termos de tempo. De fato, na explicação de Descartes da queda livre, o tempo foi eliminado, quer dizer ficou apenas espaço apresentado pela figura triangular ABC (a figura 1.2). Nesta figura, a variação da velocidade (a aceleração ocorrida em relação ao tempo[28]) parece apresentada geometricamente através de quadrados *adle*, *dmfg*, etc., de algo cujo tratamento cabe na geometria. Descartes define a variação citada em termos de "ponto de movimento" (o primeiro, o segundo, o terceiro, etc. ponto de movimento) conforme a equivalência entre o princípio de que a velocidade é proporcional ao espaço percorrido e o princípio de que o espaço percorrido é proporcional ao tempo decorrido. Na realidade, as instantes de tempo são consideradas em termos de pontos de espaço. Desta forma, a variação da velocidade se tornou apresentada pelas figuras geométricas *adle*, *dmfg*, etc. A própria aceleração, ocorrida em relação ao tempo, se descreve em termos de acumulação de pontos de movimento geometricamente tratados e calculados. O movimento e todos os seus aspectos, como a aceleração, são determinados em termos de espaço e relações relativos ao espaço.

Segundo, a questão da força responsável pelo movimento fica excluída da determinação geométrica. Isto mostra claramente o caso da queda do corpo. Ele não discutiu a causa do movimento nem indicou algum agente causador. Para evitar a confusão possível ligada ao fato de que Descartes fala da força da terra, é importante mencionar que se deve diferenciar a força que causou a pedra a partir do repouso de um ponto para outro, ou seja, o agente causador, e a força da terra que atrai a mesma pedra (o corpo pesado) resultando na aceleração do movimento. Na *Physico-mathematica*, Descartes falou desta força, não da força responsável pelo movimento. Tal diferença parece facilmente percebível pelo fato de que cada corpo em repouso para que se possa mover precisa de algum agente capaz de causar o movimento cuja aceleração dependerá da atração da terra. Na *Physico-mathematica*, Descartes aponta a atração da terra e não a força capaz de causar o movimento. Simplesmente, na *Physico-mathematica*, não se trata desta força; nem tampouco nas *Cogitationes privatae*. Nem poderia, pois desde visa-se à mostrar como funciona a explicação geométrica do movimento.

---

[28] A aceleração é a taxa de variação da velocidade com o tempo. O movimento uniformemente acelerado tem a aceleração de valor constante. Hoje, a equação que expressa a aceleração é: a = [illegible] . Daí, a velocidade em qualquer instante da queda pode ser calculada pela seguinte equação: $v = v_0 + a\,(t-t_0)$. Como vimos, Descartes transformou a questão da aceleração, expressa em termos de tempo, numa questão considerada em termos de espaço. Portanto, os conceitos e leis da geometria se aplicam ao espaço.

Terceiro, Descartes entendeu o movimento independente da direção do movimento do corpo movido. Ele diferenciou o movimento e a sua direção definida em termos de uma linha apresentada pela linha geométrica cuja seta indica a direção do movimento. A direção não é incluída no movimento como algo do que o próprio movimento dependa. Com isto, Descartes recusou a idéia aristotélica sobre o lugar natural de corpos. Aristóteles afirmou: "cada corpo é conduzido para o seu lugar apropriado" (*Física*, IV, 4), quer dizer, o lugar natural como o centro da Terra para corpos pesados[29]. Conforme esta idéia, a direção do movimento de cada corpo cadente tem o seu ponto final em lugar natural. Aristóteles e os escolásticos acharam que desta direção dependia do próprio movimento como tal. Ou, o movimento é natural por depender da sua direção fazendo com que cada corpo pesado caia para baixo. A direção é um fator que faz o próprio movimento tal como é, no sentido de que cada corpo tende a cair em seu lugar natural. Em sentido oposto a Aristóteles e aos escolásticos, Descartes alegou que o movimento não era dependente da sua direção. Em outras palavras, não há alguma teleologia do movimento defendida por Aristóteles e os escolásticos. O movimento não é determinado por algum objetivo que deva ser alcançado para que o movido tenha de cair em algum lugar chamado natural.

Diante daquilo que foi dito, percebe-se que a determinação geométrica do movimento não diz nada sobre o movimento em si. Mas, a explicação dos fenômenos particulares compreende a descoberta das causas dos fenômenos investigados. Estas causas dizem respeito a corpúsculos em movimentos envolvidos nos fenômenos observados, onde movimentos regulados pelas leis da natureza determinam estruturações dos corpúsculos produzindo tais e tais fenômenos. Claro que para alcançar causas dos fenômenos, além da determinação geométrica do movimento (além de vê-lo como o deslocamento de um ponto ao outro) é necessário saber o que é o movimento mesmo, em si. É necessário ter a sua definição para usá-la na investigação física. Tal definição é capaz levar à explicação das

---

[29] Cada corpo tende a "seu lugar apropriado". Para corpos pesados, este lugar é o centro da Terra; quando se mover, eles caem para baixo, na direção do centro da Terra. Quanto aos corpos leves, seu lugar natural fica entre a Terra e a Lua; o seu movimento é para cima.

Daí Aristóteles concluir, que o deslocamento de corpos do seu lugar natural acontece pela violência. É necessária alguma violência para o corpo se achar fora do seu lugar. Neste sentido, há distinção entre o movimento natural e violento, entre o movimento na direção do lugar natural e aquele ligado ao deslocamento do corpo em relação a seu lugar.

Koyré (1943) explicou que a concepção do lugar natural corresponde à idéia do mundo visto como Cosmo em que cada coisa tivesse seu lugar na ordem estabelecida. Para manter o equilíbrio e a ordem, é necessário que cada corpo ocupe o seu lugar natural. O que significa que cada corpo deslocado tende a voltar ao seu lugar natural. "Então, cada movimento implica em algum tipo de desordem cósmica, o distúrbio do mundo-equilibrio" (Ibid., p. 408). A única distinção é que o movimento natural contribui para o restabelecimento do equilíbrio perdido, entretanto, o movimento violento resulta no deslocamento do corpo de seu lugar natural, quer dizer, no desequilíbrio.

causas dos fenômenos investigados. Descartes enfrentou esta necessidade quando compôs o *Mundo.* Ali, ele tentou, pela primeira vez, definir o movimento como tal. Fez no capítulo VII (*Sobre as leis da Natureza e este novo mundo*). Neste capítulo, ele rejeitou a concepção aristotélica do movimento e estabeleceu a sua definição:

> Os filósofos supõem que vários movimentos considerados podem ser realizados sem o corpo mudar de lugar. Eles os chamam m*otus ad formam, motus ad calorem, motus ad quantitatem* (movimento para a forma, o movimento para o calor, movimento par a quantidade), e milhares de outros. Eu conheço somente aquele que se compreende mais facilmente, como se compreendem as linhas da Geometria, fazendo que os corpos passem de um lugar para outro e ocupem sucessivamente todos os espaços entre eles (AT, X, p. 39:23-28; 40:1-5).

Descartes recusou a definição do movimento dos filósofos (isto é, daqueles que defendiam a concepção aristotélica), dizendo que não se tratava de vários tipos de movimento identificado com o processo da mudança[30] do próprio corpo. Afirmando o movimento como o processo da mudança, disse Descartes, os filósofos pensam que movimentos poderiam "ser realizados sem algum corpo mudar do lugar", quer dizer, eles pensavam que poderia haver movimentos sem movimento. Para ele, o único movimento existente é o movimento local consistindo na mudança de um lugar para outro através de uma sucessão de "todos os espaços entre eles". Esta definição se baseia na idéia da determinação geométrica, quer dizer, na idéia de que "os corpos passam de um lugar a outro". Mas desta vez, a referida passagem se define em termos de sucessão dos espaços realmente existentes entre dois lugares, entre os quais ocorre a passagem em questão. Como o corpo = a extensão = o espaço, Descartes viu tal definição explicando o movimento como tal. No contexto desta identificação, a expressão: "os corpos passam de um lugar a outro e ocupam sucessivamente todos os espaços entre eles" vira a definição do movimento em si. Em outras palavras, a definição acima citada fica compreensível à luz da identificação anunciada na regra XIV e confirmada no *Mundo* como a base da explicação do mundo: o corpo = a extensão = o espaço.

No *Mundo*, pela necessidade de mostrar como causas dos fenômenos naturais podem ser investigadas e explicadas, Descartes apresentou a definição do movimento. Nos *Princípios* (a parte II, o artigo 25), ele expôs a definição mais precisa e formal. Conforme ela, o movimento "é o transporte de uma parte da matéria, ou de um corpo vizinho, dos

---

[30] Segundo Aristóteles, o movimento é o processo de mudança do próprio movido A idéia chave da definição de Aristóteles é que o movimento parece o processo de mudança graças ao qual "coisas vêm a ser tais e tais" *Física* (II, 7). Portanto, o processo envolve a mudança do movido tanto em si mesmo quanto em relação a outros. Mudam o próprio corpo e a sua relação com outros corpos. A definição do movimento como um processo da mudança compreende o movimento visto como a atualização: "coisas vêm a ser tais e tais". Descartes rejeitou tal definição negando.

corpos que o tocam imediatamente, vistos como os corpos em repouso, para a vizinhança de quaisquer outros (corpos)” (AT, IX, p. 76). Esta definição se mostra mais precisa e formal por explicar que: (1) o transporte é recíproco, (2) o movimento tem sua direção, (3) o repouso e o movimento são os estados do corpo.

(1) No artigo 29 da parte II dos *Princípios*, Descartes explica que o transporte é recíproco por saber que “o corpo AB está transportado da vizinhança do corpo CD quando soubermos também que o corpo CD fica transportado da vizinhança do corpo AB” (AT, IX, p. 78). O movimento envolve a passagem de uma vizinhança a outra. A vizinhança significa estar contíguo. Estar contíguo é estar em repouso. O transporte é a separação dos corpos AB e CD um do outro (a figura 1.5). Então, deve ser entendida como recíproca. AB está separado do CD e *vice versa*. Dizer que AB está em movimento significa relatar que CD está em separação, em relação a AB; a sua vizinhança está quebrada, AB e CD não estão contíguos. AB se separa do CD, a saber, está em movimento na direção da outra vizinhança.

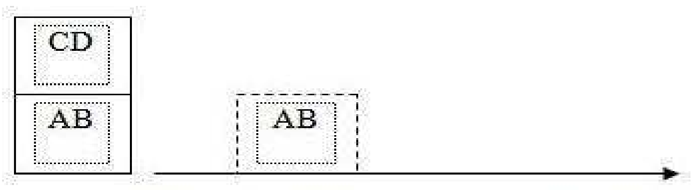


Figura 1.5 - O transporte na direção da outra vizinhança

(2) A separação acontece em forma de movimento do corpo na direção de alguma outra vizinhança (a figura 1.5). Ou, o movimento toma a direção certa, é a direção da outra vizinhança. Descartes definiu o movimento em termos de direção. Para ele, isto significou diferenciar o movimento e a tendência para movimento, entendida como a inclinação de se mover na certa direção. A inclinação a se mover é diferente do movimento (AT, IX, p. 44). Mas, contra o Aristóteles, nem tendência nem a direção miram algum lugar natural. O movimento não fica determinado por algum lugar em que deve terminar para cumprir seu objetivo. A direção seguida por corpo em movimento depende das leis do movimento. Tanto a tendência para movimento quanto a direção não compreendem teleologia nenhuma. Simplesmente, o movimento em si não se define em termos de lugar natural em que ele tem de terminar, como acharam Aristóteles e os filósofos (os escolásticos).

Quanto à definição da direção do movimento, concordamos com Des Chene (Ibid, 283, 285-6) que sugeriu que ela deveria ser compreendida “em termos da relação dos pontos da linha reta”. A direção para o movimento é apresentável geometricamente pela linha com seta que indica a certa direção (ver a figura 1.5) [31].

(3) Na definição acima citada, a vizinhança é entendida como o repouso dos corpos em contíguo. O movimento compreende a separação de tais corpos. Qualquer corpo está em repouso ou em movimento, ou seja, está na vizinhança dos outros corpos ou separado deles. Mas, como o repouso e o movimento devem ser definidos em relação ao próprio corpo? Aristóteles e os escolásticos acharam que se tratava da mudança do próprio corpo. Nos *Princípios* (a parte II, o artigo 25), quanto ao movimento, Descartes respondeu: “entendo que ele é uma propriedade do movido; o repouso é uma propriedade “da coisa que está em repouso”. Movimento e repouso são definidos como os estados do corpo. São os estados que não afetam o corpo, este não muda em si mesmo. Nele, não muda nada, apenas foi transportado de uma vizinhança para outra. Desde que o corpo não mude, os estados mencionados são ontologicamente iguais. Eles podem ser diferenciados a partir do transporte, quer dizer, com base na separação de um corpo da sua vizinhança para que passe a outra.

Por elaborar os pontos (1), (2) e (3), Descartes considerou a definição do movimento concluída[32]. Assinalamos que esta definição incorpora tanto a determinação geométrica surgida ainda no fim de 1618 quanto à definição oferecida no *Mundo.* Há a continuidade entre elas. Uma continuidade a ser considerada quanto à concepção do movimento em Descartes.

(ii) Esta concepção se torna completa só pelo estabelecimento das leis que governam

---

[31] Ainda no *Mundo* (capitulo VII, p. 43-44) Descartes insistiu que qualquer movimento, inclusive aquele “em linha curva”, quer dizer, “da maneira circular”, deveria ser observado no sentido de que em cada instante ele “tende a continuar em linha reta”. A tendência para o movimento em cada instante é a tendência para o movimento retilíneo. Movimento num instante tem a direção seguindo linha reta.

[32] Falamos da concepção aristotélica do movimento, depois de considerar a definição de Descartes, seria conveniente salientar a diferença entre elas. Como estas diferenças foram discutidas, vamos as enfatizar da seguinte maneira:

A concepção aristotélica	A definição de Descartes
O movimento é o processo da mudança do movido.	O movimento é o transporte do corpo sem mudar o próprio corpo.
O lugar natural.	A direção do movimento dependente das leis da natureza.
Não é possível a determinação em termos de matemática.	A determinação geométrica.

os acontecimentos da natureza e o comportamento dos corpos. Como os acontecimentos e o comportamento citados dependem do movimento local, Descartes entendeu que as leis governavam o movimento dos corpos. Portanto, são leis do movimento. Eles tornam possível explicar como o movimento determina tamanho e figura dos corpos individualizados como tais e tais coisas existentes. Descartes formulou pela primeira vez estas leis no *Mundo*, no capítulo VII (*As leis da Natureza deste novo Mundo*). Nos *Princípios*, na parte II, as leis tomaram a forma nova e definitiva. Apresentamos a formulação das leis tanto no *Mundo* quanto nos *Princípios:*

O Mundo	*Os Princípios da filosofia*
"A primeira é: Cada parte da matéria considerada por si mesma continua no mesmo estado até o encontro com as outras, para então mudar... E, uma vez começando a se mover, ela continuará sempre com a mesma força até as outras a detê-las ou a retardarem" (AT, XI, p. 38). "Eu suponho a segunda Regra: Quando um corpo empurra o outro, ele não lhe dá movimento algum. Ao mesmo tempo, não perde o seu movimento, como também não recebe o outro para aumentar o seu movimento na mesma medida". (Ibid., p. 41) "Acrescentarei pela terceira (Regra): Quando um corpo se move, mesmo quando o seu movimento se realiza na forma da linha curvada,... todavia, cada uma das suas partes, considerada por si mesma, envolve sempre o movimento em linha reta" (Ibid., p. 43-44).	"A primeira lei da natureza: cada coisa permanece no estado, enquanto nada o mudar" (AT, IX, A segunda parte, o artigo 37). "A segunda lei da natureza: cada corpo em movimento tende s continuar seu movimento em linha direta". (Ibid., o artigo 39). "A terceira lei: se um corpo em moviemnto encontra um outro mais forte dele, não perderia nada do seu movimento. Mas se encontra o corpo mais fraco que possa ser movido por ele, perderia tanto movimento como daria ao outro corpo" (Ibid., o artigo 40).

Tabela 1.1 - As leis do movimento

Como se pode ver, a ordem das leis é diferente em dois textos. A segunda e terceira lei dos *Princípios* corresponde respectivamente à terceira e à segunda lei do *Mundo*. Em conjunto, a primeira e segunda lei dos *Princípios* expressam a lei da inércia. Da apresentação das leis pela tabela 1.1, percebe-se que a lei da inércia foi estabelecida já no

Mundo. Hoje em dia, a lei tem a seguinte forma: “se um objeto é deixado sozinho e não é perturbado, ele continua a se mover com uma velocidade constante em uma linha reta, originalmente ele se move assim ou continua parado se assim o estiver.” (FEYNMAN, P., LEIGHTON, R.; SANDS, M. 2008, I, p. 9-1). Koyré (1986) assinalou que esta lei tem a importância capital para a física porque implica numa nova concepção do movimento, onde o repouso e o movimento são entendidos como estados ontologicamente iguais entre si. Isto tem como conseqüência que nenhum deles afeta o corpo, não causa mudança alguma no próprio corpo. Um estado pode ser atribuído ao corpo somente em relação ao outro corpo. “O movimento é assim concebido como estado; mas isto não é um estado como os outros: é um estado-relação” (Ibid., p. 163). Parece claro que tal concepção do movimento mudou o modo de ver o objeto da investigação física. Precisamente, um dos seus aspectos chave é o movimento que passou a ser determinável e compreensível em termos de geometria. Isto porque o movimento não era mais visto como o processo da mudança do corpo movido, mas sim como o estado atribuído a um corpo em relação ao outro corpo. Assim, o movimento se torna apresentável pela linha geométrica e tratável pelos conceitos geométricos e por meio de leis da geometria.

Sabendo isto, surge a questão de como Descartes viu o funcionamento das leis na natureza. Ele mesmo respondeu esta questão no *Mundo*, no comentário sobre as duas primeiras leis do movimento. Neste comentário, que vamos citá-lo na íntegra, Descartes explica como as leis são introduzidas na natureza e como funcionam. Apontamos que este comentário é essencial também para entender a idéia de fundar a física na metafísica. É idéia envolvida na concepção da física cartesiana e aplicada ao *Mundo*. Neste sentido, o comentário mencionado tem a importância que se estende além da mera consideração do movimento e deve ser ligado à questão da fundamentação metafísica da física[33] (ver o capitulo III). No comentário, Descartes escreveu sobre as duas primeiras leis da natureza:

> Estas duas leis seguem da seguinte: que Deus é imutável e age sempre da mesma maneira, ele produz sempre o mesmo efeito. Supondo que ele colocou alguma quantidade de movimentos na matéria em geral, então é necessário reconhecer que ele a preservou do primeiro instante em que a criou sem crer que ele agisse sempre do mesmo modo. E supondo que desde o primeiro instante, estes movimentos, desigualmente dispersos em partes da matéria em geral, são detidos ou transferidos de uma parte a outra, sugerindo que eles continuem a mesma coisa. Este é o conteúdo destas duas leis. (AT, XI, p. 43)

[33] Sugerimos que este comentário seja relacionado com a idéia de fundar a física na metafísica, anunciada na carta de Descartes a Mersenne em 15 de abril de 1630. Ali, ele falou da intenção de “achar os fundamentos da Física” na metafísica (AT, I, p. 144). Do *Mundo*, fica claro que tal ligação acontece porque Deus cria continuamente o mundo, colocando nele as leis do movimento.

As leis colocadas na natureza por Deus, disse Descartes, apontam a criação divina contínua (Deus imutável "age sempre da mesma maneira") e a conservação da mesma quantidade do movimento (Deus "a preserva a desde o primeiro instante em que a criou"). Deus cria continuamente o mundo (a criação contínua) e preserva para sempre a mesma quantidade do movimento (a conservação da quantidade do movimento), colocando as leis do movimento no mundo em que tudo ocorrer de acordo com estas leis mesmas. Não importa o fato de que movimentos possam ser desigualmente dispersos na matéria como um todo desde Deus cria continuamente o mundo e mantém a mesma quantidade do movimento. Descartes expressou isto no *Mundo*: "Deus conserva cada coisa por uma ação contínua".

Olhando para as leis citadas, introduzidas por Deus na natureza, percebe-se que elas compreendem a força responsável pelo movimento. A verdade é que esta força não foi considerada no *Mundo*. Mas fica claro que leis pressupõem a força vista como a causa movimento. Uma força não nomeada, ainda, no *Mundo*. Isto acontecerá nos *Princípios*, na parte II, o artigo 36, onde Descartes disse: "Deus é a primeira causa do movimento" (AT, IX, p. 83). Em seguida, no artigo 37, ele concluiu dizendo: "nós podemos chegar ao conhecimento de algumas regras que eu chamo de leis da natureza e que são as secundarias causas... de diversos movimentos" (AT, XI, p. 44). Com isto, parece que a concepção do movimento tomou a forma definitiva nos *Princípios*.

1.2.4. A extensão

Até agora discutimos a mensurabilidade, divisibilidade e as características geométricas (tamanho, figura e movimento) da quantidade identificada com a natureza. Restou ainda considerar a extensão. A consideração acontecer à luz da identificação entre a quantidade geométrica e a extensão.

Descartes afirmou que a quantidade fosse a extensão. Ele identificou uma com a outra, como mostra a regra XIV, dedicada "à extensão real dos corpos" (438:8). No parágrafo 447:6-8 desta regra, ele afirma a identificação citada avisando que "evitou o uso do termo de quantidade, porque certos Filósofos, de modo sutil, a distinguiram da extensão". Desde, conforme os escolásticos, o termo 'quantidade' denotava algo diferente da extensão, Descartes evitou o seu uso para apontar a igualdade da quantidade com a extensão. Tal identificação significa que "todas as diferenças de proporções...podem se encontrar entre duas ou mais extensões" (447:15-17). Quer dizer, proporções podem ser descobertas como as relações entre quantidades envolvidas nos fenômenos investigados e identificadas com as extensões. É preciso considerar a extensão para "expor ás diferenças de proporções" (447:20), a saber, para contar com proporções capazes de servir como a base da explicação matemática.

Na mesma regra, XIV, das *Regulae*, Descartes apresentou a definição da extensão, explicando da esta "é tudo aquilo que possui comprimento, largura e profundidade" (427:17-18). A definição visa à extensão como algo existente em três dimensões, sendo fora do pensamento humano e distinguido pelas características geométricas (geométrico em si). Este é o significado da expressão "possui comprimento, largura e profundidade". Desde a natureza existe em três dimensões, ela é nada mais que a extensão. Assim, a definição implica a identificação dos fenômenos naturais à extensão. Uma vez que a natureza é igual à quantidade geométrica, conclui-se que a quantidade é a extensão. Finalmente, chega-se à tese: a natureza = a quantidade = a extensão. É exatamente isto o que Descartes pretendeu dizer com a definição da extensão, nada mais que isto[34]. Ele quis estabelecer que a natureza fosse geométrica, somente geométrica. É geométrica por existir em comprimento, largura e profundidade, por ser a extensão distinguida pelas características pertinentes à quantidade geométrica.

Sabendo-se isto, a pergunta é: quais são as conseqüências de identificação citada para a determinação do objeto da nova física? A resposta é que o objeto da física: (i) fica determinado exclusivamente em termos de extensão, (ii) exclui a teleologia do movimento e (iii) não contém a força responsável pelo movimento.

(i) Da identificação da quantidade com a extensão, Descartes concluiu que objeto da física ficou determinado somente, e somente, em termos de extensão. Na regra XII, ele apontou isto sem deixar dúvida nenhuma: "Nos ocupamos aqui com o objeto estendido, não considerando nele nada mais que a extensão propriamente dita." (447:5-6). Na realidade, trata-se de uma definição do objeto da nova física, expressa em termos de extensão. Ela informa que na natureza não há o vácuo, formas substâncias nem as características como o odor, o frio, o seco, e etc. Primeiro, não existe o vácuo desde coisas materiais, existentes em três dimensões, são apenas a extensão. Descartes se perguntou como poderia existir o vácuo, quer dizer, algo que não cabe de maneira nenhuma na

[34] A definição da extensão como a essência do corpo não se encontra nas *Regulae*. A extensão não é definida em termos de essência do mundo material. Na regra XIV, Descartes pretendeu dizer apenas que a natureza deveria ser identificada com a extensão para que se tornasse determinada como geométrica. Isto é, os fenômenos naturais existem em três dimensões descritíveis por meio de figura, grandeza e movimento geometricamente definido. Ou, a natureza é geométrica em si.

extensão. “Claro, que não poderia”. Esta foi a resposta. No capitulo VI do *Mundo*, Descartes escreveu: “supomos que Deus criasse novamente ao nosso redor tanta matéria, e que a nossa imaginação alcançasse todos os lados possíveis, ela não perceberia lugar nenhum que fosse um vácuo” (AT, XI, p. 32:7-11). Deus cria continuamente o mundo material em que a imaginação, a faculdade de formar “imagens dos corpos”, não encontra o vácuo em lugar nenhum. Por todos os lados existe somente a matéria. Segundo, no mundo, não se encontram formas substanciais dos escolásticos e nem existem coisas como a combinação de forma e matéria. Não parece possível introduzir na matéria algo diferente da própria matéria, por exemplo, a forma. Terceiro, as qualidades como o calor, o frio, o seco, e etc. não cabem na extensão, elas pertencem à percepção sensorial sem existir realmente na natureza, ou seja, na extensão. No capitulo V do *Mundo*, Descartes disse: “eu não uso qualidades que se chamam de calor, frio, umidade e seco, como fazem os filósofos” (Ibid., p. 25:26-28). Então, coisas materiais contêm “nada mais que movimento, tamanho, figura e o arranjo de suas partes” (Ibid., p. 26:6-8). Isto diz que objeto da nova física deve ser investigado em termos de “movimento, tamanho, figura e o arranjo de suas partes”.

(ii) A teleologia do movimento, tanto importante para a física escolástico-aristotélica, não entra na ciência matemática sobre a natureza. No mundo igual à extensão, todos os lugares são mesmos, nenhum deles é privilegiado. Corpos não tendem se mover a lugares naturais, como afirmaram Aristóteles e os escolásticos. Não há a teleologia do movimento, inerente à natureza. Descartes dizia que as coisas têm apenas a tendência ao movimento, entendida como a inclinação de se mover na certa direção determinada pelas leis da natureza. Não existe algum lugar especifico a qual tendem a se mover, o “lugar natural” de Aristóteles e escolásticos. Da física, Descartes expulsou a teleologia do movimento, segundo a qual, todos os corpos tem de cumprir o objetivo de buscar o seu lugar natural. Corpos pesados buscam o centro da Terra, o seu lugar natural; daí, tais corpos tendem a se mover a esse lugar. Entretanto, corpo leve tem seu lugar natural entre a Terra e a Lua e movem-se nesta direção. Na física cartesiana, não há nada disso. O espaço identificado com o mundo material é o mesmo e igual em todas as partes, em qualquer lugar, inclusive a terra e o céu. Nele, não tem lugar privilegiado, não se encontra o centro do mundo como a terra, em torno do qual, se estrutura o Cosmo. Koyré (1976, 1986) explicou que o mundo cartesiano não fosse mais o Cosmo dos antigos, fechado e estruturado no sentido de que cada coisa tem lugar determinado pela posição dentro da sua estrutura, mas tornou-se o

Universo infinito, em que nada ocupa lugar privilegiado[35]. Visto da perspectiva da identificação do corpo com o espaço, o Universo não envolve a teleologia. Igualmente, o objeto da física não é determinável e explicável em termos de teleologia[36].

(iii) As coisas matérias não contêm a força responsável pelo movimento. Pela identificação entre a natureza, a quantidade e a extensão, tudo que não se reduz à extensão mesma deveria ser excluído das coisas materiais. Este é o caso da forca do movimento. Se considerá-la, deveria ser entendida como algo não inerentemente pertinente aos corpos. Sem dúvida nenhuma, Descartes pensou assim tempo todo, do fim do ano de 1618 até o *Mundo* (1629-33) e os *Principios* (1644), onde se dedicou, a primeira vez, à questão da força capaz de causar os corpos se mover.

No *Mundo*, Descartes mencionou que Deus e as leis da natureza poderiam ser entendidos como os agentes movedores, as forças capazes de causar o movimento dos corpos. Mas, somente nos *Princípios*, ele as chamou a causa primária (Deus) e a causa secundária (as leis da natureza). “Deus é causa primária do movimento“ (AT, XI, a parte II, artigo 36, p. 83), quer dizer, ele” é o Todo poderoso, e cria a matéria em movimento e repouso” (Ibid.). Do fato de que “o Todo poderoso” cria e mantém o mundo, “podemos conhecer algumas regras, que chamamos de leis da natureza e que são as secundárias causas...de diversos movimentos percebidos em todos os corpos” (Ibid., p. 84). Descartes resolveu assim a questão da força do movimento[37], considerando que a própria definição

---

[35] Mencionamos que a idéia heliocêntrica de Copérnico corresponde perfeitamente à idéia de Descartes sobre o mundo idêntico à extensão. Este foi o motivo pelo qual Descartes aceitou a idéia heliocêntrica.

O ponto central da idéia de Copérnico é que a posição do sol depende das leis que governam o mundo. Isto foi o que pensou Descartes quando determinou que o mundo não fosse nada mais que extensão. Ainda, o mundo de Descartes inclui tanto a Terra quanto o céu. A mesma matéria e as mesmas leis pertencem à Terra e ao céu.

[36] Contudo, a questão da teleologia envolvida na física cartesiana pode ser considerada em relação à tese no que Descartes insistiu a partir do ano de 1629: Deus cria continuamente o mundo. Olhando para esta tese, podemos perceber que a física cartesiana exige uma proposição teleológica, mas negativa. Deus criou o mundo com fins não impenetráveis e incompreensíveis para o homem. Na própria física, tal proposição teleológica não é considerada. A física pretende explicar matematicamente a natureza e visa somente a causas conhecíveis pelo homem; causas finais atribuídas a Deus não cabem no domínio da investigação física.

[37] Lembramos que a questão da força do movimento parece uma das questões mais complexas da física cartesiana. Tal complexidade vem do fato de que Descartes não podia incluir a força do movimento no universo das características geométricas como, tamanho, figura e movimento, que baseiam a explicação matemática da natureza. Mas, Descartes precisava indicar a força responsável pelo movimento se pretendesse explicar os fenômenos naturais. Uma vez que tal explicação se baseia nas características geométricas da natureza identificada com a extensão, a forca do movimento não cabe no universo das características em questão. Trata-se de uma contradição que foi resolvida por recorrer à idéia sobre as causas existentes fora do movido na forma de Deus e das leis naturais.

Sobre este assunto ver: Hatfield (1979, p. 113-140), Gueroult (in GAUKROGER, 19980, p. 197-228; Gabbey (in GAUKROGER, 1980, p. 230-319);

do movimento era completada.

Aqui finalizamos a discussão sobre a concepção cartesiana de quantidade. Consideramos que esta concepção foi explicada, na medida necessária para entender o tema deste capítulo: o objeto geométrico da física-matemática. Mas sabendo que a especificação de tal objeto compreende a proporção ligada à quantidade, impõe-se a obrigação de saber como Descartes entendeu a própria proporção.

1.3. A PROPORÇÃO

A investigação da concepção da proporção se baseia nas regras V, VI, XII e XIV das *Regulae*. Julgamos estas regras a chave para conhecer como Descartes entendeu a proporção. De modo geral, elas dizem: a proporção é a relação numérica entre grandezas, definida em termos de ordem e medida.

Na regra VI, como já foi dito, Descartes considerou o exemplo da série composta de números 3, 6, 12, 24,48 e etc. A série inclui números relacionados na "proporção contínua", em que "contínua" significa não faltar nenhum termo da série em questão e todos os termos estão conhecidos. Descartes escreveu sobre a série citada e a proporção seguinte:

> ... apresenta-se a mim que o número 6 é o dobro do <número> 3. Eu procurarei em seguida a duplicação de 6, ou seja, 12; de novo, eu procurarei o seu dobro, quer dizer, 24; e a duplicação deste último é 48 e etc. Em seguida, eu deduzirei facilmente que há a mesma proporção entre 3 e 6 como entre 6 e 12, e ainda entre 12 e 24 e etc., e que deste modo os números 3, 6, 12, 24, 48 etc. estão na proporção contínua (385:20-27).

A série é constituída de números dispostos através da proporção contínua. Percebe-se que os números estão interligados por meio da relação que pode ser descrita com base na ligação de qualquer dos números envolvidos na serie. A ligação entre todos os números se reduz na relação entre dois de quaisquer números, porque "há entre eles a mesma proporção" (385:5). Por exemplo, temos 3 e 6 ou 12 e 24. Em ambos os casos, a relação entre os números é a mesma: 1: 2. Ou $\frac{3}{6} = \frac{12}{24} = \frac{1}{2}$. Quaisquer dois números da série podem ser relacionados desta forma e o resultado sempre descreve a mesma proporção 1:2. Todos os números da série são interligados pela relação descrita como 1:2. Ou, "há a mesma proporção entre 3 e 6 como entre 6 e 12". Isto diz que a proporção é uma relação ligando da mesma maneira todos os números da série. Para Descartes, esta relação deve ser especificada como a relação entre dois números naturais.

Então, cada proporção é uma relação numérica. Quantidades, tanto matemáticas quanto da natureza, depois de serem medidas, são ligadas através de alguma relação numérica. Descartes achou que todos os problemas referentes a quantidades, matemáticos ou físicos, poderiam ser reduzidos às proporções entre quantidades apresentadas pelas figuras geométricas e exprimíveis através de equações algébricas. Tais proporções possibilitam explicação matemática dos problemas investigados. Portanto, a explicação matemática pressupõe a descoberta das proporções envolvidas nos problemas inquiridos. Como descobri-las? A resposta de Descartes é: o investigador tem de revelar ordem e medir quantidades. Ordem e medida: a partir delas chega-se às proporções necessárias para alcançar a explicação matemática dos problemas investigados. Mas, a ordem e a medida?

1.3.1. A ordem

Voltamos à série de números acima mencionada. Como foi dito, os números se relacionam na forma de proporção. Já à primeira vista percebe-se que a proporção envolve alguma ordenação de números (grandezas). A série sugere a existência de uma ordem que funcionasse como a "relação primordial" (MARION, 1981), quer dizer, a relação que faz possível descobrir proporções envolvidas na explicação matemática.

Como Descartes entendeu a ordem? Para responder esta questão não há escolha, temos de recorrer as *Regulae,* precisamente as regras V, VI, XII e XIV. Conforme estas regras, a ordem se define como (i) a disposição hierárquica de termos da ordenação, estabelecida do ponto de vista do sujeito investigador (as regras V, VI e XII) e como (ii) a ligação entre termos "por eles mesmos" (a regra XIV).

(i) As regras V, VI e XII dizem respeito à disposição hierárquica. A regra V destaca o aspecto chave da ordem: a partir dos termos mais simples, avança-se na direção do conhecimento de termos mais complexos. De acordo com a regra VI, tal avanço compreende a disposição hierárquica dos termos ordenados, estabelecida sob o ponto de vista do sujeito investigador. Também, nesta regra, explica-se o papel da ordem no processo da cognição das coisas investigadas. Entretanto, a regra XII aponta que a disposição hierárquica, a ordem envolvida na investigação, equivale à ordem do conhecimento.

A disposição hierárquica se define como a ordenação que começa com o termo mais simples e avança na direção dos termos complexos. O simples é o primeiro termo da ordenação. Descartes disse na regra VI: “eu nomeia este primeiro termo como ‘mais simples’” (381:25-26). É simples porque não pode ser dividido “em vários outros” elementos.

Quanto aos outros termos da ordem, eles são “de certa maneira compostos” do termo mais simples (418:15). Por isto, são vistos como complexos. A sua complexidade se descreve a partir do mais simples. No caso da série acima mencionada, a complexidade se refere à multiplicação do número 3, envolvida em cada dos números 6, 12, 24, etc.

Ora, Descartes definiu a ordem em termos de simples e complexo, apontando que a disposição hierárquica consiste em avançar do mais simples ao mais complexo. Assim definida, a ordem foi entendida, por Descartes, como a ossatura do processo da cognição. O conhecimento “depende, em última instância, do exame da ordem” (452:28-29). Trata-se do papel da ordem no processo da aquisição do conhecimento sobre as coisas investigadas.

O relativo e o absoluto. Para explanar tal papel da ordem, Descartes definiu o simples e o complexo como o relativo e o absoluto[38]. Segundo a ele, o referido papel consiste em assegurar que as coisas se tornam conhecidas “umas a partir das outras”, de tal maneira que as mesmas coisas “podem ser absolutas ou relativas” (381:21-22). Ou, as coisas são conhecidas graças à ordem em que ficam interligadas pela disposição hierárquica, diferenciando o absoluto e o relativo. E por isto, é possível ter o conhecimento “certo e indubitável” das coisas investigadas.

Descartes determinou que o simples, o primeiro termo da ordenação, ocupa a posição do absoluto na ordem. É o absoluto por conter “em si a natureza pura e simples” 381:23). Tal natureza faz do absoluto algo não divisível, conhecido de si mesmo e independente de qualquer outro termo da ordem. Outros termos dependem do absoluto e são conhecidos a partir dele. Portanto, são chamados de relativos. Qualquer termo relativo está dedutível do absoluto, “por alguma série” (382:5) dos termos incluídos na certa ordem.

Depois de definir o absoluto e o relativo, Descartes insistiu na idéia de que o absoluto pode virar o relativo e *vice versa*. Quer dizer, o mesmo termo pode ter o papel do absoluto ou do relativo. Isto depende do ponto de vista do sujeito investigador. Para mostra o que

[38] Aparece que Descartes definiu a ordem no sentido duplo. Uma vez, ele observou a ordem como tal, em si mesmo. Neste caso, a ordem foi definida em termos de relação entre o simples e o complexo. Outra vez, Descartes a considerou em relação ao conhecimento, precisamente em relação à possibilidade de alcançar “um conhecimento certo e indubitável”. E a ordem foi entendida como a relação entre o absoluto e o relativo. Mas, da regra VI fica claro que o simples é o absoluto e o complexo é o relativo.

está em jogo, evocamos de novo a série de números 3, 6, 12, 24, etc. Nela, o numero 3 é o absoluto. Mas, na série que começa com o numero 1, 3 se torna relativo. O absoluto e o relativo trocam de lugares em relação ao ponto de vista do inquiridor. Na mesma regra, Descartes denominou o ponto de vista do investigador pelo termo ‘certa consideração’ (382:19). Sob o ponto de vista diferente, a partir da consideração distinta, o mesmo termo pode figurar como absoluto (na série que começa com 3) ou, o relativo (na série que começa com 1). A possibilidade de mudar o ponto de vista tem duas conseqüências. Uma delas refere-se à hipóteses na investigação cientifica e a outra diz respeito à definição da ordem como ordem do conhecimento.

Primeiro, a possibilidade de mudar o ponto de vista abre espaço para usar hipóteses na investigação. Neste sentido, quando o físico iniciar a investigação de algum fenômeno natural, ele o conhece da maneira de como aparece nos sentidos. Porém, o fenômeno observado fica desconhecido em relação às suas causas. Na busca pelas suas causas, o físico pode “notar” (382:17) vários caminhos de acordo com os pontos de vista diferentes. Ele pode formular várias hipóteses, pressupostas a ser capazes de guiar às causas do fenômeno investigado. O físico inicia a investigação com aquilo que está dado nos sentidos, isto é, começa com o fenômeno cujas causas são desconhecidas, mas precisam ser descobertas. Sob tal circunstância, ele tende a descobrir o caminho capaz de conduzir ao conhecimento das causas do fenômeno investigado. Em outras palavras, ele formula hipóteses capazes de levá-lo a conhecer as causas do fenômeno observado. É importante destacar que o uso de hipóteses não contraria a idéia da hierarquia dos termos da ordem. Depois de adotar alguma hipótese, marca-se o absoluto e se avança ao mais complexo (o relativo). O físico pode mudar hipótese, mas não deve deixar seguir a hierarquia da ordem, apropriada à hipótese adotada.

Segundo, a possibilidade de escolher o absoluto sugere que trata-se da ordem do conhecimento. Descartes apontou isto na regra XII: “é necessário considerar cada uma das coisas quando elas são ordenadas de acordo com o nosso conhecimento” (418:1-2). A questão é saber o que significa dizer que coisas são “ordenadas de acordo com o nosso conhecimento”. Não há duvida nenhuma que estas palavras de Descartes visam à ordem estabelecida de acordo com o ponto de vista adotado pelo sujeito investigador. Tal ordem consiste em denominar (“notar”) o absoluto e o relativo, e ligá-los na forma de uma disposição hierárquica, estabelecida conforme o ponto de vista do investigador.

Agora podemos finalizar a discussão sobre a disposição hierárquica, dizendo que a ordem se define em termos de disposição hierárquica dos termos envolvidos nela, de acordo com o ponto de vista do investigador. Assim definida, a ordem se iguala à ordem do conhecimento.

(ii) Como já foi dito, Descartes definiu, também, a ordem como a relação caracterizada pela ausência da "intermediação do terceiro termo". Trata-se de um tipo de relação que separa a ordem de todas as outras relações possíveis entre os termos envolvidos na investigação, inclusive a proporção. Na regra XIV, ele explicou:

> que neste tipo de relação, as coisas se relacionam por elas mesmas, sem a intermediação do terceiro termo, como acontece no caso das medidas: eu conheci a ordem entre A e B, considerando apenas estes dois extremos; entretanto, eu não verifiquei qual é a proporção... sem considerar o terceiro termo, isto é, a unidade que parece ser a medida comum de um e outro. (451:15-23).

Na ordem, "as coisas se relacionam por elas mesmas". O cerne desta formulação está na expressão "por elas mesmas". No entanto, qual é o significado desta expressão? Das palavras de Descartes, acima citadas, fica óbvio que os termos da ordem dependem "um do outro" sem precisar de um terceiro termo, como no caso da proporção. Assim, A e B estão interligados por eles mesmos. Somente A e B são contemplados. Nada do terceiro termo intermediar entre eles para estabelecer a sua relação. Assim definida, a ordem se apresenta "a relação primordial" (MARION, 1981, p. 80), fundando todos os outros tipos de relação, em primeiro lugar a proporção.

O sentido de tal definição da ordem se torna visível pela consideração da diferença entre a ordem e a proporção. Como fez próprio Descartes. Ele falou da proporção como a relação descoberta com base na ordem vista como a "relação primordial", caracterizada pela ligação de termos por eles mesmos. Para ser descoberta, a proporção pressupõe o terceiro termo, chamado de unidade, definida como a medida comum, cuja intermediação serve para descobrir a relação numérica entre grandezas observadas. Ao esclarecer tal determinação da proporção, voltamos ao exemplo da regra VI. Pressuponhamos que são dados os números 6 e 12, incluídos na serie 3, 6, 12, 24, etc. Em seguida, podemos perguntar: qual é a proporção entre eles? Dentro da série, quer dizer, da ordem de números 3, 6, 12, 24, etc., a proporção será determinada em relação ao numero 3, definido como a unidade (medida) da série citada. Em 6, 3 aparece duas vezes, e em 12 quatro vezes. Nesse caso, $\frac{3}{6} = \frac{6}{12}$, então, a proporção é 1 : 2. Na proporção, a relação entre 6 e 12 está intermediada por um terceiro termo: o número 3. Este número serve para definir a relação entre qualquer dois termos envolvidos na série de números em questão. É uma relação numérica: 1 : 2. A proporção 1 : 2 (entre os números 6 e 12) se descobre por intermediação do numero 3. Quanto à ordem, pelo contrario, 6 e 12 são ligados sem nenhuma intermediação, são relacionados por eles mesmos, dizia Descartes.

Ora, a ordem e a proporção são duas relações diferentes. Observando estas relações, chega-se a entender que o uso da proporção cabe na matemática, física e em outras ciências sobre o mundo visível, entretanto a ordem parece aplicável a dominós não ligados a quantidades. Por definir a ordem como não numérica, Descartes abriu o caminho para usá-la nos domínios não matemáticos, como na metafísica por exemplo. Já a expressão "as coisas se relacionam por elas mesmas" sugere a possibilidade de aplicar o conceito de ordem ao domínio alem da matemática e física, à metafísica. Quando escreveu a regra XIV, Descartes pensou de tal possibilidade? Lembrando da época da redação desta regra, entre 1626 e 1628 (WEBER, 1964), parece provável que ele tinha em mente a possibilidade de usar o conceito de ordem na metafísica, preservando o seu sentido matemático (a disposição hierárquica de termos relacionados para descobrir a certa proporção), apesar de não mencioná-la nas *Regulae*. Claro, a resposta definitiva fica fora do nosso alcance. Mas, uma coisa é certa: a ordem se apresenta usável na metafísica. Neste sentido, Vuillemin (1960, p. 122) apontou que a ordem é perfeitamente aplicável à metafísica, quando considerada "independentemente da medida". Ou quando considerá-la como a ligação em que "as coisas se relacionam por elas mesmas", quer dizer, sem o terceiro termo: a medida. Porém, temos de lembrar que nas *Regulae* Descartes não disse nada sobre isto. Ele não considerou a ordem e a medida como separadas, apenas mostrou a diferença entre elas, indicando que a ordem como "relação primordial" pode ser usada separadamente da medida.

1.3.2. A medida

Retornamos para a série de números 3, 6, 12, 24, etc. Sabemos que um termo foi determinado como a base da série, é o numero 3. "Base" significa que o número 3 fica envolvido nos todos os números da série. O envolvimento se descreve pela sua multiplicação em outros números da série. Descrever isto é saber quantas vezes 3 está multiplicado em cada número de série. O número 3 aparece uma quantidade que foi escolhida para servir como base da progressão da série e da determinação da grandeza de cada termo (quantidade) envolvido nela. Como base, ele é chamado de unidade ou medida

(450:4). Graças à medida, todos os termos da série ficam determinados como grandezas e intermediados para que possam ser interligados na forma de uma proporção.

Serem determinadas como grandezas, exprimíveis em números, quantidades tem de ser submetidas à medição. Conforme a regra XIV das *Regulae*, a medição consiste em identificar a multiplicação da medida em quantidades medidas: a questão é saber quantas vezes a medida está multiplicada numa quantidade submetida à medição. Uma vez que a medida esteja indicada com o número 1, identificar a sua multiplicação é determinar a grandeza da mesma quantidade, expressa em numero descrevendo a multiplicação de 1. Expressa em número, por exemplo, 5, uma quantidade pode ser relacionada com outra quantidade descrita, por exemplo, como 10. Então, temos a proporção 1:2. Sem esquecer que a descoberta desta proporção foi assegurada pela ordem vista como “a relação primordial”. Assim chegamos a concluir que a proporção se define em termos de ordem e medida.

Ora, conhecemos como Descartes entendeu a quantidade e a proporção, colocadas no foco da determinação do objeto geométrico da nova física. Para resumir e finalizar a consideração do objeto geométrico em si, lembramos que, em Descartes, a busca pela física matemática começou com a idéia de usar a geometria na física. Esta idéia foi traduzida para a exigência de determinar o objeto da física em termos de quantidade e proporção. Tal objeto compreende a identificação da natureza e quantidade geométrica. A identificação foi especificada ao longo dos anos 1620, até chegar à tese: a natureza = a quantidade = a extensão (1628). Trata-se do objeto geométrico em si, ou seja, “a extensão real dos corpos” (438:1), um objeto realmente existente fora do sujeito investigador. Nele, como tal, não se diferenciam a natureza, a quantidade e a extensão. Essa diferenciação se faz somente pela “pura razão, que é a única faculdade que separa este tipo de seres abstratos” (444:21-22). No mundo físico, independente do pensamento humano, não se encontra tal diferenciação, mas, existem os fenômenos naturais geométricos em si, identificados com a quantidade geométrica e a extensão. Porém, para estes fenômenos se tornarem conhecidos, precisam ser relacionados às faculdades cognitivas do sujeito investigador. Pelo uso das faculdades cognitivas, os mesmos fenômenos se tornam conhecidos. Ou, o objeto da física é dependente do sujeito. A questão é: como Descartes viu a dependência do objeto da física em relação ao sujeito investigador? A sua resposta cabe no capitulo II.

Mas, antes de iniciar a busca desta resposta, temos de cumprir mais uma tarefa anunciada na Introdução. É considerar a física escolástico-aristotélica e a geometria.

1.4. A FÍSICA ESCOLÁSTICO-ARISTOTÉLICA E A GEOMETRIA

Trata-se de conhecer os conceitos e a problemática, ligados à física escolástico-aristotélica e à geometria. Na realidade, sem tal conhecimento parece impossível entender tanto a idéia da nova física quanto a idéia da *mathesis universalis,* mas também nem a relação da ciência matemática sobre a natureza com a *mathesis universalis*. A consideração será concentrada aos conceitos básicos da física escolástico-aristotélica e às questões ligadas à geometria que influenciaram a concepção da física matemática e da *mathesis universalis*.

1.4.1. A física escolástico-aristotélica

Como apontou Fowler (1999), a filosofia de Descartes significa a ruptura importante com o escolasticismo, mas há a continuidade na aceitação do vocabulário e da problemática considerados por escolásticos. Se assim for, o escolasticismo parece um fator decisivo para a formulação da filosofia cartesiana, inclusive a idéia da física matemática. Como estamos interessados nesta idéia de Descartes, vamos prestar atenção aos conceitos básicos da concepção escolástico-aristotélica da ciência sobre a natureza.

Esta concepção ainda reinava nas universidades e nos colégios, na primeira parte do século XVII. O próprio Descartes a aprendeu no colégio La Flèche. Quando começou a buscar uma nova física, ele formulou suas idéias em relação à física aprendida em La Flèche. A física escolástico-aristotélica forneceu o vocabulário e os problemas que seriam considerados por Descartes, na tentativa de formular e elaborar a idéia de usar a matemática na investigação da natureza.

Para confirmar isto, lembramos que Descartes começou a buscar a nova física com a questão que era formulada por Eustachius a Santo Paulo, constante na *Summa philosophiae quadripartita*[39], como “a questão preliminar” na ciência sobre a natureza: “o que é o objeto da física?” (in ARIEW, R.; COTTINGHAM,J.; SORREL, T., 1998, p. 70). O foco da

[39] *Summa philosophiae quadripartita* (*O compendio da filosofia em quatro partes*), publicada 1609, foi usada como manual da filosofia escolástica na primeira parte do século XVII. Na carta a Mersenne de 11 de novembro, de 1640, Descartes caracterizou este texto como o melhor manual da filosofia (AT, III, p. 232)..

atenção de Descartes foi a questão da determinação do objeto da física, "uma questão fortemente considerada entre filósofos escolásticos" que exigiram primeiramente saber, "qual é o objeto da física que ela própria investiga" (DUPLEIX[40], 1990, p. 89). Quanto à física, é a primeira questão que deve ser respondida, como dizia Eustachius. Esta questão foi acompanhada de um conjunto de termos, um vocabulário que conteve os termos 'matéria', 'quantidade', forma, divisibilidade, 'figura, e etc. Descartes usou o vocabulário emprestado dos escolásticos, mudando o significado dos termos, e promoveu as novas idéias sobre problemas já considerados.

Sabendo isto, mencionamos que a física de Descartes deve ser considerada como a reação contra a física escolástico-aristotélica (ARIEW, 1999). Acrescentamos a observação de Ariew, salientando que esta reação foi direcionada em primeiro lugar contra: (i) a teoria das formas substanciais, (i) a idéia da incomunicabilidade dos gêneros e (iii) a concepção escolástica da explicação física. Para entender o sentido da reação de Descartes contra a física aristotélico-escolástica, contribuindo assim ao entendimento da formulação da idéia cartesiana sobre a física, empreendemos uma breve discussão sobre os tópicos (i), (ii) e (iii) [41].

(i) Garber (2001) tem toda razão quando disse que Descartes viu a teoria das formas substanciais como a base da física escolástico-aristotélica. Ele assinala que Descartes considerou o conceito de forma substancial como básico para esta física.

Os escolásticos definiram coisas materiais em termos de matéria e forma substancial. De modo geral, a matéria, como explicou Scipion Duplex[42] em *Corps de philosophie* (*O corpo da filosofia*) é a potencia. O termo 'potência' denota "o objeto das alterações" (in

---

[40] Scipion Dupleix (1569-1661), historiador frances, escreveu um conjunto de livros sobre a filosofia extremamente populares naquela época. O conjunto é composto de quatro livros: *Lógica, Física, Metafísica e Ética,* conhecidos sob o título *Corps de philosophie.* Os livros de Dupleix expõem idéias e doutrinas que foram lecionadas nas universidades e escolas do século XVII.

A Física ou ciência sobre coisas naturais mostra como foi entendida a física conforme os escolásticos. Aquilo que pode ser interessante é comparar este texto de Dupleix e os *Princípios da filosofia* de Descartes. Percebe-se a semelhança na estrutura e na disposição do conteúdo incluído nos textos.

Na *Física,* Scipion Dupleix apontou para o objeto da física definido em termos de movimento, corpo, sentidos e relação causa-efeito (Livro I, o capitulo V, p. 89-90). O objeto da física concerne às "coisas naturais", vistas como os corpos em movimento, dados por sentidos e explicados a partir da relação causa-efeito.

[41] Estes tópicos serão considerados em função do nosso tema. Porém, queremos mencionar que ficamos conscientes da diversidade, pluralidade e diferenças das suas interpretações apresentadas por autores escolásticos. Com este fato em mente, assinalamos que os tópicos mencionados são comuns para todos os escolásticos.

[42] Descartes não leu o texto *Corps de philosophie* de Scipion Duplex, publicado em 1623. Este texto é um manual do escolasticismo, usado nas universidades e escolas da época de Descartes. Como tal, ele "pode ser considerado como o background escolástico do século XVII, da filosofia de Descartes" (ARRIEW, R.,; COTTNGHAM, P.; SORREL, T, 1998, p.97).

ARIEW, R.; COTTINGHAM, J.; SORREL, T., 1998, p.120). A matéria é a potencia no sentido de que "ela tem capacidade de receber sucessivamente formas diferentes" (Ibid., p. 116). Assim, ela está alterada dependendo da forma substancial. Por exemplo, "quando a planta é procriada da semente, a matéria é a semente, capaz de receber a forma da planta" (Ibid.). Por outro lado, a forma (da planta) é o ato definido como "a coisa livre da alteração por si mesma" (Ibid., p. 120). A forma vai à matéria (à semente) para produzir, em conjunto com a matéria, alguma coisa atualmente existente (a planta procriada). "Matéria expressa potência e não o ato", e "a forma expressa o ato e não a potência" (Ibid.). A matéria, *in potentia*, recebe a forma substancial, um principio ativo que faz com que as coisas do mundo físico existam. As coisas materiais existentes são os compostos de matéria e forma substancial. Esta é essencial para a existência, quer dizer, a forma substancial "por si mesma constitui a natureza da coisa" (SUAREZ, in ARIEW, R.; COTTINGHAM, J.; SORREL, T., 1998, p. 44). Ela é a essência (*quidditas*) das coisas. Sem a essência (a forma substancial), "nenhuma coisa pode existir nem ser conhecida" (Ibid., p. 48).

O conhecimento cientifico das coisas se refere às suas essências, ou seja, às formas substanciais. Quanto ao conhecimento da natureza, o físico deve apelar para as formas substâncias entendidas como as essências dos fenômenos naturais. A física se chama de ciência por concentrar-se a estas essências, quer dizer às formas substâncias ligadas à natureza. Agora, a descrição da natureza em termos de quantidade, o que não foi negado por escolásticos, não deveria ser entendo como um empreendimento científico desde a quantidade não diz nada sobre a essência do mundo material. Segundo à física escolástico-aristotélica, a quantidade é apenas uma característica das coisas matérias, diferenciada das suas essências. Por conseguinte, ela não faz a parte da explicação física. A matemática não deve ser usada na física, se a mesma quiser ser chamada de ciência.

Descartes rejeitou a idéia de que a investigação física se baseia em formas substancias. Ele as achou obscuras e "insuficientemente compreendidas até por seus proponentes" (CLARKE, 2003, p. 21). Dizia que os escolásticos não foram capazes de explicar como compreender as formas substanciais fundamentando a explicação das coisas existentes. Portanto, ele concluiu que formas substâncias não explicavam nada. E desistiu delas, exigindo que o objeto da nova física fosse determinado em termos de quantidade e proporção. Precisamente, ele expulsou da natureza formas substanciais para identificá-la com a quantidade geométrica. Na natureza, não há "absolutamente nada mais que" esta quantidade (447:5-7). Conhecer a natureza significa conhecer a quantidade e suas proporções.

(ii) Outra idéia recusada por Descartes é a da incomunicabilidade dos gêneros. Conforme esta idéia, de origem aristotélica, o objeto da cada ciência pertence a determinado gênero do ser (*genera entis*). Os objetos das ciências distintas pertencem aos gêneros diferentes, como explicou Aristóteles falando da física e matemática na *Metafísica*.

Ali, Aristóteles explica que "a ciência física trata de um gênero particular de ser... que contêm em si mesmo o princípio do movimento ou repouso" (*Metafísica*, V, 1025^{b}, 1,20). O objeto da física faz parte do gênero definido em termos de movimento e matéria. Quer dizer, o objeto da física diz respeito ao mundo físico, material e em movimento. Mas, a matemática é "uma ciência de seres imóveis e separados (Ibid., IV, 1004^{a}, 2,5). Seu objeto cabe no mundo das "coisas desprovidas da matéria" (Ibid., II, 995^{a}, 3, 15-20). É o objeto de gênero imóvel, desprovido da matéria e pertinente ao pensamento. Estamos lidando com os dois gêneros diferentes do ser: um gênero manifestado como a natureza e o outro na forma do pensamento. São os dois gêneros incomunicáveis, dizia Aristóteles. Havendo a incomunicabilidade dos gêneros, é necessário concluir que a natureza não é compreensível por meio da matemática (*Física*, II, 2), 193^{b,} 25). A física não pode usar a matemática para explicar os fenômenos naturais. Esta foi a conclusão de Aristóteles.

Tal conclusão foi completamente inaceitável por Descartes. Ele propôs a física que negava a incomunicabilidade dos gêneros. Abandonou a idéia desta incomunicabilidade para exigir o objeto da física determinado em termos de quantidade (e proporção) identificada com a natureza.

(iii) Descartes rejeitou as formas substanciais e a incomunicabilidade dos gêneros em nome da explicação matemática da natureza. A sua intenção foi estabelecer um novo tipo de explicação física, completamente diferente da explicação defendida pelos escolásticos[43]. A realização de tal intenção pressupunha a negação da participação das formas da explicação da natureza (CLARKE, 2003, p. 20) e a rejeição da incomunicabilidade dos gêneros.

Temos de assinalar que tanto para os escolásticos quanto para Descartes, a *raison*

[43] Sobre a concepção cartesiana de explicação científica e sua diferença em relação à concepção escolástico-aristotélica ver: Clarke, D., *Occult Powers and Hypotheses* (1989) e *Descartes's Theory of Mind* (2003). Segundo Clarke, esta concepção é chave para entender a física cartesiana. Ela mostra como Descartes pensou tornar a natureza explicável em termos matemáticos. O seu ponto central é a determinação do objeto da nova física como geométrico.

d'être de qualquer ciência reside na elaboração da explicação dos fenômenos submetidos à investigação. A ciência visa á explicação como o seu objetivo principal. Os escolásticos e Descartes desenvolveram suas concepções de explicação científica, cuja diferença revela o sentido da reação de Descartes à concepção escolástica da física. Trata-se da diferença entre a concepção escolástica e a cartesiana, que revela o motivo pelo qual Descartes rejeitou a física dos escolásticos, e indicou os pontos centrais da nova ciência sobre a natureza. Para que esta diferença se tornasse conhecida, propomos a apresentá-la da seguinte maneira:

Os escolásticos	*Descartes*
Formas substanciais	Quantidade geométrica = a natureza
Conceitos abstraídos dos sentidos	Idéias dos fenômenos naturais, produzidas pela razão que usa a geometria na investigação física
Silogismos	*Mathematice demonstrari*
A explicação da *quid* dos fenômenos naturais	A explicação matemático-mecanicista
A matemática não pode ser usada para explicar a natureza	A física matemática

Tabela 1.2

A concepção da explicação física

Para esclarecer a diferença apresentada pela tabela 1.2, começamos com a seguinte observação sobre a ciência de Eustachius a Santo Paulo no livro *Summa philosophiae quadripartita*: "a ciência tem relação com algo que é necessário através da sua causa" (in ARIEW, R.; COTTNGHAM, J.; SORELL, T., 1998, p. 77). Estas palavras de Eustachius apontam para o trabalho da ciência: elaborar a explicação do objeto investigado. Depois de responder "a questão preliminar", ou seja, determinar o objeto da investigação, cada ciência tem de elaborar a explicação dos fenômenos incluídos no seu domínio. A explicação consiste em demonstrar como o fenômeno investigado se torna "necessário através da sua causa". Segundo Eustachius (Ibid., p. 76), "necessário" significa que o fenômeno investigado fica conhecido a partir de suas causas das quais é dedutível como tal e tal fenômeno. A ciência se define em termos de explicação capaz de oferecer o conhecimento das coisas investigadas, como tais e tais, resultadas necessariamente das suas causas. Neste sentido, Scipion Dupleix escreveu: "o conhecimento das coisas por meio de suas causas... chamamos de ciência" (Ibid., p.13). Ou, a explicação é o alvo da ciência. Claro, a explicação definida da maneira dos escolásticos. Mas, como os escolásticos definiram a explicação cientifica?

Um aspecto da definição escolástica da explicação já foi apontado: a descoberta e o esclarecimento das causas dos fenômenos investigados. Para completar a definição, assinalamos ainda os dois aspectos: a definição dos blocos de construção e a forma da explicação científica. Os blocos de construção são os conceitos usados para elaborar a explicação científica. Trata-se de defini-los no sentido de explicar a sua origem e as características como os constituintes da explicação científica das coisas investigadas. Com respeito à forma da explicação, ela se refere ao procedimento capaz de interligar todos os conceitos, de tal maneira que possa mostrar como o fenômeno investigado resulta necessariamente das suas causas. Como veremos, a diferença entre a concepção da explicação dos escolásticos e aquela de Descartes se apresenta como a distinção na definição dos blocos de construção e na forma da explicação.

Conforme a concepção dos escolásticos, todos os conceitos (blocos de construção) são abstraídos dos sentidos, são abstrações que resultam da experiência sensível, a saber têm a sua origem nos sentidos. Conceitos usados na explicação científica são definidos como as imagens tiradas da experiência sensível. Isto significa que o objeto da investigação fica encontrado e identificado nos sentidos.

Quanto à forma da explicação, para os escolásticos, tal forma é o silogismo. Este possibilita explicar a coisa procurada (o *explanandum)* a partir do algo melhor conhecido (o *explanans*). Pelo silogismo, a causa é "revelada através do termo médio" (*Analitica Posterior*, B11, 94b 26-27). Precisamente, o termo médio mostra como o *explanandum* resulta necessariamente da sua causa. Ele pode fazer isto desde está ligado tanto ao termo maior que relata a forma substancial quanto ao termo menor que denota o fenômeno particular submetido à explicação[44].

Então, a explicação escolástica é constituída de conceitos abstraídos dos sentidos e tem a forma do silogismo. Descartes rejeitou tal concepção da explicação. Ele introduziu

---

[44] O que está em questão, mostra o exemplo da explicação de "C é A":

"cada B é A
cada C é B
----
então: cada C é A"[44] (HINTIKKA, 2004, p. 133).

B é o termo médio que revela a causa e explica "porque" C é A.

uma nova concepção completamente diferente daquela dos escolásticos. A nova concepção da explicação ficou conhecida como matemática-mecanicista.

A explicação matemático-mecanicista. Em primeiro lugar, a explicação é matemática. Baseia-se completamente na quantidade geométrica, identificada com natureza e a extensão. Como já foi dito, isto significa abrir o caminho para explicar os acontecimentos da natureza em termos de quantidade e proporção, quer dizer em termos matemáticos.

Alem de ser matemática, a explicação é mecanicista. Como disse Garber (2002, p. 198), tal explicação contava com os "termos usados na explicação do comportamento de máquinas". Descartes entendeu maquinas como as coleções compostas de partes cujos movimentos determinam os estados das próprias coleções (maquinas). Por ter em vista máquinas assim definidas, ele chegou a pensar que os fenômenos naturais pudessem ser tratados da mesma maneira: como máquinas, "máquinas e nada mais," (DES CHENE, 2005, p. 249). Desta forma, a explicação física descreve os fenômenos naturais como se fossem máquinas; alem de ser matemática, ela se torna mecanicista. Trata-se da explicação matemático-mecanicista, concebida por Descartes para substituir a concepção escolástica da explicação cinetifica.

Da-se perceber que explicação física desaprovou tanto a definição escolástica dos blocos de construção (abstaraidos dos sentidos) quanto o silogismo[45] como forma da explicação. Descartes achou que blocos de construção não fossem os conceitos tiradas dos sentidos, mas sim, ficassem as idéias claras e distintas sobre os fenômenos naturais, geradaz pela razão. Independente dos sentidos, a razão produz estas idéias. Portanto, a explicação física não se funda nos sentidos, como afirmaram os escolásticos. É elaborada pela razão que usa a geometria na investigação da natureza. A razão tem à disposição os conceitos de geometria para ser usados no processo da geração das idéias claras e distintas sobre os fenômenos investigados. Para produzir idéias de uma classe de fenômenos, blocos de construção são interligados conforme *mathematice demonstrari,* bem diferentes dos silogismos dos escolásticos. Não trata-se mais de procurar por algum silogismo através do

---

[45] Antes de Descartes, Francisco Sanchez rejeitou o silogismo como a forma de explicação, alegando que ele "é circular", quer dizer, não explica nada, mas só repete aquilo que já foi dito (in ARIEW, R.; COTTINGHAM, J.,; SORREL, T, 1998, p. 13). Quanto aos silogismos, Sanchez concluiu que "ciência nenhuma surgiu deles" (Ibid., p. 14).

Na regra XIV, Descartes disse o mesmo: "avisamos várias vezes que as formas do silogismo não ajudam em nada para perceber a verdade das coisas" (439:28-440:1). O silogismo não traz o conhecimento nenhum porque repete aquilo que já foi dito.

qual pode ser deduzido, das suas causas, o fenômeno observado. Desta vez, a questão é desenvolver *mathematice demonstrari* que correspondem às relações causa-efeito envolvidas nos fenômenos investigados. Em lugar de silogismos, Descartes colocou *mathematice demonstrari* para explicar como os fenômenos da natureza resultam das suas causas. Na física, *mathematice demonstrari* são aplicadas às relações causa-efeito, implicadas nos fenômenos da natureza. Aplicadas às relações causas-efeitos, *mathematice demonstrari* explicam em termos matemáticos os efeitos a partir das suas causas (RAFTOPOULOS, 2003). Em outras palavras, elas são a forma da explicação matemática da natureza[46].

Para finaliza a consideração da explicação matemático-mecanicista, destacamos que tal explicação é possibilitada graças à concepção cartesiana da quantidade, diferente daquela dos escolásticos. A diferença entre estas concepções separa Descartes e os escolásticos. Segundo aos escolásticos, a quantidade pode ser atribuída ao mundo das coisas materiais. Sem problema nenhum. Lembramos Eustachius a Santo Paulo (in ARIEW, R.; COTTINGHAM, J.; SORREL, T., 1998, p. 81), que escreveu sobre a quantidade como a primeira característica entre todas as propriedades do mundo físico. Porém, Eustachius e outros escolásticos não identificaram a natureza e a quantidade, e nem consideravam a descrição quantitativa como algo que oferece a explicação científica da natureza. Eles não viam a quantidade como algo que pudesse assegurar a explicação física. Descartes abandonou essa concepção da quantidade, passou identificar a quantidade geométrica com a natureza, e exigiu que o objeto da física fosse determinado em termos de quantidade e proporção. Isto foi justamente o que ele fez ainda no começo da busca da nova física, no inverno de 1618-19. Bem ao contrário dos escolásticos, Descartes colocou a quantidade no foco da explicação física e alegou que toda natureza tem de ser reduzida a quantidade geométrica e suas proporções exprimíveis pelas figuras geométricas e equações algébricas.

1.4.2. A geometria

Sabe-se que a matemática, principalmente, a geometria, foi a inspiração para

---

[46] Nota-se que a explicação matemática da natureza compreende a aplicação das *mathematice demonstrari* às relações causa-efeito envolvidas com a natureza. Esta aplicação é ligada ao uso dos conceitos de geometria na explicação física. O que significa que a explicação matemática da natureza compreende tanto a aplicação das *mathematice demonstrari* às relações causa-efeito quanto o uso dos conceitos geométricos para descrever os fenômenos naturais. Este é o sentido do uso da geometria na física.

Descartes buscar uma nova física. Da geometria veio a idéia de procurar figuras geométricas na natureza, e determinar o objeto da física em termos de quantidade e proporção. O estudo da geometria tinha importância decisiva para a física matemática e o surgimento da idéia da *mathesis universalis*. Entre os tópicos importantes, estudados por Descartes, destacam-se: o objeto da geometria, o compasso proporcional, os corpos sólidos, a relação entre a geometria e a álgebra, e as curvas

O objeto da geometria. Descartes afirmou que a geometria deveria ser usada na física. Para isto se tornar possível, ele achou que a própria geometria precisaria passar por reforma. Descartes pretendeu reformar a geometria para que fosse usável na nova física. A reforma exigida por Descartes focalizou o objeto da geometria, determinado em termos de proporção.

Objeto da investigação geométrica são as relações entre segmentos da figura, as relações em forma de proporções que interligam os mesmos segmentos, vistos como quantidades mensuráveis (grandezas). A geometria trata de linhas e superfícies, mas, fica concentrada nas relações proporcionais que as interligam. A questão não é aquela da geometria de Euclides: indagar figuras no sentido de se concentrar às características que as definem como tais e tais figuras. Assim, na geometria de Euclides, no caso de um triângulo, por exemplo, a investigação focaliza a característica "triangular" (GAUKROGER, in COTTINGHAM, p. 100), que faz da figura a ser "triangular", um triângulo. O triângulo é observado em relação à característica "triangular", que defini este triângulo como tal e tal triângulo. Então, linhas, superfícies, círculos e etc. são os objetos definidos e diferenciados entre si pela sua heterogeneidade estabelecida na base de suas características singulares e específicas que os definem como tais. Descartes mudou o objeto da geometria assim definido em favor a um objeto determinado em termos de proporção[47]. O foco da investigação geométrica passou das características de figuras para proporções entre linhas e superfícies. Como se vê das *Regulae* (as regras XIV, XV, XVI e XVIII), das *Cogitationes privatae* (o caso da intersecção de um plano AB e o cilindro ACDE; AT, X, p.233; ver a figura 1.9) e do texto *De solidorum elementis* (o caso do ângulo reto solido; Ibid., p. 265-269), o objeto da investigação geométrica se refere a

[47] Sobre a mudança da definição do objeto da geometria ver: Klein, Jacob (1969), *Greek Mathematical Thought and the Origino f Álgebra*; Molland, A., G. (1976, 21-49), *Shifting the foundations:Decartes's transformation of ancient geometry*; Grosholz, *Cartesian Method and the Geometry* (in MOYAL, 199, p. 80-931, v. 1); Mahoney, Michael (1984, p. 417-423), *Chaging Canons of Mathematical and Physical Inteligibility*. (Ibid.).

linhas e superfícies[48], tratadas e explicadas em termos de proporções. Com o objeto assim definido, Descartes definiu a geometria como a ciência que consiste em medir quantidades contínuas (linhas e superfícies), para descobrir e investigar suas proporções. Esta definição surgiu no inverno de 1618-19 e não foi mudada (COSTABEL, 1982) nos anos que seguiram até parecer confirmada na *Geometria*, publicada 1637.

A geometria motivou Descartes a assumir que a natureza poderia ser tratada em termos de figuras geométricas. Ele acreditou que figuras geométricas fossem reconhecíveis nos fenômenos naturais. "Cada coisa sensível" envolve alguma figura (414:8). Portanto, o objeto da física pode ser determinado em termos de geometria.

O compasso proporcional. No inverno de 1618-19, Descartes estudou o compasso, um instrumento matemático usado ainda na Grécia antiga. Na sua forma grega e tradicional, o compasso se compõe de dois braços (a figura 1.6) AX e AY, ligados ao ponto (A). No braço AY é fixada uma perpendicular BZ. No uso do compasso observam-se as esquadrias (DE, FG...), que se podem deslizar ao longo dos braços AX e AY.

Na carta a Beeckman, de 26 de março, de 1619, e nos fragmentos conhecidos sob título as *Cogitationes privatae*, Descartes falou dos novos compassos, e do seu uso na solução dos problemas geométricos e aritméticos (como o problema o problema da trissecção do ângulo e das equações do terceiro grau). Ele falou: "meus compassos" (AT, X, p. 154). O foco da atenção de Descartes foi o compasso proporcional[49] (ver a figura 1.6). Neste compasso, quantidades são apresentadas por comprimentos marcados nos braços AX e AY, como AB, AC, AD, etc.

[48] Vale pena lembrar que Descartes falou somente de linhas na *Geometria* (1637). O Primeiro livro deste texto começa com a definição do objeto da geometria, apontando "que todos os problemas da geometria se podem facilmente reduzir a tais termos (linhas), e que parece necessário conhecer o comprimento de algumas linhas retas para construí-los" (AT, VI, p. 369:4-7). Em outras palavras, a geometria mede linhas a ser determinadas como certas grandezas ("conhecer o comprimento de algumas linhas") relacionadas na forma de proporções capazes de assegurar a solução dos problemas investigados ("para construí-los).

[49] Os mais ilustres investigadores do compasso no começo do século XVII foram Galileu e o matemático Jost Bürge (1552-1632). No ano de 1606, Burge apresentou o compasso proporcional cujos braços apareceram "marcados com escalas graduadas" (Aczel, 1007, p. 89). Isto abriu a possibilidade de apresentar nos braços do compasso, pelos comprimentos designados na escala gradual, quantidades envolvidas nos problemas investigadas. Tal compasso era usado na engenharia e nos projetos militares. O compasso de Bürge foi uma versão do compasso de Galileu e "muito parecido com o que, segundo consta, Descartes teria inventado" (Ibid.).

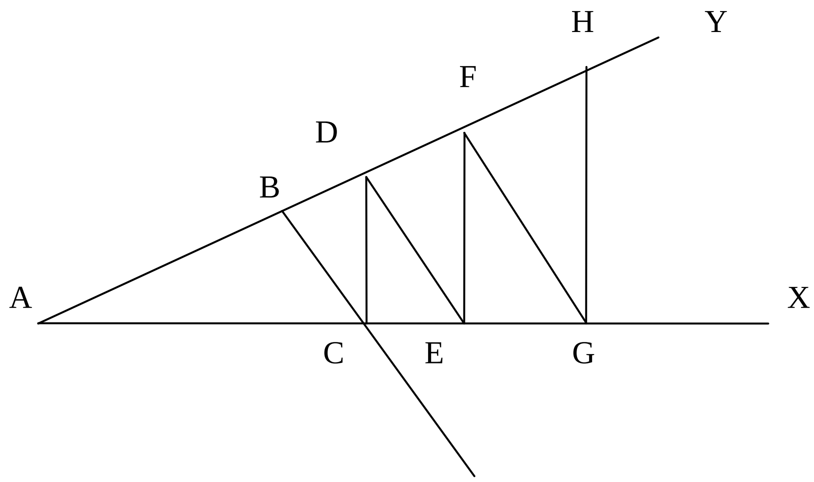


Figura 1.6 - O compasso proporcional

Quanto a este compasso, Descartes se interessou na descoberta de medias proporcionais[50] e na sua interpretação heurística. Precisamente, ele investigou o processo da referida descoberta do ponto de vista heurístico, perguntando-se o que ele poderia dizer sobre a cognição como tal. Chegou a responder tal pergunta dizendo que a descoberta de medias proporcionl significa "criar novas realidades cognitivas" (CARLONI, 1997, p. 148.). Isto no sentido de que cada media descoberta signifique alcançar o novo aspecto do fenômeno investigado, quer dizer, criar alguma nova realidade cognitiva para poder avançar no conhecimento. Assim, o compasso parece não somente um meio físico para realizar precisas construções de médias proporcionais, mas, vê-se como um instrumento idealizado[51] (MOLLAND, 1978, p. 42). Quer dizer, nele foi visto "um sistema ideal que

---

50 O problema da média proporcional consiste em descobrir os termos médios entre os dois termos dados, interligados na forma de progressão geométrica ou proporção contínua. O termo "proporcional" denota que a base da solução é a proporção que interliga os termos dados e procurados, (as médias proporcionais).
Como funciona a descoberta das médias proporcionais fica visível a partir da figura 1.6, que representa um compasso proporcional usado por Descartes. A descoberta depende da interligação entre os conhecidos e os desconhecidos (procurados), relacionados na certa proporção apresentada pelo compasso. Observando o compasso (ver a figura 1.6), percebem-se as seguintes proporções entre quantidades apresentadas pelos comprimentos (AB, AC, AD, etc) nos braços AX e AY:

$$AB/AC=AC/AD=AD/AE=AE/AF=AF/AG=AG/AH, \text{etc.}$$

É uma série que mostra as proporções apresentáveis pelo compaso proporcional . Agora, supomos que sejam dados AC e AG. A questão é: quais são as medias entre estes dois termos? O compasso mostra, com base na proporção contínua, expressada na citada série, que as medias procuradas são AD e AE.
Na regra VI das *Regular*, Descartes explicou a descoberta mencionada dizendo: "ao descobrir uma média proporcional, é conveniente prestar atenção, ao mesmo tempo, aos extremos e à proporção que há entre eles". Em outras palavras, é necessário ligar os termos conhecidos e desconhecidos na forma da certa proporção capaz de levar à descoberta de médias proporcionais. Entretanto esta regra oferece a saber o procedimento geral para descobrir medias proporcionl, no Terceiro livro da *Geometri*a, na parte intitulada "*O exemplo que mostra a invenção de novas medias proporcionais*" (AT, VI, p. 442:18-20 – 443:1-16), encontra se o exemplo que mostra como "achar quaisquer medias proporcional" por "usar as linhas curvas descritíveis" pelo compasso proporcional.

51 Molland (1976, p. 42) assinalou que tal maneira de ver o compasso envolve uma "ruptura radical" com a

gerasse as nossas idéias", como assinalou Burrnet (2005, p. 33). Completamos esta afirmação de Burrnet, lembrando que tais idéias se referem à possibilidade de atingir "um conhecimento certo e indubitável" sobre o mundo externo, inclusive aquelas que oferecem o entendimento da relação da geometria com a natureza. Entre estas idéias, as duas apresentam-se decisivas para a nova física: (1) que o objeto da investigação compreende proporções ligadas a qualquer quantidade (matemática ou física), e (2) que tem de haver a ciência cujo objeto é a quantidade em geral.

(1) Observando o compasso, Descartes percebeu que era possível ampliar a nossa capacidade de calcular e manipular quantidades apresentadas pelos comprimentos marcadas nos braços do compasso, no sentido de não se preocupar com o tipo de quantidade investigada (seja matemática ou seja da natureza). Os comprimentos AB e CD podem representar tanto grandezas matemáticas quanto aquelas ligadas a dimensões dos fenômenos naturais. Deste modo, Descartes saiu do campo da geometria e começou a usar figuras e instrumentos da geometria no domínio da física. Certamente, tal saída foi feita com base no estudo do compasso. Como mostra a carta de 26 de março de 1619, onde o foco do relato de Descartes apresentado ao amigo holandês é, justamente, a idéia de que pelo compasso pode ser apresentada qualquer quantidade, matemática ou dimensões do mundo externo. Para concluir, o compasso confirmou a idéia de que o objeto da nova física poderia ser determinado e explicado em termos de quantidade e proporção, e ajudou a especificá-la indicando o surgimento de uma ciência sobre a quantidade em geral, chamada pelo nome de *mathesis universalis* na regra IV-B das *Regulae*.

(2) Quer dizer, se o compasso puder apresentar proporções entre quaisquer quantidades, parece razoável pensar numa ciência que torna isto possível, e cujos princípios valem igualmente para a geometria e a natureza. Esta ciência é a *mathesis universalis*. O compasso teve o papel decisivo no seu surgimento[52], gerando a idéia de uma ciência geral sobre quantidade.

---

visão antiga do instrumento, em que ele foi tratado somente como um meio físico atual. É uma ruptura que deu origem a uma nova forma de entender problemas matemáticos e o objeto da própria matemática, quer dizer, relações entre quantidades vistas na forma de proporções.

[52] Sobre o compasso proporcional e o surgimento da idéia da *mathesis universalis* ver: Schuster.J., *Descartes' Mahess unversalis*: *1619-28*, (in Gaukroger, 1981, p. 41-93), *Whatever Should We do with Cartesian Method ?*(in Voss, S., 1993, p. 195-223); Sepper, D (1996), *Descartes's Imagnation*, parte dois, p. 62-72, *Figuring thing out*, (in GAUKROGER, S.; SCHUSTER, J.; SUTTON, J., 2000b, p. 228-248); Gaukroger, S. (2002a), *Descartes, uma biografia intelectua*, p. 124-141; Burnet, G. (2005), *Descartes and the Hyperbolic Quest: Lens Making Machines and their Significance in the Seventeenth Century*, a parte *Ars Mathematica*, p. 26-34.

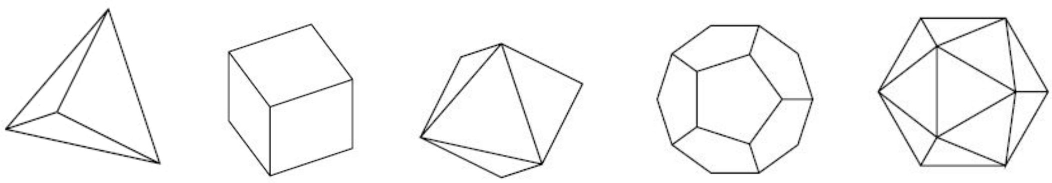
De solidorum elementis[53]. Trata-se de um texto escrito no período de 1619-1621 (ADAM e TANNERY, 1996) e dedicado ao estudo de cinco sólidos regulares: o tetraedro, o cubo, o octaedro, o dodecaedro e o icosaedro[54]. São as figuras tridimensionais chamadas "regulares porque suas faces são todas iguais e congruentes, e os ângulos formados pelas arestas são todos iguais" (ACZEL, 2007, p. 177). Os sólidos são chamados também de os sólidos de Platão. O filósofo grego descobriu que somente os sólidos regulares podem ser inscritos na esfera. Em homenagem ao filósofo, são chamados de "os Sólidos de Platão"[55].

Na Grécia antiga, os sólidos "eram vistos como a culminação da geometria grega e a sua extensão em três dimensões." (Ibid., p. 178). Os geômetras gregos visaram a um mundo além de figuras planas, ao mundo das coisas em três dimensões, à natureza. Eles esperavam que os sólidos os ajudassem a compreendê-la e assegurassem a passagem para o mundo existente em três dimensões, para os fenômenos naturais. Os sólidos foram vistos como algo que abre o caminho para conhecer a natureza. É uma idéia que apareceu na Grécia antiga.

---

[53] *De solidorum elementis* faz parte do Inventário de Estocolmo, marcado pela letra M. Na edição de Adam e Tannery, no volume X, *De solidorum elementis* aparece junto com os textos redigidos no período 1619-21. O texto foi publicado pela primeira vez pelo conde Foucher de Careil, no ano 1860, no volume I da edição intitulada *Oeuvres inéditas de Descaretes* (*Obras inéditas de Descartes*). O conde encontrou uma cópia do *Solidorum* feita por Leibniz. Entre papéis de Leibniz, investigados por Careil, na Biblioteca Real de Hanôver (hoje Biblioteca Gottfried Wilhelm Leibniz) estava a cópia *De solidurom elementis*. O próprio Leibniz fez anotações que mostram que ele tentou desvendar o texto, especialmente as seqüências de números ligados aos sólidos. Sobre a interpretação de Leibniz ver: Aczel, *O caderno secreto de Descartes* (2007, p. 181-192).

[54] Os sólidos são:



O tetraedro O cubo O octaedro O dodecaedro O icosaedro

O tetraedro, o octaedro e o icosaedro são constituídos de triângulos eqüiláteros, o cubo de quadrados e o dodecaedro de pentágonos, são figuras planas, o que motivou Descartes a considerar os sólidos em termos de figuras planas. Com a idéia de usar a geometria na física, Descartes esperou que tal consideração pudesse dizer algo sobre a própria natureza e sua explicação matemática.

[55] Platão expôs a teoria dos sólidos no *Timaeus*. Neste texto, ele insistiu que a geometria dos sólidos definia as características mecânicas dos corpos existentes no mundo físico (SIORVANS, 1966, p. 213). Ele concluiu que o conhecimento do mundo físico dependia das formas geométricas dos corpos (*Timaeus*, 53c-57d). O que diz que a natureza poderia ser explicada em termos de geometria, quer dizer, em termos de tamanho e forma dos corpos (Ibid.). Tal idéia inspirou Siorvanes (Ibid., p. 211) a falar da física matemática de Platão.

Seguramente, Descartes conheceu está idéia e interessou-se por ela, pensando na física matemática. Portanto, passou a estudar os sólidos para saber o que eles poderiam contribuir para ao esclarecimento da idéia da nova física e da *mathesis universalis*. Ele achou que o estudo dos sólidos poderia servir como um exercício preparatório (COSTABEL, 1982, p. 16) para esclarecer, no mínimo, o uso da geometria na física e confirmar a idéia da *mathesis universalis*. Costabel (1982, p. 16) apelou para o título original encontrado no Inventário de Estocolmo: *Progymnasmata de solidorum elementis*, onde "*progymnasamata*" denota coisas preparatórias. Ele concluiu que "tinha motivo para pensar que o manuscrito cartesiano se apresentava efetivamente como uma série de proposições, ou exercícios preparatórios" (Ibid.). De modo geral, Descartes viu *De solidorum elementes* como o exercício que poderia confirmar tanto a idéia do uso da geometria na física quanto a idéia da *mathesis universalis.*

Tal exercício se focalizou à questão da explicação dos sólidos. Neste sentido, Descartes mostrou que os sólidos fossem explicáveis: (i) em termos de geometria plana, e (ii) através de uma regra que unisse todos, tanto os sólidos regulares da geometria quanto os sólidos não regulares encontrados na natureza. Na realidade, (i) e (ii) são os principais tópicos tratados em *De solidorum elementes*. De acordo com estes tópicos, o texto se compõe de duas partes, uma sobre a explicação dos sólidos em termos da geometria plana (AT, X, p. 265-269), e a outra dedicada à regra (fórmula) referente a todos os sólidos (Ibid., 269-276) [56]. A nossa discussão segue esta divisão do texto mencionado.

(i) *De solidorum elementis* começa com a definição do ângulo reto em termos de esfera recortada. Isto é, o ângulo reto sólido é aquele que "recorta uma oitava da esfera" (AT, X, p, 265, 4-5) em questão. É uma definição em termos da figura em três dimensões. Em seguida, Descartes declarou que tal ângulo pode ser descrito em termos dos ângulos planos, de aresta, vértice e face. Da continuação da sua consideração, fica claro que o ângulo reto sólido é explicado em termos de ângulos planos. Quer dizer, os conceitos da geometria plana são aplicáveis às figuras tridimensionais.

Descartes mostrou isto na consideração do ângulo reto sólido OABC de três arestas que delimitam os três ângulos planos OAB, OAC e OBC, unidos pelo vértice O (a figura 1.7). Trata-se do ângulo sólido mais simples, de três arestas do tetraedro, usado como

[56] Na edição de Adam e Tannery, o texto é dividido em duas partes separadas. Mas, no texto original encontrado no Inventário de Estocolmo, "não existe separação nenhuma" (AT, X, p. 269), entre as partes que tratam os dois tópicos mencionados. Que podem se diferenciar os dois tópicos, sobre isto não há dúvida. Isto motivou Adam e Tannery a fazer a divisão em partes I e II. Eles deixaram claro, que tal divisão e marcação são deles, não de Descartes.

exemplo na consideração, mas Descartes pensava em “todos os ângulos planos” (Ibid. p. 265, 6), em qualquer ângulo de arestas.

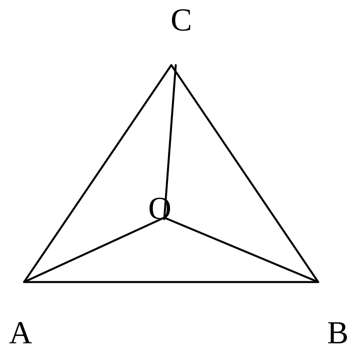


Figura 1.7 - O ângulo reto sólido

A consideração de Descartes pode ser resumida a seguir. Quanto ao ângulo reto sólido OABC, três arestas AO, OB e OC cortam três setores na esfera, isto é, formam três diedros, A, B, e C, onde (ABC) = $\frac{1}{8}$ (COSTABEL, 1982, p. 17). Os diedros dizem respeito a uma oitava da esfera cortada pelas arestas mencionadas. Contudo, eles são identificados com os ângulos planos, que torna o ângulo sólido descritível em termos de geometria plana. Os ângulos de duas arestas, identificados com os diedros, chamam-se faces do tetraedro. Estes ângulos são unidos pelo vértice a formar o ângulo sólido reto, formado por três ângulos planos “dos quais o ângulo sólido é circunscrito” (AT, X, p, 265, 6-7). Conclui-se que, sem deixar dúvida, as figuras tridimensionais são explicadas em termos de geometria plana. Então, *De solidorum elementis* comprova a idéia de que os conceitos de geometria abstrata poderiam ser empregados nos estudos dos fenômenos naturais.

A investigação de Descartes não parou aí, ele continuou a observar faces, vértices e arestas para descobrir alguma relação numérica que os interligam como uma fórmula usada na explicação de qualquer figura em três dimensões, inclusive as figuras não-regulares envolvidas com a natureza.

(ii) Descartes observou os números de faces, vértices e arestas com a finalidade de descobrir uma regra ou fórmula que definisse a sua ordenação na seqüência e que valesse para todos os sólidos. Tal fórmula deveria descrever numericamente os sólidos com base nas relações entre os números citados e ordenados na seqüência, quer dizer com a base das “relações numéricas nos poliedros” (COSTABEL, 1982, p. 31.).

Pela observação dos números de faces, vértices e arestas dos sólidos, ele conseguiu identificar a ordenação que resultou na descoberta da fórmula buscada. Para mostrar a ordenação dos números referidos, e como a fórmula procedeu dela, recorremos à tabela numérica apresentada por Aczel (2007, p, 185.):

	“Tetraedro	Cubo	Octaedro	Dodecaedro	Icosaedro
Faces	4	6	8	12	20
Vértices	4	8	6	20	12
Arestas	6	12	12	30	30

Tendo escrito a ordenação, Descartes fez sua descoberta. Notou algo de muito interessante nessa ordenação de números. Tinha a ver com a soma das duas primeiras fileiras comparadas com a terceira.

O que Descartes descobriu foi que, para cada um dos sólidos regulares, a soma do número das faces e vértices era igual ao número de arestas mais dois. Ou, com a seguinte fórmula:

$$\mathbf{F + V - A = 2}.”$$

Em seguida Descartes descobriu que essa fórmula se aplicava a qualquer poliedro tridimensional – regular ou não”.

Na fórmula, F indica as faces, V os vértices e A as arestas. Pela aplicação desta fórmula, por exemplo, ao tetraedro temos 4 + 4 - 6 = 2 ou, ao cubo obtemos 6 + 8 - 12 = 2 etc. A fórmula é aplicável a todos os sólidos. Que ela é aplicável a qualquer poliedro tridimensional, inclusive não regular, pode ser verificado do caso de uma pirâmide de base quadrada. Tal pirâmide não é o sólido regular, contudo, pode ser descrita por meio da referida fórmula: 5+5-8 = 2.

Parece óbvio que a fórmula expresse a relação entre faces, vértices e arestas sem importar-se qual sólido está em questão. Ela é a descrição matemática das relações que interligam faces, vértices e arestas dos corpos existentes em três dimensões. Não há dúvida que a fórmula pode ser ligada, tanto à geometria quanto às coisas do mundo físico. Como tal, ela sugere a idéia de que deveria haver princípios que valessem para qualquer quantidade, seja matemática ou não. São princípios que foram atribuídos por Descartes à *mathesis universalis.* O estudo dos sólidos e a fórmula que os descrevem comparecem para aprovar a idéia da *mathesis universalis.*

A fórmula[57] não se encontra em *De solidorum elementis*. Foi descoberta por

[57] Sobre *De solidorum elementis* e a busca de Descartes do *gnômon* ver: Costabel, Pierre, *Le théorèe de Descartes-Euler La mathématique de Descartes antérieure à la “Gémétrie*” (in Costable, 1982, p. 15-37);

Descartes, mas não apareceu nos textos dele. Como Costabel (1982) explicou: a fórmula está presente no texto sem ser escrita na forma F+V-A = 2, quer dizer, na forma estabelecida por Euler (1707-1783), que foi o primeiro a apresentá-la como atualmente é conhecida. Por esta razão é identificada como a fórmula de Euler. Costabel apontou a descoberta da fórmula por Descartes e usou o termo “a fórmula de Descartes-Euler”.

A geometria e a álgebra. Como se sabe, Descartes achou que problemas investigados, tanto matemáticos quanto físicos, poderiam ser apresentados através de figuras geométricas. Cada problema investigado tem a sua apresentação na forma de alguma figura geométrica traçada no plano (no papel) com esquadro e compasso. A explicação se baseia na apresentação geométrica. Ambas, matemática e física incluem figuras. Na física, a investigação começa com o traçamento de figuras no papel (GRABINER, 1995, p. 83). O físico as desenha no papel para expressar relações proporcionais reconhecidas na natureza, quer dizer, relacionadas a fenômenos submetidos à investigação. Apresentadas por figuras traçadas no papel, proporções se tornam usáveis na explicação matemática da natureza. Mas, além de serem representadas pelas figuras geométricas, proporções são exprimíveis por meio de equações algébricas. Assim, qualquer “problema investigado pode ser visto simultaneamente como algébrico e geométrico” (GROSHOLZ, in MOYAL, 1991, p. 90, v. 1). Proporções envolvidas com o problema investigado são apresentadas através de linhas e superfícies, que podem ser “convertidas numa equação que descreve segmentos de linhas” correspondentes a números (Ibid.).

O que está em questão, mostrou Vuillemin (1960, p. 42-43.), no caso de proporções envolvidas no triângulo ABC (ver figura 1.8). Neste triângulo, pode-se discernir as proporções envolvidas com ele, apresentadas na forma da equação: AO/CO = OC/OB.

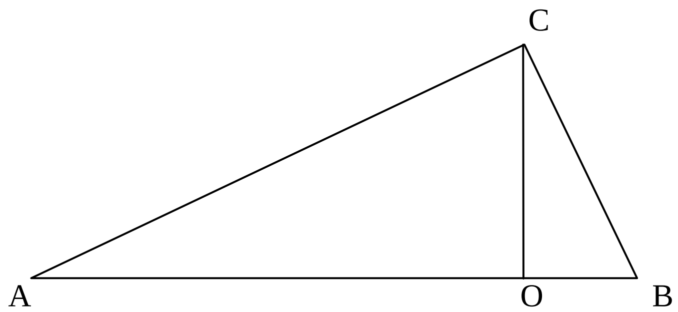


Figura 1.8 - A apresentação de proporções

Aczel, Amir (2007), *O caderno secreto de Descartes*, p. 181-192.

A partir da figura 1.8, Vuillemin (Ibid. p. 42.) explicou as proporções no triângulo ABC: “Num triângulo, uma proporção é figurada pela relação da perpendicular com a hipotenusa e dos segmentos os quais ela intercepta. Dessa forma, os triângulos AOC e COB são semelhantes, os lados correspondentes são perpendiculares. Então: AO/CO = OC/OB”. Da figura referida, pode se discernir as proporções entre linhas AO e CO, OC e BO. As proporções $\frac{AO}{CO}$ e $\frac{OC}{OB}$ são expressas pela equação AO/CO = OC/OB, que descreve as proporções no triângulo ABC. Vamos acrescentar a explicação de Vuillemin no sentido de marcar AO como *a*, CO e OC por *b*, OB como *c*. Feito isto, temos a igualdade entre as proporções citadas: $\frac{a}{b} = \frac{b}{c}$, exprimível como $b^2 = a \cdot c$. Esta equação descreve as proporções envolvidas na figura 13, que descreve o triângulo ABC.

A idéia de descrever figuras por meio de equações leva à questão sobre a relação entre a geometria e a álgebra. Trata-se de saber como Descartes entendeu esta relação. É uma questão importante quando se tem em vista a geometria analítica, na forma como é entendida hoje. Quando se apelar para Descartes, dizendo que ele participou na invenção da geometria analítica, é decisivo lembrar-se de relatar que há a diferença entre a sua interpretação da relação geometria-álgebra e a geometria analítica, como hoje é conhecida.

Lenoir (1979, p. 356.) explicou com precisão esta diferença:

> A noção central da gêometra analítica é que equações definem curvas em espaço. O gêometra analítico começa com uma equação de duas ou três variáveis e, pela escolha adequada do esquema de coordenadas, produz a interpretação geométrica desta equação... Da perspectiva da geometria analítica, a equação é data essencial e ela tem a prioridade ontológica em relação à construção geométrica. Por outro lado, para Descartes, o único o assunto importante foi a construção geométrica. A equação era usada como o estenograma das operações geométricas. Equações em si mesmas não têm o significado ontológico. Elas são somente uma simbólica língua proveitosa, em que podem se armazenar construções geométricas.

Como se vê da explicação de Lenoir, a diferença mencionada se mostra na primazia da geometria e no significado de equações algébricas. Aquilo que faz a diferença é a primazia de figuras geométricas em relação às equações algébricas. Descartes não começava a investigação com uma equação para construir figura como “a interpretação geométrica desta equação”. Segundo ele, a figura é prioritária, ela precede à equação. Isto é, a equação “não tem a prioridade ontológica” no sentido de anteceder a figura e de fazer possível a sua construção. A equação não é vista como algo que baseia a construção de figuras usadas na investigação. Pelo contrário, Descartes dava início na investigação com o traçamento de figuras, e buscou posteriormente por equações que poderiam descrevê-las. Na investigação, a figura ocupa a posição central, ela começa com o traçamento e termina por elaborar a explicação baseada na figura. Quanto às equações algébricas, elas “foram vistas por Descartes como o resultado de um jogo sem significado, com símbolos vazios” (Ibid., p. 358). Se não fossem acompanhadas das construções geométricas, equações não teriam significado algum. Somente quando as equações servirem para “armazenar construções geométricas”, quer dizer, para descrever quantidades contínuas, a álgebra terá significado e se tornará “uma simbólica língua proveitosa” usada nos estudos e nos problemas matemáticos assim como físicos. Isto contraria o “principio fundamental da geometria analítica: que cada equação define alguma curva” (Ibid.).

Ora, proporções são exprimíveis, tanto pelas figuras geométricas, quanto por meio de equações. Quer dizer, elas são *prior* a qualquer relação capaz de ligar a geometria e a álgebra. Se houver a relação de correspondência entre estas duas ciências, ela é possível com base em proporções apresentáveis pelas figuras geométricas e descritíveis por meio de equações. Parece óbvio que Descartes não pretendeu reduzir a geometria na álgebra nem deduzir uma da outra[58]. A relação da geometria com a álgebra é vista por Descartes como a relação da correlação (GROSHOLZ, in GAUKROGER, 1980), onde nenhuma destas ciências não fica submetida ou dependente da outra.

Curvas. A nossa consideração sobre a geometria e a sua importância para a física e a idéia da *mathesis universalis* termina com o tema de curvas[59]. Trata-se de um tema que

[58] Sobre o mesmo assunto ver: Manders, K. (2006), *Algebra in Roth, Faulhaber, and Descartes*; Cobb-Stevens, R., (in DEPRÉ,O.; LORIES, D., 1997, p. 85-107); Grabiner, J. (1995), *Descartes and Problem-Solving*; Lachterman, D.R. (in Rorty, 1986, p.435-453), *Objectum Purae Matheseos: Mathematical Construxction and the Passage from Essence to Existence*; Mahoney, M. (in GAUKROGER, 1982, p. 141-155), *The beginnings of algebraic thought in the seventeenth century;* Mahoney M. (1984), *Changing Canons of Mathematical and Physical Inteligibility*; Lenoir, T. (1979), *Descartes and the geometrization of thought: the methodological backround of Descartes’ Géométrie*; Moland, A.G. (1976), *Shifting the foundations: Descartes’s transformation of ancient geometry*.

[59] Sem dúvida nenhuma, curvas foi um importante objeto do estudo de Descartes, ainda na época da discussão com Beeckman (o inverno de 1618-19). Ele interessou-se por curvas com a finalidade de saber como poderiam ser usadas como o instrumento de resolver problemas investigados (tanto matemáticos quanto físicos).

Com tal finalidade em mente, Descartes considerou também a questão da especificação de curvas. É a questão de explicar como se tornam conhecidas curvas usadas na busca de soluções de problemas investigados. Ele visou às duas maneiras da especificação de curvas. Primeiro, é conhecer o ponto a partir do qual curva pode ser construída (ver a figura 1.9). Segundo, é descrever o instrumento capaz de traçar curvas (ver a figura 1.10).

No século XVII, foi desenvolvida a terceira maneira da especificação e curvas. É indicar a equação que descrevesse a própria curva. Este modo foi desenvolvido após o surgimento da geometria analítica. Descartes nunca adotou este modo de especificar curvas. Ele pensou em usar equações para descrever curvas, mais não começava com equações para chegar a construir curvas. Tempo todo, Descartes insistiu na construção geométrica efetuada por meio de curvas traçadas com instrumentos matemáticos (compasso, régua e etc.). Ele não considerou que equações fossem suficientes para descrever e construir curvas.

compreende os seguintes assuntos envolvidos com o objeto da física e a idéia da *mathesis universalis:* proporções e uso de figuras geométricas para apresentar os fenômenos naturais.

Curvas são as figuras geométricas que apresentam proporções. Descartes as viu como soluções de problemas investigados. Podem apresentar quaisquer proporções, inclusive aquelas reconhecidas na natureza. A partir do fato de que curvas apresentem próprias proporções, sem se preocupar com o tipo de quantidades interligadas através delas, Descartes as viu como figuras geométricas que poderiam servir como base da exploração e explicação das proporções envolvidas nos problemas investigados.

O que este em jogo pode ser conhecido pela consideração da construção de curvas. A curva se constrói[60] a partir do ponto em que intersectam duas linhas. Este ponto implica na proporção, estabelecida entre linhas intersectas, e cabe na curva que representa a proporção representada. Ele descreve a curva em questão. Nas *Cogitationes privatae* (AT, X, p. 233), Descartes mostrou isto através da intersecção de um plano AB e o cilindro ACDE (Ibid., 233:5). O cilindro é considerado na forma da sua geratriz DE (ver a figura 1.9), quer dizer, como a linha DE.

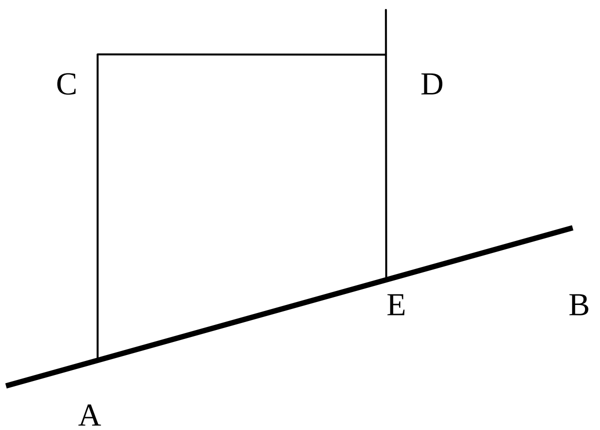


Figura 1.9 - A intersecção do plano AB e o cilindro ACDE (Ibid.)

[60] A questão da construção de curvas está ligada à divisão das curvas em dois grupos, de Descartes . O critério da divisão foi a expressividade da proporção em números naturais. Todas as curvas, cuja construção pressupõe a proporção exprimível em números naturais pertencem à geometria, e são chamadas de curvas geométricas. Elas podem ser construídas por esquadro, compasso ou algum outro instrumento matemático. Outras curvas que não atendem a este critério não são construíveis e foram excluídas da geometria de Descartes. Ele as nomeou curvas mecânicas. Sobre o assunto ver: Vuillemin (1960) *Mathématiques et métaphysique chez Descartes*; Molland (1976, p. 21-49), *Shifting the Foundations: Descartes's Transforamtion of Ancient Geometry*; Lenoir (1979, p. 355-379), *Descartes and Geometrization of Thought: the Methodological background of Descarttes' Géométrie*; Grabiner (1995,83-97), *Descartes and Problem-Solving*.

No ponto E, intersectam-se as linhas AB e DE, quer dizer, o plano AB e o cilindro ACDE. O ponto é obtido pela sua intersecção e descreve a curva que apresenta a proporção entre linhas AE e DE. A partir do ponto E pode-se construir a curva mencionada. Como se percebe, *Cogitationes privatae* (1619-20) mostram em que consiste a definição e a construção de curvas, porém, não oferecem uma explicação mais detalhada. Esta se encontra no livro II da *Geometria* (AT, X, p. 393:7-394:24), publicada em 1937.

Nesta explicação, foi investigada a construção da parábola EC (ver a figura 1. 10) usando um instrumento matemático capaz de construir curvas. Descartes mostrou como determinar o ponto que descrevesse a curva EC e apresentou “a equação da qual se reconhece que a linha EC é... uma hipérbole (Ibid., p. 394:22-24). A construção da curva EC é apresentada por esta figura:

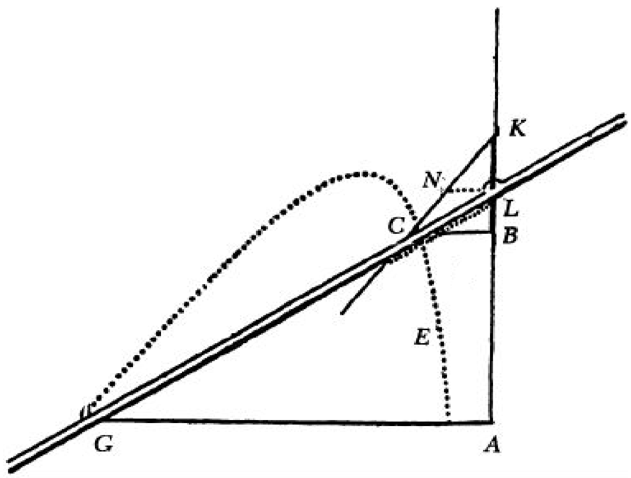


Figura 1.10 - A construção da parábola EC

Com base na *Geometria*, Grabiner (1995, p. 90) descreveu esta construção a seguir:

> A linha reta KN (prolongada conforme a necessidade) é fixada na distância KL em relação ao esquadro GL. O esquadro é prendido no ponto G, em torno do qual ele pode girar. O ponto L pode deslizar ao longo do esquadro GL. O segmento KL se move subindo na linha fixada AB. Como KL se move subindo, o esquadro que tem a “conexão” em L, ele gira em torno de G. Notar que KL, KN e os ângulos entre eles estão fixados. Então, o ponto em que o esquadro intersecta a linha reta KN estendida, isto é C, será o ponto da curva gerada.

A construção consiste no procedimento de gerar a curva EC (hipérbole) pela intersecção entre o esquadro GL e linha reta KN, quer dizer, as duas linhas retas. Elas se intersectam no ponto C, é um dos pontos da curva EC. Todos os outros pontos da mesma curva, EC, são determinados pela mesma proporção. Como todos os pontos sejam determinados pela mesma proporção, qualquer ponto pode descrever a curva em questão (de acordo com a regra VI).

O ponto C, ou qualquer outro ponto, está determinado pelas distâncias em relação às duas linhas retas, GA e BA. Estas distâncias são relacionadas na forma da proporção descrita pelo ponto C. A proporção apresentada pelo ponto C é uma relação numérica entre as distâncias do mesmo ponto das linhas GA e BA. Qualquer outro ponto da curva CE é definido da mesma maneira. Os pontos diferentes são ligados pela mesma proporção apresentada pela curva EC. Descartes apontou isto dizendo que: "conhecer curvas é conhecer a relação entre seus pontos e àqueles pertinentes a linhas retas" (AT, X, p. 392). Esta relação é expressa por meio da equação algébrica, que descreve a curva. Como disse Descartes: "pode-se sempre achar uma equação" (Ibid., p. 395) para expressar a curva. No caso da curva CE, a equação é: $yy = cy - xy + ay - ac$[61] (Ibid., p. 394), em que x e y denotam as linhas CB e BA; a, b e c indicam GA, KL e NL, Descartes concluiu: "a linha EC é... nada mais que uma Hipérbole" (Ibid.).

Olhando para a explicação da construção de curvas, oferecida por Descartes nas *Cogittaiones private* e na *Geometria*, chega-se a concluir que ela oferece a conhecer como funciona a geometria na investigação dos problemas investigados. Que mostra "qual é a maneira de conhecer tudo" (412:4-5) que pode ser conhecido no mundo. Para Descartes, saber isto significa entender "como é a razão capaz de perceber a verdade" (411:7-8). Quer dizer, significa entender como é possível edificar a física matemática. Este é o sentido da explicação da construção de curvas, quando observá-la sob a perspectiva da possibilidade da cognição da natureza.

Aqui terminamos a discussão sobre a geometria e assim finalizamos este capitulo. Depois de investigar o objeto da física determinado como geométrico em si, temos de conhecer, de acordo com a estratégia adotada e explicada na Introdução, como o mesmo objeto depende do sujeito investigador, das suas "faculdades que servem para conhecer as coisas" (411:20).

---

[61] Nesta equação, para denotar igualdade usamos "=". Mais na *Geometria,* Descartes usou o alfa grego invertido ∞**,** empregado para indicar igualdade até o ano 1557, quando Michel Recorde inventou "o sinal de igualdade (=)" (Aczel, 2007, p.101).

CAPÍTULO 2 - O *INGENIUM*

No capítulo anterior foi dito que Descartes determinou também o objeto da física em relação ao sujeito investigador. O objeto depende das faculdades cognitivas do sujeito. Precisamente, fica definido e explicado conforme as faculdades cognitivas que "servem a conhecer as coisas" (411:19-20). Quanto a estas faculdades, na regra VIII das *Regulae,* Descartes aponta que "é necessário ver pela ordem como cada destas faculdades é capaz de nos prejudicar... ou beneficiar" (398:27-29). Ou, é necessário empreender o estudo que consiste em revelar o funcionamento das faculdades cognitivas na aquisição do conhecimento sobre "todas as coisas que se apresentem" (359:6) ao homem. Trata-se um estudo, como afirmou Aristóteles em *De anima*, que "estaria bem entre os primeiros" (I, 1, 402a1) realizadas na busca pelo conhecimento sobre o mundo. Ou, como escreveu Descartes, é um estudo visto como "o exemplo mais excelente de todos" (395:16), e que qualquer um que busque conhecer as coisas existentes "deve empreender uma vez na vida" (395:19-20).

Porém, no empreendimento deste exemplo, Descartes abandonou "o culto do objeto" (ALQUIÉ, 1987, p. 4.), estabelecido por Aristóteles e mantido até a concepção da ciência dos escolásticos. Na *Metafísica* (II, 995, 3; IV, 1004^{a}, 2, 5; V, 1025^{b}, 1, 20; V, 1026^{a}, 1, 10), Aristóteles colocou o "centro da gravidade" das ciências "na coisa a ser conhecida" de tal forma que a própria coisa "comandasse a ciência correspondente, e não o espírito que produz uma ciência" (MARION, 1981, p. 28). Tal culto significou esquecer o sujeito e suas faculdades cognitivas, como algo que poderia participar da determinação do objeto da investigação. Descartes inverteu o "centro da gravidade" no sentido de dar atenção ao sujeito que produz a ciência. Porém, tal mudança não deixou o objeto esquecido, a sua determinação ainda depende do sujeito inquiridor. O objeto da investigação científica é construído pelo *ingenium,* cuja atuação na forma da razão conduz à produção da ciência.

É a idéia cartesiana sobre a produção da ciência. Para entendê-la, vale pena lembrar-se da concepção escolástica da ciência. Em conformidade com esta concepção, a alma humana é responsável pelo conhecimento sobre as coisas existentes. Em suas famosas *Disputationes metaphysica,* Francisco Suarez[62] disse mais do que isto. Ele indicou a razão

[62] Suarez foi o filósofo que lecionou em Salamanca e Coimbra. Ficou conhecido pelo texto *Disputationes*

como o produtor da ciência, a razão vista como “um instrumento da alma” caracterizada pela capacidade de conhecer o mundo (in ARIEW, R.; COTTINGHAM, J.; SORELL, T., 1998, p. 33). Porém, Suarez interpretou a produção do conhecimento dentro da concepção escolástico-aristotélica, afirmando que a ciência se baseasse na experiência sensorial e se constituísse de conceitos abstraídos dos sentidos. Isto significa que o objeto científico se encontra nos sentidos. Sabendo isto, conclui-se que sobre tal objeto, a alma não tem influência alguma, ela não constrói o objeto do conhecimento e sim, usa o objeto achado na experiência sensorial para fazer a ciência. Este é o sentido da concepção escolástica da ciência. Descartes rejeitou esta concepção e alegou que o objeto da investigação não se achasse nos sentidos, mas sim, se construísse pela razão entendida como uma das faculdades cognitivas do *ingenium.* Afinal, a sua idéia é que o objeto deve ser descoberto no contexto da investigação em que o mesmo objeto depende do sujeito investigador das suas faculdades cognitivas empregadas na cognição das coisas existentes.

Esta idéia foi elaborada no S*tudium bonae mentis*[63], um texto redigido em 1619-21, segundo Adam e Tannery (AT, X, p. 177), nas *Cogitationes private* (AT, X, p. 217:12-16, a parte sobre a imaginação) e nas *Regulae.* Ora, a questão é a dependência do objeto da física em relação ao sujeito investigador. Tal dependência é o tema do capitulo dois. O tema será abordado a partir das *Regulae*, sem esquecer *Studium bonae mentis* e *Cogitationes privatae*. Contudo, só as *Regulae* contêm a exposição mais especificada e precisa da dependência do objeto cientifico em relação ao sujeito investigador.

Na nossa consideração do tema, seguiremos a ordem da exposição das *Regulae*. Portanto, começamos com a tese de Descartes exposta na regra I: “as ciências se constituem daquilo que o espírito conheceu” (360:11-12). Na regra II, ele diz: “toda ciência é o conhecimento certo e evidente” (362:5). Ou trata-se de “alcançar um conhecimento certo e indubitável” (362:4). A regra III afirma que tal conhecimento pode ser atingido pela intuição e dedução, pelas operações graças a quais o *ingenium* se torna

---

metaphysicae (1579), em que ele não somente fez comentário da obra de Aristóteles, como também ofereceu suas próprias idéias sobre os assuntos comentados (como a ciência e a metafísica).

No colégio La Flèche, Descartes estudou os textos de Suarez por uma razão simples. Suarez foi o membro da ordem jesuíta, cujos textos foram estudados nos colégios jesuítas, como o La Flèche. Sabe-se ainda, Descartes leu *Disputationes metaphysicae* e teve nas mãos uma sua cópia quando escreveu *Meditações.*

[63] Um texto perdido, mas sobre o conteúdo dele sabemos da biografia de Descartes *Vie de Monsieur Des-cartes*, escrita por Baillet e publicada em 1691. No volume X da edição de obras de Descartes, Adam e Tannery apresentaram *Studium* conforme com as notações de Baillet (p. 191-204). O tema do *Studium* é “à disposição do espírito em aprender” (Ibid., p. 191), quer dizer, às faculdades do sujeito investigador: os sentidos, a imaginação, a memória e a razão.

capaz de “chegar ao conhecimento das coisas, sem o medo de ser desiludido” (368:19-20). Também, o *ingenium* usa o método da análise para conduzir a sua atuação na direção de “um conhecimento certo e indubitável”, constituído de idéias claras e distintas. A busca por tal conhecimento acontece através do processo da cognição envolvendo as faculdades cognitivas (a razão, a imaginação, a memória e os sentidos). A chave deste processo é a relação imaginação-razão, graças a qual o *ingenium* pode chegar às idéias claras e distintas sobre as coisas investigadas.

A partir de tal ordem da exposição dos assuntos encontrados nas *Regulae*, este capitulo se concentra aos seguintes tópicos: a intuição e a dedução, a análise e a capacidade de conhecimento, vista como o âmago da definição do *ingenium*. Então, o capitulo se constitui de três partes dedicadas aos tópicos listados. Nele, visa-se a mostrar como Descartes entendeu a dependência do objeto da física em relação ao *ingenium.*

Daqui, vamos usar o termo ‘*ingenium’* para considerar a dependência em questão. Até agora usamos o termo ‘sujeito investigador’, sem especificar aquilo poderia associar a Descartes. Como o *ingenium* não foi considerado no capitulo anterior, o uso do termo ‘sujeito investigador’ não prejudicou a investigação efetuada até agora. Mas, quando pretender a investigar a dependência do objeto da investigação, em relação ao sujeito, é conveniente passar a usar o termo do próprio Descartes: ‘*ingenium’*, uma palavra latina, traduzida como “espírito” [64]. Até mesmo usamos o termo ‘*ingenium’* como título do capítulo, para enfatizar o seu significado elaborado entre 1618-28.

2.1. A INTUIÇÃO E A DEDUÇÃO

Depois de promover o *ingenium* capaz de produzir a ciência, nas regras I e II das *Regulae,* Descarte afirmou que a intuição e a dedução, ou seja, as operações da razão, fossem responsáveis pela produção de tal conhecimento, na regra III. Daí segue-se a pergunta: como Descartes entendeu o funcionamento da intuição e a dedução na produção do conhecimento sobre a natureza? Pretendemos responde-la, com a finalidade de desvendar a dependência do objeto da nova física em relação ao *ingenium*.

[64] ‘*Íngenium’* é um termo latino. Foi traduzido para a língua francesa como ‘*esprit’*, por um termo que foi e é usado na tradução do título das *Regulae*, como mostra, por exemplo, a edição Pléiade de Gallimard (Paris, 1953): *Règles pour la direction de l’esprit*. De modo geral, se usou, ou se usa o termo ‘*esprit’*, para traduzir a palavra ‘*ingenium’*. Também, no caso de outras línguas, usa-se o mesmo termo: como ‘espírito’ em português, ou ‘spirit’ em inglês.

O fato é que Descartes planejou escrever sobre o funcionamento citado na parte III das *Regulae*, na parte que nunca foi escrita. Mas, tal fato não traz algum problema desde o funcionamento em questão pode ser compreendido a partir das partes já redigidas, I e II. Certamente, aquilo que foi dito nestas partes vale para todas as ciências, inclusive a física. As partes I e II dizem respeito a todas as ciências que o *ingenium* possa alcançar pela intuição e dedução. Por isto, parece nada mais natural do que apelar para as regras das *Regulae.* Esta é a estratégia adotada na busca de saber como Descartes entendeu a intuição e a dedução, empregadas na aquisição do conhecimento matemático sobre a natureza.

Na regra III das *Regulae*, Descartes expôs a definição das operações da razão. A definição foi elaborada nas regras VI, VII, VIII, IX e XII, incluindo a consideração sobre naturezas simples. Nestas regras, Descartes explica as operações mencionadas, estabelecendo a sua definição, clarificando "de que maneira podemos ser mais capazes de praticá-las" (400:18-19), e mostrando o que significa "cultivar as duas principais faculdades do espírito" (400: 19-20), isto é, "a intuição e a dedução, sobre as quais temos de dizer que as usamos para entrar no estudo das ciências" (400:17-18). Portanto, servem como a base da nossa discussão sobre a intuição e a dedução. O objetivo da discussão é esclarecer a dependência do objeto da nova física em relação ao *ingenium.*

2.1.1. A intuição

Na regra III, Descartes expôs a seguinte definição da intuição:

> Sob a intuição eu compreendo não o testemunho instável dos sentidos nem o julgamento enganoso da imaginação que compõe mal; mas, a concepção de um espírito puro e atento, tão fácil e distinto, que não resta dúvida nenhuma sobre aquilo que nós entendemos; ou, que é o mesmo, a concepção indubitável de um espírito puro e atento que nasceu da própria luz da razão... Assim, qualquer um pode intuir pelo espírito que existe, que pensa, que o triângulo é limitado por três linhas apenas, esfera pela subface coisas semelhantes... (368:12-16).

A definição aponta para a intuição como uma operação "que nasceu da própria luz da razão", concentrada em algo que se torna um objeto conhecido pela relação com a razão. Trata-se de uma operação que funciona através da relação que liga o percebido e a razão, e que resulta na produção das idéias claras e distintas sobre o objeto intuído. Descarte achou que o percebido (o objeto da intuição) poderia ser tanto o próprio *ingenium,* quando este compreende a si mesmo "sem a ajuda de alguma imagem corporal" (419:1), tanto alguma coisa existente no mundo externo, dada nos sentidos. Nas *Regulae*, ele considerou somente a intuição cujo objeto se refere às coisas externas (a intuição executada em função da construção da ciência), sem dizer nada sobre o *ingenium* que intui si mesmo. Para destacar este fato, Alquié (1978, p. 73.) escreveu: “acha-se somente nas *Regulae*, e em cada obra do cientista, a primazia de um *ingenium* que constrói a ciência numa certa inconsciência de si próprio”. Em outras palavras, nas *Regulae*, encontra-se o *ingenium* capaz de produzir a ciência (a primazia), concentrado nas coisas do mundo externo, sem se direcionar a si mesmo (está na inconsciência de si próprio). Alquié continuou a sua observação sobre o *ingenium*, dizendo que este se mostra “incapaz de distinguir a si mesmo como a manifestação do ser do espírito e se estabelecer assim, como o primeiro momento de uma ordem metafísica” (Ibid.). Nas *Regulae*, ainda não fala se do *cogito*, consciente si mesmo como a substância espiritual (*res cogitans*), sendo precedendo a qualquer conhecimento. Não há ainda alguma metafísica. Encontra-se apenas o *ingenium*, visando às coisas existentes no mundo externo.

Apesar disso, nas *Regula,* Descartes delimitou “as duas áreas de investigação” (MARION, in COTTHINGAM, 2005, p. 118): o *ingenium* e a natureza; diferenciou os dois campos da investigação, sem dizer nada sobre o primeiro. Marion[65] explicou que a diferenciação entre os domínios da pesquisa corresponde à distinção entre a metafísica e a física, a distinção que será “articulada somente após o ano de 1630” (Ibid, p. 117). A nosso ver, esta demarcação dos campos da pesquisa corresponde a uma das idéias básicas da concepção cartesiana da ciência: há a diferença entre o *ingenium* e o mundo externo, que conduz, no fim das contas, à distinção entre a física e a metafísica. Achamos que assim parecesse completada a afirmação de Marion.

O objeto da intuição. A intuição foi definida por Descartes em termos de relação entre a razão e o percebido. Então, temos de esclarecer em que consiste o percebido (o objeto da intuição) e a relação mencionada.

Para explicar o percebido (o objeto da intuição) temos de evocar figuras formadas na fantasia, sabendo que “esta fantasia é uma parte verdadeira do corpo” (414:21-22). São figuras formadas no cérebro. Na busca pelo conhecimento sobre a natureza, a razão se

[65] O fato de que Descartes ter dito que a intuição poderia contar tanto com o *ingenium* quanto com as coisas do mundo externo motivou Marion a questionar a tese de Alquié (1978), que disse de que as *Regulae* não têm nada haver com a metafísica. Ele achou que tal tese era aberta pelo fato de que o *ingenium* pudesse intuir em si mesmo, e alcançar as naturezas simples intelectuais (eu existo, eu penso).
Apesar de não encontrar nas *Regulae* a discussão sobre os temas metafísicos (a essência do *ingenium*, do mundo externo, a prova da existência das coisas materiais, etc.), nem a terminologia das *Meditações* (*res-extensa*, cogito, substância, essência das coisas, e etc.), apoiamos a tese de Marion de que vários tópicos abordados nas *Regulae* indicam a problemática metafísica. Entre elas, a idéia da *mathesis universalis*, como veremos nos capítulos 3 e 4. O outro tópico que prenuncia a metafísica é a intuição.

concentra nelas. A razão lê nelas aquilo que ela pode compreender e usar para descobrir proporções apresentáveis pelas figuras geométricas, e exprimíveis por meio de equações algébricas. Em outras palavras, ela lê nas figuras da fantasia, transportadas da experiência sensível[66], aquilo que pode ser matematicamente compreendido: quantidades e suas proporções numéricas. Quantidades e proporção são aquilo que é percebido na intuição[67].

Sem dúvida nenhuma, o percebido da intuição, quer dizer, o objeto intuído, compreende quantidades e proporções abordadas pela intuição. Estas cabem dentro da capacidade cognitiva da intuição. São percebidas de acorda com esta capacidade que se manifesta pela evidência e certeza, envolvidas na relação entre o percebido e a razão. Então, o objeto da investigação depende do *ingenium*, no sentido de ser constituído de acordo com a evidência e certeza, envolvidas na intuição.

Da evidencia à certeza. Quanto à relação entre a razão e o percebido, estabelecida pela intuição, Descartes ressaltou que se trata da relação da evidencia[68]. Nesta relação, o percebido se revela à razão. O termo 'se revelar' denota a evidência em que o percebido parece conhecido para o i*ngenium.* O percebido se define como aquilo que pode ser conhecido pela razão. Revelar-se significa apresentar-se através da relação com o

---

[66] Como sabemos da regra XII das *Regulae*, as figuras da fantasia são formadas a partir dos dados da experiência sensível, dos dados obtidos nos sentidos. A intuição acontece sob circunstância da experiência sensível. Tal circunstância se refere a um processo envolvendo o aparecimento das coisas do mundo externo nos sentidos e a transmissão dos dados obtidos nos mesmos sentidos para a fantasia vista como "uma verdadeira parte do corpo", do cérebro. Nesta, formam-se figuras que serão intuídas. Como estas figuras vêm da experiência sensível, é possível dizer como escreveu Hatfield (1988, p. 258.), que esta experiência é a "instância da intuição", algo que funciona como a ocasião, sob a qual a intuição é realizada.

Quanto ao percebido pela intuição, Humber (in MOYAL, 1991, p. 206, v. 1) perguntou: o que são 'coisas' que o espírito percebe quando está atento? A questão é importante porque visa o objeto da intuição, aquilo com que a razão estabelece a relação da evidência. A resposta esclarece a relação entre a razão e o objeto percebido. Este objeto compreende as figuras da imaginação abordadas pela razão para produzir as idéias claras e distintas sobre os apresentados pelas figuras em questão. Pela intuição, o *ingenium* se livra de qualquer dependência da experiência sensível, e produz idéias usadas para construir a ciência. Assim, a intuição atende à exigência chave da construção da ciência promovida na regra II: "adquirir um conhecimento certo e indubitável" (362:2).

[67] Na regra VII, encontra-se um exemplo, o caso de refração da luz, que mostra o que está em questão quanto ao objeto da intuição. Ali, aquilo que a razão pode intuir são as relações angulares entre os caminhos dos raios da luz antes e depois da refração. Estas relações são intuídas como proporções constituídas de ângulos medidas e dispostas na ordem determinada. O percebido compreende as quantidades, quer dizer, ângulos envolvidos com a refração (da incidência da refração) e suas relações descritíveis como as proporções.

Hatfield indicou mais um exemplo, o do arco-íris dos *Meteoros* (o discurso VIII). Tal exemplo é interessante porque inclui as duas tabelas que representam as medidas de ângulos, linhas e arcos, envolvidos no caso (338-339). Graças a medição das dimensões contidas no problema estudado, a intuição parece especificada no sentido de intuir o percebido como algo tal e tal, envolvendo grandezas relacionadas na forma de proporções explicáveis em termos de matemática.

[68] Sobre a questão da evidência, ver : Beyssade, Jean-Marie (1979), *La phisophie première de Descartes.* O capitulo I, intitulado *A dúvida e a evidência.* É uma interpretação do conceito de evidência bem detalhada e elaborada.

ingenium, caracterizada pela evidência, para virar conhecido na forma de idéias claras e distintas. O percebido se revela ao *ingenium*, sob a circunstância da evidência.

A evidência vem do percebido (BEYSSADE, 1979; ALQUIÉ, 1987, GAUKROGER, 2002c). Mais precisamente, "a evidência se acha...no nível daquilo que se revela" ao *ingenium* (BEYSSADE, Ibid., p. 27.). Como? Descartes respondeu que o percebido se revela a "um espírito puro[69] e atento". A evidência se constitui como a relação entre o percebido e "um espírito puro e atento". O espírito atento vê e entende imediatamente o percebido. Este é "*imediatamente experimentado* aqui e agora" (SMITH, 1955, p. 56.). É compreendido imediatamente. Como tal, o percebido é claro para o espírito. O claro é aquilo que parece imediatamente compreensível, parecendo ser conhecido numa percepção imediata (aqui e agora). A idéia do percebido é uma idéia clara, surgida no imediatismo da compreensão intuitiva. Ao mesmo tempo, o percebido é conhecido de si mesmo e por si mesmo. Não precisa de algo para ser reconhecido, quer dizer não depende de nada mais que ele próprio. O percebido, claramente conhecido pode ser diferenciado dos outros objetos: ele é distinto. O termo 'distinto' [70] diz que o percebido parece distinto de todas as outras coisas. A partir daí, a idéia do percebido, produzida pela intuição, "pode-se separar perfeitamente das idéias vizinhas" (SIRVEN 1928, p. 189), das idéias das outras coisas expostas no *ingenium*. A idéia é distinta.

Entretanto, o termo 'claro' está ligado ao *ingenium* e denota a maneira de como ele compreende o seu objeto, 'distinto' se refere ao objeto da intuição. O percebido se revela no imediatismo da compreensão: é claro; fica diferençado em relação a qualquer outra coisa: é distinto. Resumindo, o percebido é claro e distinto.

Mas, trata-se de saber o que significa o termo 'claro e distinto', parecer claro e distinto para o espírito atento. A resposta de Descartes é simples e decisiva: é impossível duvidar naquilo que é claro e distinto. Estamos diante do ponto central da evidência: não é possível duvidar em algo claro e distinto. Entender a evidência significa desvendar o

---

[69] 'Puro' diz respeito à razão como tal. Informa que a intuição é uma operação enraizada na razão como uma faculdade independente dos sentidos e da imaginação, isto é, independente do testemunho instável dos sentidos e do julgamento enganoso da imaginação. Este termo denota a razão vista sem a referência a nenhuma outra faculdade ou algo diferente dela mesma. Assim, ela é independente, e "atua por sua própria conta" (SEPPER, in VOSS, 1993, p. 154) na tentativa de conhecer "todas as coisas incluídas no nosso universo".

[70] Para explicar o "distinto", Descartes comparou a intuição com os olhos. Na regra IX, ele diz: "aquele que quer observar pelo mesmo olhar o conjunto de vários objetos, não vê nenhum deles distintamente e paralelamente. Aquele que se acostuma aprestar atenção, ao mesmo tempo, às várias coisas por um único ato de pensamento, tem o espírito confuso" (400:25, 401:1-3). Não consegue diferenciar uma coisa da outra. Então, acaba confuso sem compreender as próprias coisas e suas relações.

significado do termo ‘duvidar’. Descartes adotou a idéia de que duvidar significasse a possibilidade de afirmar e negar o percebido. Para construir a ciência, é necessário que haja algo que fique além do alcance da afirmação e negação. Pensava ele. Esta idéia não foi de Descartes. Ele a encontrou na filosofia escolástica. Em *Summa philosophiae quadrpartita*, na parte I sobre a dialética e lógica, Eustachius a Santo Paulo confirma isto. Ele disse: “O espírito humano pode atingir o conhecimento perfeito... acima de tudo por intuir as coisas presenteadas a ele pela simples visão, sem qualquer afirmação ou negação” (in ARRIEW, R.; COTTHINGAM, J.; SORREL, T., 1998, p. 71). A mesma idéia se encontra nas *Regulae*: a edificação da ciência envolve algo que não pode ser o objeto da afirmação e negação, o que não seria submisso à dúvida. Precisamente, Descartes afirmou que a evidência estabelecida na intuição exclui qualquer possibilidade de duvidar: o percebido, claro e distinto, não parece um assunto da afirmação e da negação. Não parece assim porque a intuição é “o contato imediato pré-predicativo” (MARION, 1981, p. 53). Ou seja, um contato em que não há a predicação do percebido: este se revela em si, sem ser predicado no momento da sua revelação à razão. Claro que aquilo que não é predicado não pode ser afirmado ou negado. Sugerimos que este é o significado do “certo e distinto” quanto ao percebido da intuição. É o significado identificável com base das regras III, VI e IX das *Regulae*.

Na regra XII, Descartes mostrou claramente que natureza simples, atingidas pela intuição, não são o assunto da afirmação ou negação. No parágrafo 420, ele explica a diferença entre a intuição e dedução, definidas como as duas operações da razão, dizendo da primeira se distingue “desta outra graças a qual ela (a razão) julga, afirmando ou negando” coisas investigadas (419-420) Em outras coisas, não é possivel ter dúvida sobre o percebido pela intuição.

A impossibilidade de tal dúvida se manifesta na forma da certeza das idéias produzidas na intuição. A certeza é uma característica das idéias, que resulta da evidência em que o percebido se revela sem correr o risco de ser subordinado à dúvida. Ela se define em termos de impossibilidade de duvidar das idéias claras e distintas. Nota-se que a impossibilidade da dúvida se refere à evidência vista como a relação estabelecida entre o *ingenium* e o percebido, ao passo que a certeza é uma característica das idéias produzidas pela intuição. O objetivo da intuição é produzir tais idéias, claras e distintas. . Só elas podem ser incluídas na ciência, figurando como os blocos de construção da ciência. A ciência se constitui destas idéias, somente delas.

Naturezas simples. Descartes as chamou de naturezas simples. As coisas submetidas à investigação científica estão na mira da intuição, com a finalidade de alcançar idéias claras e distintas, quer dizer, naturezas simples. “Todos nossos conhecimentos são constituídos a partir destas naturezas simples” (420:9-10). Estas são os blocos de construção do conhecimento científico.

Desde naturezas simples parecem, nas *Regulae*, para funcionar como os blocos de construção da ciência, é importante responder a seguinte questão: como Descartes as entendeu? Já foi dito que naturezas simples compreendem as idéias claras e distintas alcançadas pela intuição. Aquelas em que não se pode duvidar, quer dizer, caracterizadas pela certeza seguida da evidência na intuição. Agora, porque se chamam pelo nome de naturezas simples? Este nome diz, o quê?

Na regra XII, Descartes respondeu a estas perguntas. Ele explicou em detalhes como deveriam ser entendidas naturezas simples[71]. A sua explicação, sumarizada, é essa: (1) naturezas simples “são alcançadas pela razão” (418:14). Chamam-se assim desde “o espírito não poderia as dividir em varias outras que seriam conhecidas mais distintamente” (418:13-17); (2) “em relação a nossa razão, são chamadas simples” (419:6-7); (3) “naturezas simples são completamente conhecidas de si mesmas e não contêm nunca erro nenhum” (420:14-15); (4) “Nos não podemos nada entender fora destas naturezas simples ou de certas misturas compostas delas” (422:8-10).

Com tudo isto em mente, Descartes achou que cada das naturezas simples “considera-se como independente” (381:24-25). Naturezas simples são independentes uma da outra. Mas, não são separadas na cognição. O *ingenium* as interliga para poder alcançar o conhecimento certo e indubitável das coisas investigadas. Ele precisa interligá-las pelo fato de que a intuição visa a uma única dimensão do fenômeno investigado (como um movimento, uma figura, uma grandeza, e etc.), não o fenômeno como um todo. Descartes escreveu: “pela intuição, capta-se uma única coisa” (440:3-4), ou uma única dimensão dos

[71] Indicamos o texto de Marion *Cartesian metaphysics and the role of the simple nature*s (in COTTINGHAM, Descartes, 2005, p. 115-139). Nele Marion abordou a questão do significado do termo ‘naturezas simples’, apontando para a complexidade e dificuldade da mesma questão. Também, ele mostrou a importância epistemológica do termo no contexto da explicação da possibilidade do conhecimento humano. Desde naturezas simples ficam produzidas pela razão independente dos sentidos, possibilitando a construção da ciência não fundada nos sentidos (como afirmaram Aristóteles e os escolásticos), Marion falou da “revolução epistemológica” (Ibid, p. 115). Esta revolução se refere à mudança da concepção tanto do sujeito investigador quanto do objeto do conhecimento. No sentido de que o *ingenium* produz a ciência cujo objeto depende das faculdades cognitivas empregadas na cognição. O objeto da investigação é o objeto no sentido de ser conhecido por nos. Como disse Mario, Descartes “depõe *ousia* tradicional ou essência em nome do objeto constituído na medida da capacidade do homem conhecer as coisas existentes.

fenômenos investigados. Outras dimensões não são intuídas, porém, não são negadas (MACHAMER, P.; McGUIRE, J. E., 2006, p. 402). É o objeto de outras intuições. Na realidade, coisas são conhecidas a partir de varias intuições dirigidas a dimensões particulares de coisas investigadas. O resultado é um conjunto de naturezas simples, que informam sobre as dimensões diferentes do fenômeno investigado. Assim consideradas, separadas e referentes a dimensões especificas do fenômeno investigado, naturezas simples não oferecem ainda o conhecimento do mesmo fenômeno em sua totalidade.

2.1.2. A dedução

Elas precisam ser ligadas para haver o conhecimento do fenômeno como um todo. A ligação acontece pela dedução. Pela operação da razão que liga todas as naturezas simples envolvidas no fenômeno estudado, para que se possa chegar a conhecê-lo em sua totalidade.

Na regra III, Descartes concluiu a discussão sobre a intuição dizendo que a evidência e a certeza são exigidas não apenas para naturezas simples, mais sim “para todos os procedimentos <discursivos>” (369:12). O termo ‘procedimentos discursivos’ denota deduções. Desde as deduções foram vistos como os procedimentos que ligam naturezas simples para edificar a ciência, Descartes insistiu em definir a dedução como algo envolvendo evidência e certeza. Ao mesmo tempo, ele sabia que as conclusões obtidas pelas deduções não fossem “evidentes delas mesmas” (369:24), mas tiveram certeza resultada daquela das naturezas simples interligadas pelos “procedimentos discursivos”. Com isto em mente, Descartes deu a definição da dedução na regra III, dizendo:

> Alem da intuição, nos mencionamos aqui outro modo do conhecimento, aquele feito pela dedução, operação sob qual nos entendemos tudo que é necessariamente concluído das coisas conhecidas com certeza. Ainda, é dever proceder assim desde um grande número de coisas são conhecidas com certeza, sem ficar evidentes de si - mesmas, mas sim somente são deduzidos princípios verdadeiros e conhecidos, através de um movimento contínuo e do pensamento que intui cada coisa à parte: mesmo assim sabemos que o último elo de uma longa cadeia é ligado ao primeiro, de tal maneira que embaraçamos de uma vez só todos os intermediários dos quais depende esta ligação... (369:20-370:1-2)

Esta definição mostra claro que deduções são usadas na ciência para chegar ao conhecimento das coisas como um todo, ou a qualquer seu aspecto, cujo conhecimento envolve alguma combinação de várias naturezas simples. A ciência precisa recorrer à dedução, capaz de ligar necessariamente naturezas simples referentes aos fenômenos observados, e assim conduzir às conclusões distinguidas pela certeza. A partir da definição acima citada, chega-se a saber que conclusões obtidas pela dedução podem ser explicadas em termos de (1), (2), (3). Vamos ver o que esta em jogo. (1) Todas as conclusões são deduzidas "das coisas conhecidas com certeza", quer dizer, das naturezas simples. A sua certeza é ligada àquela de naturezas simples, participantes da dedução. É assim, desde conclusões não são "evidentes de si - mesmas", e portanto a sua certeza na vem delas mesmas. (2) Conclusões são obtidas através da aplicação de uma certa relação a todas as naturezas simples envolvidas no problema investigado, (como mostra o caso da série de números da regra VI das *Regulae*, apresentado na nossa discussão sobre a ordem). Esta relação é a ordem. Portanto, a dedução consiste em pôr em ordem todas as naturezas simples "para assegurar a conclusão final" (CLARKE, in MOYAL, 1991, p. 242, v. 1), resultada necessariamente "das coisas conhecidas com certeza". (3) Na realidade, conclusões seguem de um "movimento continuo do pensamento que intui cada coisa à parte" e as relações entre os termos de "uma longa cadeia" de elos, necessariamente ligados, para chegar à conclusão certa e indubitável. Mas, o *ingenium* pode ligar naturezas simples sem ficar necessariamente relacionadas entre si. Daí, a dedução é passível da possibilidade de erro. O erro vem da ligação inapropriada, quer dizer, não necessária entre naturezas simples incluídas na dedução. A dedução se diferencia da intuição "através da qual, a coisa intuída é conhecida" (420:16-17) sem erro algum. Para Descartes, a preocupação era livrar-se do erro na dedução. Para ficar livre do erro, ele exigiu que as próprias relações entre naturezas simples fossem ser intuídas. A partir daí, a dedução se fundamenta, tanto na intuição das naturezas simples quanto na intuição das suas relações. Quanto à certeza de conclusões, Descartes afirmou que não fossem intuídas somente naturezas simples, mas também as relações que as interligassem em certa ordem.

Para completar a consideração da definição acima citada, é necessário assinalar que Descartes acreditou que a dedução fosse capaz de produzir o novo conhecimento. Este o sentido da dedução. O sentido que mostra por que silogismos precisam ser rejeitados em favor de deduções, quanto à construção da ciência. Segundo Descartes, a dedução desaprovou a idéia de que silogismos constituem a ciência. Como foi dito na nossa discussão sobre a concepção escolástica da explicação científica, os escolásticos consideravam silogismos e suas séries como os instrumentos de construção do conhecimento. Qualquer silogismo é um procedimento a concluir algo sobre o assunto investigado, com a base no termo maior do qual, através do termo médio, procede à conclusão como necessária. Descartes achou que tal procedimento não trazia um novo conhecimento, mas somente repetia aquilo que já fosse incluído no termo maior. Nenhum silogismo apresenta um conhecimento novo. É importante entender que Descartes não negou que a conclusão resultasse necessariamente da premissa maior. Isto não seria motivo de rejeitar o silogismo. Foi o fato de não conhecer nada novo através de silogismos.

Agora, sabendo o que é dedução, surge a pergunta: como ela funciona na física. Uma questão inevitável na consideração do tema deste estudo. E como já foi dito, é uma pergunta a ser respondida com base nas partes I e II das *Regula*, apesar do fato de que Descartes não redigiu a parte III, a parte que deveria tratar a problemática do uso da intuição e dedução na física. Neste sentido, para respondê-la, vamos recorrer ao problema anaclástico[72], exposto na regra VIII[73]. Ele mesmo mostra como a dedução funciona na explicação de um fenômeno natural. É o problema "onde os raios paralelos se refratam de modo que após a refração, se recortem num único ponto" (VIII-A, 394:1-2). Trata-se de determinar a forma da linha curvada, necessária para refletir o conjunto de raios paralelos num único ponto, (BURNETT, 2005). Na busca da solução, o objetivo é descobrir a linha anaclástica, uma linha curvada, que admite a reflexão de modo que todos os raios "se recortem num único ponto". Descartes achou que a suposta linha pudesse ser explicada pela dedução (394:16-17). É explicar como a linha anaclástica seria dedutível, necessariamente, das naturezas simples envolvidas na seqüência ordenada. A explicação depende da lei de reflexão, uma lei intuitiva, conforme qual, o ângulo de incidência é igual ao ângulo de refração. A intuição de tal lei é a intuição da relação entre os ângulos envolvidos na reflexão. Descartes entendeu esta relação como a relação da proporção entre os referidos ângulos. A dedução da linha anaclástica envolve a proporção entre os ângulos

---

[72] O problema foi conhecido na Grécia antiga. Nos textos de Archimedes encontras-se o mesmo problema. No fim do século XVI e no século XVII, o problema anaclástico foi o foco dos estudos de lentes (Burnett, 2005). O motivo foi a tentativa de produzir lentes usáveis na construção de instrumentos como telescópio, por exemplo. A questão foi determinar precisamente a curva da superfície de lentes, que poderiam produzir a imagem melhor. O problema foi visto como um problema matemático.

[73] Clarke (in MOYAL 1991, p. 241, v. 1) usou o exemplo de magnetismo da regra XII para mostrar como funciona "a dedução nas ciências físicas". Ele explica que a conclusão sobre o magnetismo se deduz através de três estágios: 1) "coletar todas as informações empíricas sobre a pedra magnética"; 2) "deduzir qual a combinação de naturezas simples parece suficiente para produzir as características do magneto; 3. "descobrir a natureza do magnetismo" (Ibid).
A nossa sugestão é recorrer ao caso da linha anaclástica para mostrar como Descartes entendeu a dedução. Porque se trata uma consideração mais detalhada no sentido de ver como a linha anaclástica deve ser deduzida com a base na proporção entre os ângulos de incidência e refração. Assim teremos um entendimento maior de como a dedução funciona na explicação de um fenômeno natural. Ainda, na regra VIII, o foco da atenção se refere à proporção, entretanto, na regra XII, às naturezas simples alcançadas pela intuição executada sob circunstância da experiência sensível.

da incidência e reflexão: funciona com base na intuição dos ângulos da reflexão. Quer dizer, é necessário “supor entre os ângulos... uma certa proporção”, (394-14) que interliga os mesmos ângulos para ter tal e tal linha anaclástica. Isto significa que é preciso intuir a relação necessária entre os ângulos observados. Finalmente, a partir da proporção citada será concluída a linha procurada. Esta é conhecida pela dedução; e a dedução se funda na intuição para poder produzir um novo conhecimento certo e indubitável.

Vale pena destacar que a consideração do problema anaclástico visa à seguinte afirmação de Descartes sobre a intuição e dedução: “E estes dois caminhos são mais seguros para chegar à ciência: quanto ao espírito, não se pode admitir mais nenhum, Todos os outros que forem considerados suspeitos de erro serão rejeitados” (370:15-19).

Ora, buscando o conhecimento certo e indubitável, o *ingenium* opera pela intuição e dedução. Mas, para alcançar a ciência ele precisa ainda do método. A construção da ciência se baseia nas operações do *ingenium* (a intuição e a dedução), conduzidas por um método que assegurará a produção do novo conhecimento. O método e as operações da razão atuam em conjunto, para fazer o objeto da investigação compreensível dentro da capacidade do *ingenium* em conhecer ”todas as coisas existentes no universo”. Descartes insistiu em dizer que a ciência fosse produzida pelo *ingenium* capaz de operar na forma de intuição e dedução e aplicar o método. É o método visto como um conjunto de regras que admitem que “todos aqueles que as observassem exatamente” (372:1-2) chegariam “ao conhecimento de todas as coisas, as quais o seu espírito é capaz de conhecer” (372:3-4). Então, dizia Descartes, “o método é <absolutamente> necessário” (371:2), porque “explica corretamente como usar a intuição... e como se pode achar as deduções para chegar ao conhecimento de todas as coisas” (372:10-14). Na regra IV das *Regulae*, Descartes promoveu o método como algo “absolutamente necessário”. Qual método?

2.2. A ANÁLISE

O método “absolutamente necessário” é aquele que: (1) pode ser usado em todas as ciências, (2) admite revelar a ordem, e (3) produzir novo conhecimento (o método da invenção). Descartes exigiu o método caracterizado em termos de (1), (2) e (3). O método apropriado à ciência construída pelo *ingenium.* Tal método é a análise.

O método, junto com a determinação do objeto da nova física, foi um dos primeiros temas considerados por Descartes. Como explicou Gouhier (1958, p. 60), Descartes "começou como um matemático, meditando sobre o método da matemática", e continuou assim até 10 de novembro de 1619[74], quando então surgiu a idéia de um único método a ser usado em todas as ciências, não somente na matemática. Após esta data, Descartes foi em especificar o método capaz de funcionar além da matemática, em todas as ciências. Nas *Regulae,* ele se empenhou para mostrar em que deveria consistir o método em questão. Neste empenho, ele olhou para a matemática grega e notou que "os geômetras antigos usavam alguma análise estendida para a solução de todos os problemas, embora eles a tenham escondido egoisticamente dos demais interessados" (373:12-15).

É certo dizer que Descartes formulou o seu método a partir da análise dos geômetras antigos. Ali, ele enxergou a interdependência de partes constituintes do problema investigado como àquilo que atraía a sua atenção (HINTIKKA, in HOOKER, 1978). Adotou tal interdependência, mas a definiu em termos de ordem. A análise grega sugeriu a Descartes ver a interdependência mencionada como a ordem, e assim ligar a ordem mesma com o método. A partir daí, chegou a dizer na regra IV: "todo método consiste somente em dispor em ordem as coisas, que devem se tornar conhecidas pelo espírito" (379:15-16). Esta foi a novidade em relação à análise grega. Para saber o que esta em questão, seguindo a instrução de Hintikka (Ibid), parece conveniente investigar esta análise e mostrar como Descartes chegou ao método[75] exposto nas *Regulae*.

2.2.1. A análise dos geômetras antigos

A questão é saber como os geômetras antigos enxergaram a análise. A intenção é respondê-la. Para realizar tal intenção, parece útil investigar um problema tratado na geometria antiga. É o caminho mais certo para ver em que consiste a análise dos antigos, e destacar os seus principais aspectos, importantes para entender a análise de Descartes.

---

[74] Trata-se da data do surgimento da idéia do método de Descartes. É ligada à famosa história sobre os sonhos de Descartes na noite de, entre 10 e 11 de novembro de 1618. Naquela noite, surgiu a idéia do método usado não somente na matemática, mas também em qualquer ciência. Descartes descreveu seus sonhos nos *Olympica*.
Sobre este assunto ver : Baillet, Adrien, *Vie de Monsieur Descartes*; Gouhier, Henry (1958), Les *Preémiers Pensées de Descartes.*

[75] Quanto à relação entre a geometria grega e a análise de Descartes ver: Sirven, J. (1928), *Années d'apresentissage de Descartes* (o capítulo IV); Molland, A.G. (1976), *Shifting the foundations: Descartes's transformation of ancient Geometry*; Hintikka, Jakko (in Hooker, M., 1978), *A Discourse on Descartes's Method*; Lenoir, Timothy (1979), *Descartes and the geometrization of thought: the methodological background of Descartes'* Géométrie; Costabel, Pierre (1981), *Démarches originales de Descartes savant*; Grabiner, Judith (1995), *Descartes and Problem-Solving*; Raftopoulos, Athanassios (2003), *Cartesian analysis and Synthesis.*

Neste sentido, vamos apelar para um problema tratado nos *Elementos* de Euclides.

Investigamos o problema da construção de um triângulo eqüilátero sobre a linha dada AB[76], exposto no livro I dos *Elementos*. Trata-se de construir um triângulo ABC de lados iguais sobre a linha reta dada AB. Como fazer a sua construção? A resposta, ou a solução do problema vem da análise. Todavia, em que ela consiste? Responder a esta questão é descobrir como construir o triângulo procurado. *Os* e*lementos* relatam em que consiste a construção do triângulo eqüilátero ABC. Este relato envolve a análise desde que Euclides exigiu que o problema assumido, quando resolvido, fosse reduzido a algo já conhecido até algum axioma ou teorema, que resultasse na solução do problema (na construção do ABC) em questão. Fazer isto é usar a análise. O relato faz parte da *Proposição I*, que começa com o seguinte problema: "Construir um triângulo eqüilátero sobre uma linha reta determinada".

Mas antes de investigar o problema apontado, lembramos que a análise foi chamada por Gregos a solução em ordem inversa. O nome diz que se começa com a pressuposição de que o problema foi resolvido (o triangulo procurado já está concedido) e avança-se na direção retrograda daquilo que está depois a aquilo que parece antes, para chegar a algo conhecido, a algum axioma ou teorema, não necessário ser aprovado, que resulta na solução do problema em questão.

A análise começa por assumir que o triângulo ABC está concedido. O que significa que podemos traçar o triângulo ABC no papel. Ele apresenta o problema como se estivesse resolvido. Ver a figura 2.1. Pressupomos ainda que conhecêssemos o modo de construir o triângulo eqüilátero ABC sobre a linha reta AB. Em seguida, descrevemos o círculo BCD com o centro A e o raio AB. Fizemos mesmo quanto ao ponto B, para traçar o círculo ACE com o mesmo raio. Os círculos ABC e BCD são as construções auxiliares necessárias para descobrir os segmentos do triângulo, quer dizer, os seus lados AC e BC. O conhecimento sobre estas construções (os círculos) foi assumido no começo da análise, junto com a pressuposição de que o problema foi resolvido antes de efetuar a própria análise. É o conhecimento do postulado 3 que informa que o círculo se constrói com centro e raio ("Descrever um círculo com qualquer centro e raio", o livro I). As construções auxiliares não são incluídas na figura que representa o problema (a figura 2.1). Porém, são

---

[76] A análise foi usada tanto para resolver o problema de construir alguma figura quanto para provar um teorema. Quanto a nossa discussão, esta diferença não tem importância porque se trata somente de saber, em que consiste a análise, e marcar as suas características essenciais que interessam para a investigação do método de Descartes.

necessárias porque funcionam como ligações intermediárias entre as linhas envolvidas no problema, entre as linhas retas AB, AC e BC. As linhas AC e BC são construíveis graças ao intermediário dos círculos ABC e BCD. Mais precisamente, pelo traçamento destes círculos obtemos a sua interseção no ponto C. Conectamos A e C pela linha AC e B e C pela linha BC, como na figura 2.2. Então, temos o triângulo ABC, cujos lados são iguais entre si: AB = AC = BC.

Como saber que as linhas AB, AC e BC são iguais entre si? Euclides respondeu a partir do uso dos círculos como as construções auxiliares que admitem construir as linhas AC e BC. Estas são iguais à linha AB. Tal conclusão se baseia na definição 15 dos *Elementos*. Conforme a definição, todas as linhas retas traçadas do centro de um círculo para sua circunferência são iguais entre si. Uma vez que os círculos BCD e ACE têm o mesmo raio (ver a figura 2.2), fica claro que todas as linhas traçadas em ambos os círculos são iguais entre si. Ou AB = AC e AB = BC. Percebe-se que as duas linhas AC e BC são iguais a terceira linha AB. Agora, Euclides evocou o axioma I: ”As coisas iguais são iguais entre si”. Com base nele, conclui-se que: AC = BC = AB (AC = AB e BC = AB → AC = BC = AB). Então, o triângulo ABC é o triangulo eqüilátero. Temos a solução do problema no sentido de construir o triângulo eqüilátero ABC sobre a linha AB. A análise terminou por saber como construir tal e tal o triângulo ABC sobre a linha reta dada AB. Agora, à diferença do começo da busca da solução do problema, ABC não é visto como si fosse construído. Pela análise, ele é construído como tal e tal triângulo sobre tale tal linha AB. Sabemos como construí-lo.

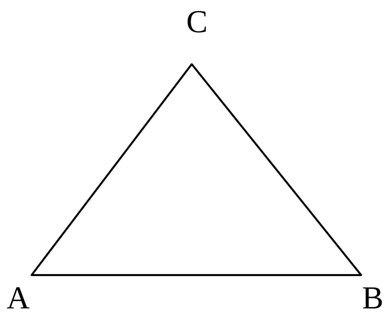


Figura 2.1 - O triângulo ABC

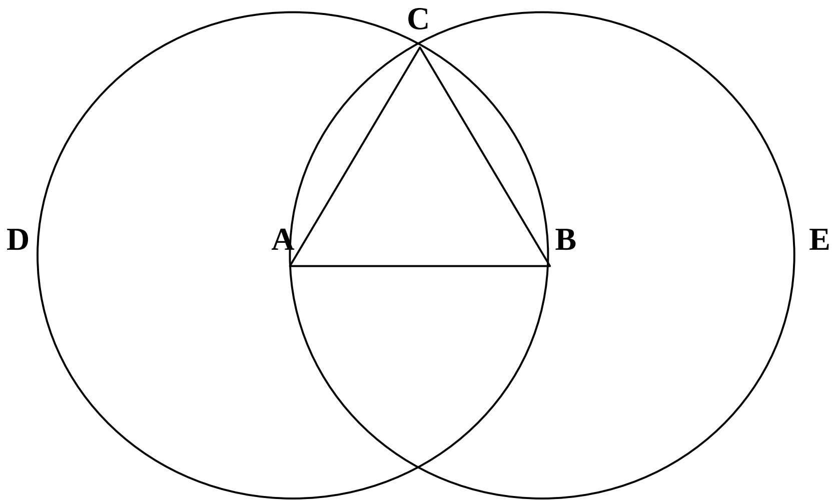


Figura 2.2 (*Os Elementos*, o livro I, A proposição 1)

Os círculos BCD e ACE do mesmo raio

Ora, a análise do problema considerado consiste em assumir o procurado como se fosse dado. É o triangulo eqüilátero ABC. Após se estabelecer tal pressuposição, começa o trabalho de investigar todos os elementos necessários para construí-lo: as linhas retas AB, AC e BC, o ponto C, as construções auxiliares e suas interdependências. Os elementos são identificados pela divisão do problema em unidades menores, blocos de construção (SARKAR, 2003, p. 15). A análise consiste na divisão do problema. Pela divisão, descobrem-se todos os elementos e suas interdependências, capazes de garantir a construção do triângulo ABC. Tal procedimento visa algo já conhecido, algum axioma ou teorema (o axioma I dos *Elementos*), que resulta na solução do problema (a construção do triângulo ABC) através de uma seqüência necessária (interdependência) dos elementos do mesmo problema. No fim da análise, temos o axioma (o axioma I) e os elementos do ABC. Assim, parece possível construir o triângulo procurado.

Depois de chegar aos elementos conseguidos pela análise e ao certo axioma, faz-se o movimento na direção contrária. Começa-se dos resultados da análise, quer dizer, dos elementos constituintes do problema (AB, AC, BC, C) e do axioma I, e se avança através da seqüência dos mesmos elementos em do procurado, (triângulo ABC) no sentido de resultar do axioma estabelecido, I. A seqüência é: AB, AC BC, C → ABC, onde AB = AC = BC e AC e BC são juntados no ponto C. Do axioma I sabe-se que o triângulo ABC é eqüilátero. Este procedimento é a síntese que acompanha a análise na geometria grega. Na síntese se assume aquilo que foi concedido pela análise, ou seja, axioma e os elementos do problema, e se avança em direção do procurado. A síntese foi usada para demonstrar a solução do problema, quer dizer, mostrar como se constrói uma figura ou aprova algum teorema a partir de axiomas e teoremas conhecidos. Ela se mostra a apresentação ou a confirmação dos resultados obtidos na análise (RAFTOPOULOS, 2003). O tratamento do problema está completo somente por meio da síntese. Por isto, a análise deve ser acompanhada pela síntese, pensavam os geômetras gregos. Porém, na exposição do problema resolvido, a análise pode não ser incluída, como no caso dos *Elementos* de Euclides. A ausência da análise não muda em nada o fato de que a solução tenha sido alcançada pela análise. Isso fica claro, tal como no exemplo acima, constante do livro I dos *Elementos.*

Na investigação, o geômetra faz dois movimentos opostos. A análise como movimento do problema àquilo que faz possível a sua solução: axiomas e teoremas. A síntese que avança de axiomas e teoremas já conhecidos para a solução do problema. A análise oferece a conhecer o problema observado, permite a sua compreensão mais profunda (CURLEY, in RORTE, 1986, p. 154.). O problema investigado se revela em si mesmo e em seus elementos necessários para construir a figura, ou provar algum teorema. Graças à análise, o geômetra conheceu o problema (os segmentos que o constituem) e a sua solução. O conhecimento dos elementos do problema e da solução não existia antes da análise. Trata-se do conhecimento novo alcançado pela análise, a mesma funciona como o método de descoberta do novo conhecimento. Os gregos sabiam disto, eles viram e análise assim[77].

Após mais de um milênio, a capacidade da análise de descobrir algo novo despertou o interesse dos matemáticos do Renascimento e os do século XVII, inclusive Descartes. Por ler *Coleção matemática* de Papo de Alexandria (século IV), que foi a fonte principal sobre a análise dos gregos, eles perceberam esta característica e esperavam que a análise pudesse ser o método que eles procuravam, para ser usado na busca do conhecimento científico. Na regra IV, Descartes insistiu que os geômetras gregos trabalhavam com a análise capaz de assegurar “a solução de todos os problemas” (373:13-14). Para ele, a solução de todos os problemas significou descobrir novo conhecimento. Os antigos se serviram do método de

[77] Um exemplo que ilustra isso é a arquitetura. Ela foi baseada na geometria onde a análise servia para procurar a solução dos problemas de construção. Ao edificar alguma construção, era preciso considerá-la em termos de geometria que mostrasse como a mesma construção pode ser feita. Para saber isto, foi usada a análise geométrica. O que está em questão pode ser percebido facilmente do problema não solucionado na Grécia antiga: a duplicação do cubo. Trata-se de um problema, cuja solução compreende o uso da análise que deveria explicar em que consiste a construção de um cubo duplicado.

descoberta.

Ora, cada problema geométrico, seja a construção de uma figura, ou um teorema, ao ser resolvido, é desmembrado e tratado em termos de elementos envolvidos nele e de suas interdependências. O objetivo é chegar a axiomas e teoremas já conhecidos que resultam na construção da figura procurada, ou no teorema aprovado. Assim funciona a análise de geômetras gregos. Ao completar a investigação do problema, os Gregos usaram em seguida, a síntese para que ela apresentasse e confirmasse a solução alcançada pela análise. Com isto em mente, fazemos uma apresentação geral de todo este procedimento a seguir:

ANÁLISE	Assumir que a solução do problema está concedida	Traçar a figura procurada
	Dividir o problema em elementos constituintes	Avançar em ordem inversa, indo daquilo que está após para algo que o precede
	Identificar a interdependência dos elementos do problema	A interdependência que conduz tal e tal solução. Construções auxiliares
	Axiomas e teoremas já conhecidos	O conhecido de que resulta a solução do problema.
SÍNTESE	Avançar a partir deles à figura ou ao teorema	Avançar daquilo que está antes para algo que se segue depois
	A construção da figura A provação do teorema	Figura construída Teorema comprovado

Figura 2.3 - A analise e a síntese

Da figura 2.3 e daquilo que foi dito até agora, pode-se identificar as duas características essenciais da análise de geômetras gregos: (i) a interdependência dos elementos constituintes do problema, e (ii) descoberta do novo conhecimento. Trata-se de duas características decisivas para entender o método de Descartes e sua ligação com a análise dos antigos.

(i) Hintikka (in HOOKER, 1978, p. 78) fez a pergunta central, quanto à tentativa de desvendar a análise geométrica dos antigos: "A análise geométrica é análise de quê?" Ou, o que é o objeto da análise?

Do exemplo acima discutido, percebe-se que a análise se concentra na figura como um objeto geométrico composto de vários segmentos (elementos). Qualquer figura é constituída de partes que são também objetos geométricos, como no caso do triângulo ABC, onde os seus segmentos, quer dizer, as linhas retas AB, AC, BC e os ângulos são objetos geométricos definidos nos *Elementos* de Euclides. Fica claro que há a interdependência entre segmentos (figuras), que resulta na tal e tal figura. Os gregos sabiam que para construir alguma figura, seria necessário investigar e conhecer segmentos e suas interdependências. O trabalho de conseguir isto é da análise. Nela, a figura está desmembrada em seus segmentos ligados na forma de interdependência. Desde se trate de construir a figura procurada, e de saber ela resultar de seus segmentos interdependentes, conclui-se, junto com Hintikka (Ibid.): a análise dos gregos visou à interdependência dos segmentos. Aquilo que está analisado é a "interdependência dos objetos geométricos[78] diferentes na figura" (Ibid., p. 81). A interdependência dos segmentos se mostra como "uma configuração geométrica" (Ibid., p. 80) que define cada figura como tal e tal figura. A configuração das linhas AB, AC e BC define a figura construída na forma do triângulo eqüilátero ABC. O que parece importante é que a interdependência se define como uma relação necessária entre os segmentos ligados, baseada em premissas conhecidas que garantem a certeza da conclusão, conseguida pela seqüência necessária dos segmentos em questão. Tal certeza foi percebida por Descartes e vista como exemplo que deveria ser seguido em todas as ciências.

Os geômetras gregos sabiam que a construção da determinada figura depende da interdependência de tais e tais segmentos, e da seqüência ordenada, a interdependência, para construir a figura procurada. Hintikka (Ibid.) afirmou que aquilo que está analisado é justamente a interdependência que resulta na figura. A análise consiste em dividir o problema em elementos, e investigar a sua interdependência que conduz a tal e tal figura.

---

[78] Os geômetras gregos viram cada segmento da figura (linha, círculo etc.) como um objeto geométrico no sentido de ser definido em si, como tal, com base nas definições dos *Elementos* de Euclides. Daí, a interdependência referir-se a objetos, o interesse dos antigos foi por sua construção que atende à estas definições, como tais. Se prestarmos atenção à interdependência, poderemos assegurar a construção de tais e tais objetos geométricos. A interdependência não era focalizada em si e por si, em independência do tipo de objetos interligados. Tal compreensão da interdependência dos segmentos da figura não faz a parte da matemática dos antigos. Descartes entendeu a interdependência, achada na análise grega desta maneira, e elaborou a concepção da ordem relacionada a qualquer quantidade, em que a relação que interliga os termos da ordem é a chave, e o alvo principal independente do tipo de quantidades são envolvidas com a ordenação.

Mas, Hintikka não considerou uma característica da análise geométrica, importante para a física quando exigir esta ser construída como uma ciência matemática. É a completude da análise geométrica. Esta é completiva no sentido de fornecer todos os elementos necessários para construir alguma figura. Isto é possível porque a análise geométrica funciona no universo de figuras, completamente determinadas e conhecidas por um conjunto de axiomas, postulados, e definições, existentes no pensamento do investigador. Este conjunto define completamente cada figura, sem ficar algo desconhecido ou inacessível. A partir de tal universo da geometria, a análise fornece todos os elementos da interdependência, como mostra o exemplo de construção do triângulo: as linhas AB, BC, AC, os círculos ACE, BDE, o ponto C, o axioma 1, a definição 15 e o postulado 1. A completude da análise geométrica se mostra na descoberta da interdependência, que envolve todos os elementos necessários para a construção da figura. O sentido da análise reside em assegurar, pela divisão do problema, todos os elementos a serem empregados na descoberta da interdependência que conduz à solução, a partir de axiomas ou teoremas. Nada está faltando, nem há dúvida de que algo poderia faltar. Mas, se usarmos a análise nos estudos físicos, a situação muda pelo fato de tratar-se da natureza, um universo que não compreende nenhum conjunto de axiomas, postulados, nem definições completamente conhecidas e estabelecidas no pensamento, a serem usadas na construção de figuras. Os fenômenos são dados na experiência sensorial e podem incluir algum aspecto não acessível ao físico, porém, necessário para descobrir a interdependência. Daí surge a pergunta: quanto à análise, resta algo não alcançável pelo físico? Na física, encontra-se o problema da completeza da análise. Veremos como Descartes enfrentou este problema quando exigiu a análise ser usada na física.

Tendo em mente aquilo que foi dito até agora, achamos que a analise dos antigos fosse esclarecida na medida necessária para saber como Descartes definiu a sua análise, a partir daquela dos geômetras gregos.

2. 2.2. A análise de Descartes

O *ingenium* precisa do método que o conduza na produção da ciência. Nas *Regulae*, o método elaborado por Descartes é a análise cujos princípios “estão naturalmente em nós” (373:19), na própria força cognitiva. Ele acreditou que o método tinha sua raiz no próprio *ingenium.* O método depende dele e não do objeto da investigação científica. Foi uma idéia diferente da concepção escolástica que adotou a tese de Aristóteles de que "é necessário adaptar o método ao objeto que é próprio da ciência" (*Metafísica*, II, 3, 995). Os escolásticos acharam que o método é completamente determinado pelo objeto[79], na independência da capacidade cognitiva do conhecedor. Descarte rejeitou esta tese e começou a buscar um método apropriado à idéia do *ingenium* que produzisse a ciência e determinasse o objeto da investigação científica. Se existir tal método à disposição e aplicá-lo na investigação, será possível chegar ao "conhecimento certo e indubitável".

Como foi dito, na busca do método, Descartes olhou para a análise dos geômetras antigos e achou nela algo que despertou a sua atenção: a interdependência de termos envolvidos no problema estudado e a certeza da conclusão baseada em axiomas e teoremas (a certeza de *mathematice demonstrari*). Na análise grega ele encontrou o que procurava: a interdependência na forma de ligação necessária e a certeza da conclusão. Mas, Descartes fez as duas coisas que os separava dos geômetras antigos: definiu a interdependência referida como a ordem que se refere a qualquer quantidade (matemática ou física), e exigiu a análise usada em todas as investigações cientificas. Isto significou que a análise antiga deveria ser transformada (LENOIR, 1976; RAFTOPOULOS, 2003) para assegurar a descoberta da ordem (como foi entendida por Descartes) e funcionar em todas as ciências. O esclarecimento desta transformação é a chave do entendimento do método de Descartes, da sua ligação e diferença quanto à análise dos geômetras antigos. Portanto, pretendemos prestar atenção a esta transformação no sentido de saber a sua causa e em que a mesma consiste.

A causa da citada transformação reside na idéia de usar a matemática na física. Esta idéia exigiu um método que funcionasse além do universo de objetos ideais da matemática, existentes somente no pensamento humano. É um método usável na explicação da natureza e capaz de conduzir a intuição e a dedução na investigação dos fenômenos naturais existentes fora do *ingenium*. Descartes viu a análise antiga ir além da geometria, para que fosse aplicada tanto à matemática quanto aos domínios não-matemáticos. A pergunta é: em que consiste esta transformação? E como entender a análise de Descartes?

Para respondê-las, vamos considerar o caso da reflexão da luz que foi investigado por Descartes nas *Cogitaciones privatae* (AT, X, p. 242-43), incluído também na discussão do

[79] A tese de que o método é determinado pelo objeto, resultou na idéia de que não é possível estabelecer algum método geral, usado em ciências diferentes. Então, não é possível usar o método da análise geométrica nos estudos físicos. Isto foi aquilo que Descartes rejeitou e passou a buscar um método que fosse empregado em todas as ciências. Esta idéia o separou tanto dos geômetras gregos quanto dos escolásticos.

problema anaclástico da regra VIII e explicado em detalhes na *Dióptrica*, no discurso II (AT, VI, p. 93-96). Ele consiste em achar a direção da reflexão do raio AB que caiu sobre a superfície da terra. O raio refratado é BF (ver figura 2.4). A análise do caso mencionado se resume a quatro passos.

1. A análise começa pela anotação dos dados da experiência sensorial, em que o fenômeno está acessível ao homem. Começa-se "a partir de várias experiências" (432:28) que oferecem informações sobre o fenômeno acessível. Trata-se de "entender suficientemente o problema" para "ver precisamente em que consiste a sua dificuldade" (437:11-12), aquilo que deve ser investigado e resolvido.

Quanto à reflexão da luz da experiência, registra-se que o raio da luz, marcado como AB, cai na superfície de algum médium, como a terra, por exemplo, e onde está refratado. Sabemos que a reflexão resulta da interação do raio da luz e da superfície da terra. Conhecemos também a lei da refração conforme o ângulo de incidência que é igual ao ângulo de reflexão. O raio refratado é BF. A questão é conhecer a direção do BF, quer dizer, explicar como o raio AB está refratado na superfície da terra na direção certa. Sabendo-se isto, é possível apresentar o problema na forma de uma figura que servirá como base da explicação[80] do fenômeno da reflexão da luz (ver a figura 2.4).

A direção do raio BF será conhecida pela explicação do fenômeno da reflexão da luz. É um fenômeno natural, cuja explicação consiste em descobrir suas causas e mostrar como ele resulta delas. Na análise, o físico busca causas desconhecidas do fenômeno, acessível à experiência sensorial (reflexão da luz). O fenômeno está conhecido no sentido de ser observado e dado pela experiência, porém, ele fica desconhecido em relação a suas causas que precisam ser descobertas pela análise. O físico tem à disposição o fenômeno dado nos sentidos, mas não conhecido em relação às suas causas. Ele vai buscar estas causas para explicar como delas resulta o fenômeno investigado (a reflexão e a direção do BF). Esta busca começa depois de notar aquilo que está dado na experiência sensorial. Começa o processo de identificar naturezas simples envolvidas com fenômeno observado (a regra VIII).

Com respeito ao começo da análise, é necessário apontar a diferença entre a matemática e a física. A diferença concerne à natureza do problema investigado (do objeto

---

[80] O tratamento e a solução do problema citados foram feito por Descartes em termos geométricos. Este aspecto da explicação é dominante na análise da reflexão da luz. O que diz que a idéia corpuscular não teve papel nenhum na explicação deste caso. Isto confirma mais uma vez que o interesse principal de Descartes foi mostrar como entender a explicação elaborada em termos matemáticos.

da investigação). Na matemática, como explicou Brunschving (1951, p. 75), “o homem inventou o problema, para o qual ele se propõe a buscar a solução”. Por inventar o problema, o investigador conhece a sua solução antes de encontrar a solução baseada em certos axiomas e teoremas matemáticos. Se buscar como construir o triângulo ABC sobre a linha dada AB, o próprio triângulo está antecipado no sentido de como se fosse construído. A análise começa com o triangulo ABC, visto como se fosse já construído. A partir daí, a analise visa a axiomas e teoremas das quais resulta tal e tal triângulo ABC, construível sobre a determinada linha AB. Na física, o objeto da investigação se refere a fenômenos existentes fora do investigador que não pode inventá-los. Ele os encontra na experiência sensorial como coisas existentes no mundo externo. Sob tal circunstância, eles são, ao mesmo tempo, conhecidos no sentido de saber do seu aparecimento na experiência sensorial, e desconhecidos em relação às suas causas que precisam ser descobertas. No começo da análise, não sabemos nada sobre as causas do fenômeno investigado. Não é possível antecipá-las. Não é possível vê-las como se fossem conhecidas. Segundo Descartes, esta impossibilidade da antecipação das causas poderia ser superada pela redução do fenômeno investigado a alguma figura geométrica que representasse proporções reconhecidas no fenômeno investigado. A partir de tal figura, torna-se possível avançar, através da relação entre o conhecido e o desconhecido, na direção de causas desconhecidas para torná-las algo conhecido. A análise é o procedimento a fazer isto. Conta com a figura que represente quantidades e proporções do fenômeno investigado. A figura admite que o investigador conheça causas do fenômeno e explicasse como o mesmo fenômeno resulta das suas causas. No caso da reflexão da luz, a análise conta com a seguinte figura:

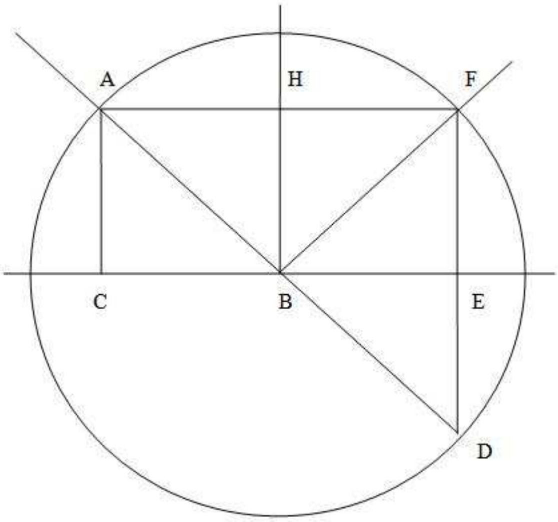


Figura 2.4 - A reflexão da luz

2. Identificar naturezas simples consiste em dividir o problema investigado em partes que o constituem. Na matemática, a divisão acontece de acordo com as regras matemáticas de construção de figuras e formação de equações. Na física, o procedimento de dividir um fenômeno natural é bem diferente, pelo fato de que a natureza aparece para o homem somente na experiência sensória. Sem essa experiência, não parece ocasião própria de buscar por naturezas simples necessárias para conhecer o fenômeno investigado.

A busca por naturezas simples acontece sob a circunstância da experiência sensorial. Se houver experiências diferentes do mesmo tipo de fenômeno, a questão será de escolher uma delas, ou, um caso determinado ao ser observado e analisado. Tal escolha depende da hipótese estabelecida de acordo com o ponto de vista do físico, ou como Descartes escreveu na regra VI, "sob certa consideração" (383:15-25). A hipótese adotada indica qual caso específico da experiência sensorial será analisado do ponto de vista do físico, e determina quantidades serem intuídas para produzir as idéias claras e distintas, quer dizer, naturezas simples usadas na explicação do mesmo fenômeno.

No fenômeno da reflexão da luz, as quantidades intuídas são: os raios AB e BF, os ângulos ABC e EBF, a quantidade direcional do movimento dos raios AB e BF, o movimento da linha AF (a caída do raio na direção do ponto B) à linha CE (a superfície da terra) e o movimento de AC para FE (paralelo com a superfície da terra). Descartes viu a luz como uma tendência para o movimento. Assim, qualquer raio luminoso virou uma quantidade caracterizada pela direção do movimento na direção certa. Por isto, o raio pode ser definido em termos de quantidade que tem tendência para o movimento na direção certa, como AB ou BE. Na regra VIII, Descartes expressou isto pelo termo ‘ação da luz’ (395:1). Ele determinou que fosse necessário conhecer a ação da luz, isto é, a tendência ao movimento do raio, vista como uma quantidade. No caso da reflexão, a ação da luz consiste no movimento dos raios AB e BF na certa direção (ver a figura 2.4). A luz, como tendência ao movimento, parece uma quantidade divisível em dois movimentos constituintes. Analisar o movimento do raio AB é dividi-lo em dois movimentos representados pelas linhas FE e CE, que servirão para definir o ponto F que marca a direção do raio refratado BF. A direção do BF está descoberta pela análise do movimento do raio AB, pela sua divisão em movimentos constituintes e intuídos com objetivo de identificar naturezas simples ligadas à reflexão da luz.

Percebe-se que o físico tem que identificar naturezas simples que possam ser usadas na explicação do fenômeno observado. A pergunta é: a análise do problema deve ser exausta, no sentido de alcançar todas as naturezas simples envolvidas com o fenômeno investigado? Das regras VI e VII, conclui-se que Descartes insistiu na análise como completiva. Ela deveria ir “ao limite” (SARKAR, 2003, p. 13) na descoberta das naturezas simples. Isto é, a análise deve descobrir todas as naturezas simples, sem faltar nada, envolvidas em algum problema investigado. Tanto na matemática, quanto na física, a análise tem de ser completiva, igualmente à análise grega. A regra VII[81] das *Regulae* diz isto explicitamente. Segundo a ela, ao edificar a ciência, é preciso acertar todas as naturezas simples envolvidas com o objeto pesquisado e “compreendê-las numa enumeração feita pela ordem” (387:12-13). A idéia da enumeração das naturezas simples comprova que Descartes pensou a ciência em termos de completeza, contando com a descoberta e a enumeração de todas as naturezas simples relacionadas ao seu objeto. Olhando para as regulas VI e VII, conclui-se que a déia da completeza faz uma das principais idéias da concepção cartesiana da ciência, ou então da física. Quanto à física, trata-se de construir uma ciência capaz de englobar e interligar todos os conhecimentos sobre a natureza como um todo. É explicar de todos os fatos pertinentes ao domínio da investigação física. Descartes pensou na física como uma totalidade de conhecimentos sobre a natureza como um todo, ligados e arranjados de tal maneira, que uns seriam

---

[81] A regra VII é importante para entender a análise como um método completivo. Sem dúvida nenhuma, Descartes pensou na análise que deveria identificar todas as naturezas simples envolvidas no fenômeno observado, fazendo o mesmo como a análise dos geômetras antigos. A completeza de naturezas simples está incluída na análise.
Então, esta regra explica o que fazer “para terminar a ciência” caracterizada pela completeza.

deduzidos dos outros. Ele exigiu uma física caracterizada pela completeza[82] baseada "na enumeração feita pela ordem" descoberta pela análise completiva.

3. Naturezas simples não são consideradas em separadas (381:19). Procura-se a sua interligação na forma da ordem em que são relacionadas para resultar em algo cada vez mais complexo. Descobrir a ordem é o cerne da análise, como explicam as regras V e VI das *Regulae.*

Graças à ordem, entendemos como naturezas simples produzem algo mais complexo, seja figura geométrica, equação ou algum fenômeno natural. É importante saber que naturezas simples são ordenadas com base no uso de conceitos de ordem e medida, emprestados da geometria. A ordenação de naturezas simples depende do uso da geometria. Precisamente, é possível com base na aplicação dos conceitos de geometria ao problema investigado. No caso da física, tal aplicação gera o problema do uso da geometria na investigação da natureza. O problema aparece sob a circunstância de usar os conceitos de ordem e medida para ligar naturezas simples na forma de deduções capazes de oferecer a explicação dos fenômenos inquiridos. Como sabemos, o problema foi resolvido pelo surgimento da idéia *mathesis universalis*[83].

A ordenação das naturezas simples se manifesta na descoberta das proporções usadas como a base da explicação matemática. Proporções descobertas serão apresentadas pelas figuras geométricas. O investigador vai as traçar no papel para que puder torná-las usáveis na explicação de problemas investigados.

4. Depois de identificar naturezas simples, ligá-las pela ordem e descobrir proporções, passa-se a proporcionar a explicação do problema investigado. A explicação se resume na busca do desconhecido em termos do conhecido. O desconhecido e o conhecido são interligados na forma de proporções a partir das quais pode ser elaborada a explicação do problema assumido no começo da análise. Na física, é expor as causas dos fenômenos observados. Assim termina a análise sem restar nada mais a fazer para completar a explicação do problema investigado, ou seja, sem precisar de complementos no procedimento a exemplo da síntese envolvida na análise dos geômetras antigos.

Isto parece claro da explicação da reflexão da luz. Esta explicação diz: "um raio em movimento do ponto A ao ponto B cai na superfície da terra CBE e "se reflete na direção

[82] Sobre a completeza da física cartesiana ver: Allard, Jean-Louis (1963*), Le Mathématisme de Descartes;* Sarkar, H., (2003*) Descartes's Cogito*.

[83] Deste modo, indicamos como surge o problema do uso da geometria na física, o problema que será investigado no capitulo 3, em função do aparecimento da idéia da *mathesis universalis*.

de F de tal maneira que o ângulo da reflexão FBE não é menor nem maior do que o ângulo da incidência ABC” (AT, VI, p. 96:27-30). Então, sabemos a causa da direção do raio BF. Pela descoberta de que “o ângulo da reflexão FBE não está menor nem maior do que do ângulo da incidência ABC”, chegamos a saber a causa e a direção do raio BF. O fenômeno da reflexão da luz pode-se considerar explicado. Com isto termina a análise do fenômeno em questão.

Da investigação dos passos da análise aplicada ao caso da reflexão da luz, conclui-se que a mesma análise foi concebida para ser usada tanto na matemática quanto na física, e no fim das contas, em todas as ciências. É importante mencionar que tal possibilidade se funda na similaridade da estrutura do método. Independente da ciência em que está aplicado, o método compreende a mesma estrutura constituída dos seguintes procedimentos: assumir o problema investigado, determinando o desconhecido que será descoberto; identificar todas as naturezas simples referentes ao problema assumido; descobrir a ordem de naturezas simples e, a partir dela, achar proporções envolvidas no problema investigado; elaborar a explicação baseada em proporções achadas. O método funciona assim em todos os casos da investigação, independentemente do objeto particular de cada ciência.

Investigamos o caso da reflexão da luz para saber como funcionar a análise cartesiana e em que consiste a transformação da análise grega para a qual Descartes olhou na busca por um método que pudesse ser usado em todas as ciências. Tendo em vista ambas as análises mencionadas, pode-se saber que a transformação da análise dos geômetras gregos compreende três mudanças decisivas, que levaram Descartes a sua definição da análise capaz de funcionar em todas as ciências, não apenas na geometria.

Primeiro, o método de Descartes não envolve a síntese como algo necessário para completar a explicação do problema. Pelo estabelecimento de proporções, a análise se torna capaz de explicar e resolver qualquer problema sem precisar da síntese. O método apresenta-se um único procedimento em que a diferenciação entre análise e síntese não tem sentido nenhum. Assinalamos que a análise de Descartes não deve ser definida em termos de distinção entre a análise e a síntese, entendidas por geômetras gregos como os dois métodos necessários para completar a explicação do problema investigado. A análise se mostra um único procedimento que começa por assumir o procurado (na matemática como se fosse conhecido; na física, trata-se de causas desconhecidas do fenômeno observado) e termina quando o desconhecido torna-se conhecido (figura construída, equação formada ou causas dos fenômenos naturais reveladas). Que Descartes não tinha a intenção incluir a síntese no seu método, mostra o fim da regra IV, onde ele apontou: “Eu decide a observar uma ordem na busca do conhecimento das coisas” (378:26-27-379:1-2), a certa ordem capaz de guiar à explicação matemática do fenômeno investigado. Afirmar isto significa dizer que à explicação se resume na análise, sem necessitar a síntese dos gregos.

Segundo, a transformação em questão compreende a mudança acontecida na divisão do problema investigado. Entretanto, no caso da análise grega, a divisão em elementos visa a chegar aos axiomas conhecidos e deles deduzir o procurado (a construção de figuras e a prova do teorema), a análise cartesiana tende às proporções estabelecidas a partir da ordem dos termos envolvidos nos fenômenos investigados. A análise de Descartes consiste em: dividir o problema em naturezas simples - descobrir a ordem (absoluto-relativo) e identificar proporções expressas por figuras geométricas e equações algébricas – explicar o problema com base nas figuras geométricas. Entretanto, no caso da análise dos geômetras antigos, trata-se de dividir o problema em segmentos da figura – descobrir a interdependência dos segmentos – chegar aos axiomas ou teoremas conhecidos, a partir dos quais será feita a síntese (ajuntada à análise). A primeira envolve a divisão que acaba por descobrir proporções, e a segunda compreende a divisão direcionada a chegar aos axiomas e teoremas já conhecidos.

Terceiro, Descartes insistiu no uso do método em todas as ciências. A sua aplicação deveria ser “bastante ampla para cercar os fatores diferentes dos campos particulares de investigação e uni-las sob um único conjunto de regras metodológicas” (Raftopoulos, 2003, p. 305). Mas, como é possível usar as mesmas regras metodológicas em campos de investigação diferentes? Com a idéia de usar um único método em todas as ciências, surgiu esta pergunta. Descartes devia respondê-la para poder justificar o seu método. A pergunta visa à justificativa do método. Com a base na regra IV-B das *Regulae*, a nossa tese é que a justificativa vem da *mathesis universalis*[84]. Quando surgiu a pergunta citada, Descartes já contava com a *mathesis universalis*. Ele achou que esta ciência poderia prestar a justificativa do método. Sobre isto vamos discutir no capitulo 3, onde se trata a *mathesis universalis*. Agora, salientamos que a idéia de um método usado em todas as ciências gerou a questão da sua justificativa. Ao resolvê-lo, Descartes apelou para a *mathesis universalis*.

[84] Carloni (1997, p. 145) adotou a mesma tese afirmando que “o papel particular da *mathesis universalis* é justificar o método”. O autor deste estudo chegou à mesma tese, mas independamente da tese de Carlone e antes de ler o seu texto.

Depois de considerar a análise dos gregos e de Descartes, terminamos a nossa consideração por apresentá-las a seguir:

A análise de geômetras gregos	*A análise de Descartes*
O problema assumido como resolvido	Na matemática: problema assumido como resolvido (a regra XIX) Na física: o fenômeno dado na experiência sensorial (as regras XII, XIII)
A divisão em segmentos identificados pela ajuda de construções geométricas	A divisão em naturezas simples (as regras VI e XIII) alcançadas pela intuição (a regra III). Na matemática, a divisão a partir de axiomas e com a ajuda de construções geométricas. Na física, pelo uso de hipóteses (a regra VI)
Identificar a ligação necessária para a solução do problema. Postulados e definições como a base da identificação.	Descobrir a ordem e apurar proporções entre naturezas simples (as regras V, VI, VII, XI, XVII). Proporções descobertas pela dedução (as regras III e VI) feita de acordo com ordem e medida. Proporções são exprimíveis através de figuras geométricas e equações algébricas (a regra XVIII)
Axiomas e teoremas	Expressar o desconhecido em termos do conhecido, quer dizer, proporcionar a explicação matemática do problema assumido no começo da análise. A exposição das causas dos fenômenos naturais. A construção de figuras e a formação de equações gerais. (as regras: VI, XIV, XVIII, XX)
Mostrar como a solução do problema resulta dos axiomas e teoremas. A síntese	

Tabela 2.1 - Os geômetras gregos e Descartes

Vista no contexto da discussão sobre o objeto da física dependente do *ingenium*, a tabela 2.1 mostra que Descartes viu a cognição acontecer pela ligação entre a intuição, a dedução, a análise e o objeto. Ele considerou tal dependência em termos de capacidade do *ingenium* de produzir "um conhecimento certo e indubitável". Não deve ser esquecido que Descartes definiu o *ingenium* em termos desta capacidade. Claro que para saber como ele definiu o *ingenium* e decifrar a própria dependência, é necessário investigar a capacidade em questão.

Na regra XIV (AT, X, p. 415:23), Descartes usou o termo "*vis cognoscence*" para denotar a capacidade do conhecimento. O termo foi empregado, justamente, na explicação da definição do *ingenium* para destacar que este fosse distinguido pela capacidade de conhecer o mundo. O termo 'v*is cognoscence*' vem do vocabulário dos escolásticos e pode ser traduzido como 'capacidade do conhecimento'. Usamos o mesmo termo para dar o titulo à parte 2.3 deste capitulo. Assim, apontamos o fato de que Descartes visou a esta capacidade quando determinar o *ingenium*.

2.3. *VIS COGNOSCENCE*

Em conformidade da regra XII, fica óbvio que a capacidade mencionada se efetua pelo funcionamento das faculdades cognitivas empregadas na cognição. O funcionamento envolve a atuação de cada faculdade e suas relações no processo da aquisição do conhecimento. A mesma regra, XII, mostra que o ponto central deste processo é a relação razão-imaginação[85]. Portanto, é preciso investigá-la para poder entender o funcionamento das faculdades cognitivas. Alem disso, graças a tal investigação, chega-se à definição do *ingenium*. O mesmo fez próprio Descartes na regra XII das *Regulae*.

Descartes começa esta regra, dizendo:

> ... para se ter o conhecimento, é preciso considerar apenas os dois termos, a saber, nós, que conhecemos, e as coisas a ser conhecidas. Em nós se encontram apenas quatro faculdades que possamos usar para esta finalidade, quer dizer, a razão, a imaginação, os sentidos e a memória. É certo que só a razão é capaz de perceber a verdade, mas deve ser assistida pela imaginação,, pelos sentidos, e pela memória (411: 3-7).

Destaca que só a razão produz a ciência, só ela se mostra "capaz de perceber a verdade".

[85] Em relação ao tema principal deste estudo, é importante salientar que esta relação é o lugar de origem do problema central da nova física: explicar como é possível usar a geometria na investigação da física. Este problema será investigado em detalhes no capitulo III. Mas vale pena apontar que o problema tem o seu lugar de nascimento na relação chave da aquisição do conhecimento sobre a natureza: imaginação-razão.

Mas, tem de ser assistida por outras três faculdades do *ingenium*. Todas as faculdades cognitivas atuam no processo da cognição, onde ficam interligadas por meio de relações que asseguram a chegada ao conhecimento certo e indubitável. O processo da cognição envolve: o perecimento das coisas do mundo externo nos sentidos, a transferência das figuras imprimidas nos sentidos para a imaginação, a formação das figuras da imaginação, a exploração destas figuras pela razão, e a produção das idéias claras e distintas sobre coisas investigadas. O ponto central deste processo, em que a ciência se torna realizável, é a relação imaginação-razão.

Desde se trata da dependência do objeto da física em relação ao *ingenium*, este capitulo visa a investigar a relação mencionada e a definição do *ingenium.* Portanto, se divide em duas partes intituladas como Imaginação-razão e A definição do *ingenium*.

2.3.1. Imaginação – razão

A relação entre a imaginação e a razão é a chave para entender como o *ingenium* produz o conhecimento sobre a natureza e para decifrar a dependência do objeto da investigação cientifica em relação às faculdades cognitivas do espírito humano. É assim, desde nenhuma das faculdades cognitivas é capaz, sozinha, de produzir a ciência. Razão em si, como independente da experiência sensível, não pode se relacionar com o mundo externo. Se ela pretende buscar o conhecimento do mundo visível, tem de recorrer à imaginação.

A física se faz com base na relação imaginação-razão. Esta relação é caracterizada por dois aspectos, que dizem como funciona a produção das idéias sobre os fenômenos naturais. Primeiro, a imaginação oferece figuras como objetos compreensíveis para o *ingenium* no contexto corporal; figuras são impressas na fantasia[86] vista como “uma verdadeira parte do corpo” (414:21-22). Descartes ligou a fantasia ao cérebro. Figuras da

---

[86] Nas *Regulae*, Descartes usou os termos ‘fantasia’ e ‘imaginação’. Da regra XII, pode-se se saber que o primeiro termo denota “a parte verdadeira do corpo”, onde se formam figuras que representam as coisas dadas nos sentidos e existentes no mundo externo. Esta parte, falada por Descartes, se refere ao cérebro, como pode ser visto da mesma regra. O foco do significado do termo ‘fantasia’ é a corporalidade da fantasia, ou a idéia de que a fantasia se refere ao corpo em que se formam figuras transportadas dos sentidos. Em o *Homem*, redigido após as *Regulae*, Descartes ligou a fantasia à glândula pineal.
Quanto ao termo ‘imaginação’, ele indica a faculdade cognitiva no sentido de ser capaz de receber figuras e oferecê-las a ser exploradas e conhecidas pela razão. Oferecer a ser conhecido, este é o foco do significado do termo ‘imaginação’, o significado que aponta o fato de que o *ingenium* é caracterizado pela capacidade do conhecimento.
Neste estudo, usamos os dois termos citados, dependendo do contexto da consideração do assunto investigado.

fantasia representam corpos existentes na natureza. A corporalidade das figuras garante que se trata de "imagens dos corpos", corpos agora presentes na "fantasia puramente corporal" em nós (415:10-11). Por estarem em nós, tais figuras viram compreensíveis (inteligíveis) para o *ingenium*: elas se oferecem a serem compreendidas. Tornam-se conhecidas por a razão abordá-las. Chegamos ao segundo aspecto da relação imaginação-razão: na abordagem, a razão usa a geometria para aplicá-la às figuras da imaginação. É a única via para a razão explorar figuras da fantasia. A partir desta exploração, a razão produzirá as idéias claras e distintas sobre os corpos existentes no mundo externo.

Nota-se que não ter idéia nenhuma sobre o mundo externo se não aparecer figuras formadas na parte do "cérebro onde se encontra a fantasia" (414:26). Estas figuras são as representações das próprias coisas existentes no mundo externo e estampadas na fantasia corporal. O *ingenium* pode ter idéias do mundo externo e saber sobre ele, graças às figuras formadas na fantasia. Descartes expressou isto claramente, na famosa sentença das *Cogitationes privatae*: "*Ut imagination utitutr figuris ad corpora concipienda*". Isto é, "a imaginação usa figuras para conceber corpos" (AT, X, p. 217:12-13). Na continuação do parágrafo citado, Descartes apontou que "*ita intelectus utitur quibusdam corporibus sensibilibus ad spiritualia figuranda*", a saber, "a razão usa corpos sensíveis para figurar as coisas espirituais" (Ibid). Quando sabemos o que Descartes entendeu sob termo "espiritual", parece claro que "as coisas espirituais" envolvem a ciência. Na regra XII, se encontra a mesma observação de forma mais explicita: "Se a razão se propuser a examinar alguma coisa que possa se referir ao corpo, é necessário formar uma idéia... na imaginação" (417:1-2) que representa a mesma coisa dada nos sentidos (417:3-4). Para poder produzir as idéias claras e distintas usadas na construção da ciência, a razão deve recorrer às figuras da fantasia que representam as coisas do mundo externo. Sem a fantasia não há idéia e nem ciência alguma sobre o mundo externo. A física não terá algo para investigar, ou não será possível edificar a ciência sobre a natureza. Portanto, Descartes colocou a imaginação no foco da construção da física. Ele deu a posição chave na aquisição do conhecimento sobre a natureza.

A pergunta é: por que ela poderia ocupar tal posição? A resposta é: só a imaginação é direcionada ao mesmo tempo, ao mundo externo e à razão. Ela se liga à matéria e a razão. Nela, se formam figuras em que se encontram a natureza e a razão. Estas figuras são "transportadas" dos sentidos para a imaginação, onde aparecem figuras formadas a partir de dados que vêm dos sentidos. Formar figuras na imaginação é coletar dados obtidos por sentidos, e uni-los na forma de "imagens dos corpos" do mundo externo. Na imaginação, como explicou Sepper (in VOSS, 1993, p. 151), estas figuras se preservam "na forma de esquemáticas proporções encontradas nos fenômenos". Precisamente, elas representam quantidades, expostas numa ordem que permite descobrir proporções apresentadas pelas figuras geométricas, e descritíveis por meio da álgebra. Por parecer em nós, figuras estão à disposição do *ingenium* que pode, a partir delas, chegar ao conhecimento do mundo físico. O *ingenium* explora o que estas figuras oferecem. Ele as aborda em forma da razão, que produzirá idéias claras e distintas dos fenômenos naturais. Na imaginação, figuras se tornam acessíveis à razão. Quer dizer, se estabelece a ligação entre a natureza e a razão (incapaz de se relacionar diretamente com as coisas que existem fora do *ingenium).* Por isto, figuras e imaginação (o lugar das figuras ou idéias) ganham a posição chave na aquisição do conhecimento sobre a natureza. Mas, também, a imaginação e suas figuras, não levam ao conhecimento dos fenômenos naturais, se não ficar envolvidas na relação com a razão. Como disse Descartes, os animais até têm figuras formadas na fantasia, "mas ainda não se admite, absolutamente, que eles tenham o conhecimento das coisas" (415:8-9). Quanto aos animais, não são adotados pela razão, a faculdade capaz de explorar figuras da imaginação e produzir o conhecimento. Então, nelas, não há a relação imaginação-razão que faz possível o conhecimento sobre a natureza.

Olhando para esta relação, Descartes viu o seu foco residir no uso dos conceitos de geometria. Ele achou que a razão abordasse figuras da imaginação para produzisse as idéias claras e distintas sobre os fenômenos naturais. Nesta abordagem, a razão usa os conceitos de geometria, aplicando-las às figuras da imaginação. Pelo uso da geometria, a razão se torna capaz de reconhecer e explicar as quantidades e características geométricas, ligadas às figuras da imaginação. Graças a este uso, a razão vai descobrir certa ordem proporções capazes de assegurar a explicação matemática dos fenômenos naturais. A razão usa aquilo que tem à disposição para abordar figuras de imaginação: a geometria. É o cerne da relação imaginação-razão. Esta relação funciona em torno do uso da geometria.

Ora, destaca-se a razão como responsável pela produção da ciência. Tal conclusão segue da consideração da relação imaginação-razão, em que se baseia a edificação da nova ciência sobre a natureza. A razão produz as idéias claras e distintas sobre os fenômenos naturais. São as idéias que constituem a física, são seus blocos de construção. Mas, o que deveriam ser as idéias dos fenômenos naturais, conforme Descartes? Vamos responder.

Idéias. No começo da regra XII das *Regulae,* Descartes avisou que iria explicar "a indústria humana” (410:23), isto é, a produção do conhecimento, de acordo com a capacidade do homem de conhecer “todas as coisas que se apresentam” (359:3). Ele se perguntou como “a indústria humana se pode entender” (411:15-16). A intenção dele foi explicar como funciona a habilidade do homem, de usar suas faculdades cognitivas, como “a razão, a imaginação, os sentidos e a memória” (410:18-19), para adquirir o conhecimento sobre as coisas do mundo externo.

A resposta da pergunta acima apontada explica que “a indústria humana” compreende “passagem a partir das coisas, dadas nos sentidos externos” (412:14) até a razão capaz de atingir a ciência. A passagem dos sentidos até a razão é a historia da construção do conhecimento através de idéias que representam as coisas do mundo externo. Descartes sugeriu que idéias fossem o foco desta historia. Ele insistiu que “todas as coisas que se apresentam” a serem examinadas podem ser conhecidas a partir das idéias que as representam, daquilo “que está em nós”. Ou, como ele escreveu na carta a Gibief, no dia de 19 de janeiro de 1642: “é certo que eu posso ter algum conhecimento daquilo que existe fora de mim somente por intermédio das idéias que eu tenho em mim” (AT, III, p. 474). Com isto, surge a questão de saber como Descartes definiu essas idéias como algo “que está em nós”, e de que depende a construção da ciência.

Na regra XII, idéias são definidas como as representações das coisas do mundo externo. Tais representações aparecem na forma de figuras da imaginação. A partir destas figuras, a razão produzirá as idéias claras e distintas, que constituem a ciência. Estas compreendem tanto naturezas simples, vistas como as idéias de algum aspecto singular das coisas materiais, como por exemplo, de figura, movimento ou duração (421:9), quanto as idéias complexas que se referem à certa “coisa composta” (422:8), como por exemplo, ao triangulo combinado de ângulos e linhas (422:12-16). Daí segue-se a diferenciação entre os dois tipos de representações “que se possam referir ao corpo” (416:29-417:1): figuras formadas na imaginação e idéias produzidas pela razão (naturezas simples e idéias complexas referentes à natureza). Nas *Regulae*, Descartes denominou ambos os tipos de representação de idéias. Ali, encontram-se dois tipos de idéias: figuras da imaginação e idéias produzidas pela razão (MACHAMER.,P; McGUIRE, J.E., 2006, p. 404). Quanto às idéias pertinentes à razão, há naturezas simples e as idéias complexas (referentes às coisas compostas).

Como se vê do dito, Descartes uso o mesmo termo ‘idéia’ para denotar figuras da imaginação e idéias produzidas pela razão. No entanto, Descartes destaca que figuras da fantasia "caem sob o termo 'idéia' somente quando a razão "é direcionada para a parte do cérebro" (HATFIELD, 2007, p. 31) onde fica a fantasia, e que só as idéias geradas pela razão constituem a ciência. Quanto ao processo da aquisição do conhecimento sobre a natureza, figuras e idéias mencionadas são batizadas pelo mesmo nome a partir do fato de que a razão para "examinar alguma coisa que se possa referir ao corpo" precisa de uma idéia "formada na imaginação" (416:29-417:1-2). Descartes as chamava assim para dizer que ambas têm as seguintes características: (i) estão em nós, (ii) são de "x", e (iii) oferecem conhecimento daquilo que representam. Nas *Regulae*, o significado do termo 'idéia' se resume a estas características. Daí, tanto figuras da imaginação quanto idéias produzidas pela razão podem ser chamados pelo mesmo nome: 'idéias'. Temos de mencionar que Descartes nunca descartou as características citadas, apesar de reconhecer nas *Meditaçõe*s e *Objeções* uma teoria das idéias diferente daquilo que pensou no período de 1618-28[87].

(i) Descartes viu idéias como algo "que está no ser humano" (412:5). O que significa que idéias não pertencem ao mundo externo. Todas as idéias, tanto figuras da fantasia quanto idéias produzidas pela razão, pertencem ao sujeito investigador, estão em nós. Mas o significado do termo "em nós" não se reduz em dizer somente isto. Ele indica também a consciência como algo que compartilha com todas as idéias, inclusive com figuras da fantasia. Descartes viu a consciência envolvida no conhecimento. É uma visão que foi um dos pontos centrais da definição do conhecimento antes de Descartes[88]. Francisco Sanches[89] (in ARRIEW, R.; COTTHINGAM, J.; SORREL, J., 1998, p. 18), definiu o conhecimento como "a perfeita consciência das coisas" [90], explicando que "a própria

---

[87] A diferença concerne a três tópicos. 1. Nas *Meditaçõe*s, encontra-se a definição da idéia no contexto da discussão sobre a substância pensante (*res cogitans*), isto é, sob a perspectiva do *cogito* que envolve idéias como as formas do pensamento. Descartes escreveu: "considerei as idéias somente como os modos do meu pensamento" (AT, IX, MT, p. 29.). 2. A idéia é definida em termos de realidade objetiva, formal e eminente, quer dizer, em termos da metafísica. A realidade objetiva compreende "a entidade ou o ser da coisa representada pela idéia" (AT, IX, p. 124.); a realidade formal diz que a idéia existe, como tal, no espírito. A realidade eminente indica a potencialidade de surgir alguma idéia, ligada a Deus como a causa final do existente. 3. No universo de idéias assim definidas, não entram aquelas formadas na imaginação.

[88] Sobre a concepção das idéias antes de Descartes e a relação com a concepção dele, ver: Gaukroger, S. (1992, p. 585-602), *Descartes's Early Doctrine of Clear and Distinct Ideas*; Ariew,R., Grene, M. (1998, p. 87-116), *Ideas, in and before Descartes*; Ayers, M. (1998);

[89] O filósofo português que publicou em 1581 o famoso livro *Quod nihil scitur* (Que nada é conhecido). No prefácio deste livro Sanchez (in ARRIEW, R.; COTTHINGAM, J.; SORREL, J., 1998, p. 10) escreveu: "Então, mergulhei em mim mesmo e coloquei tudo em dúvida". Ele continuou: "é o caminho verdadeiro do conhecimento" (Ibid.). Nas *Meditações*, Descartes escreverá a mesma coisa, mais de sessenta anos após *Quod nihil scitur*.

[90] A "perfeita consciência" consiste em conhecer coisas "em todos os aspectos" (SANCHES, in ARRIEW, R.; COTTHINGAM, J.; SORREL, J., 1998, p. 19), isto é, conhecê-las em aspectos ligados à sua

consciência é o ato do sujeito direcionado à coisa". Graças a este ato, se reconhece a própria coisa observada por "alguém que tem consciência desta (coisa)" (Ibid., p. 19). A consciência se mostra pelo reconhecimento do observado como tal e tal coisa[91] (Ibid.). Descartes tem algo bem semelhante à explicação de Sanches. Da regra XII, conclui-se que a consciência compartilha com as idéias. Quer dizer, o sujeito investigador tem consciência das coisas observadas, reconhecidas como tais e tais coisas. O conhecimento envolve a consciência. Descartes explicou isto falando dos animais. Ele disse que os animais, igualmente ao ser humano, têm fantasia com figuras imprimidas nela, mas "não se admite absolutamente que eles tenham conhecimento das coisas" (415:8-9), porque estas figuras não são compartilhadas pela consciência. Ou como disse Sanches (ibid.): "o cachorro recebe a imagem do homem, da pedra ou de alguma quantidade, mas não tem consciência". O cachorro não distingue o homem ou a pedra, não os reconhece como tais: ele não tem consciência disso. Em outras palavras, em qualquer cachorro, "não se admite absolutamente" o conhecimento do homem e da pedra, cujas figuras aparecem na sua fantasia. O destaque de tal explicação é que a consciência pertence ao homem e se diferencia das coisas materiais, do corpo (inclusive figuras da fantasia). A consciência está em nos e fica contida em todas as representações dos fenômenos naturais, inclusive figuras da fantasia. A todas elas, dá-se o mesmo nome de idéias.

(ii) Idéias representam alguma coisa. Elas são as idéias "de x". Isto significa que contém dados sobre o que representam. É "o depósito" (FICHANT, 1998, p. 4) em que se acham dados ligados às coisas do mundo externo. Estes dados são sobre as quantidades e suas relações proporcionais. Portanto, são usados para elaborar explicações matemáticas dos fenômenos observados.

(iii) Idéias oferecem a conhecer aquilo que representam. Daí, conhecê-las significa conhecer as próprias coisas representadas através delas mesmas. Deste modo, as coisas do mundo externo se tornam o objeto da investigação. Precisamente, as idéias são o objeto da investigação. Descartes insistiu em dizer que idéias são aquilo que estiver sendo investigado na ciência, é o objeto da investigação cientifica[92].

---

existência fora do conhecedor, e àqueles relacionados à consciência sobre as coisas observadas por "uma pessoa".

91 A consciência compreende a descriminação no sentido de saber da coisa apresentada pela idéia. Ser consciente significa discriminar coisa, reconhecê-la como tal e tal coisa. Mas, saber da coisa ainda não significa ter o conhecimento dela. Na realidade, deve acontecer o processo que guia à ciência, baseada na atividade da razão responsável pela produção das idéias claras e distintas. Este processo pressupõe a discriminação envolvida na consciência ligada ás idéias da imaginação.

92 A partir daí, entende-se que o objeto da pesquisa cientifica não pode ser designado como "um objetivo

Como o objeto da investigação, idéias oferecem a conhecer as coisas representadas por elas. É importante destacar que este é o ponto central da concepção das idéias, apresentada nas *Regulae*. Descartes quis dizer que em nós aparecessem as idéias que representassem as coisas investigadas, oferecendo a conhecer as coisas representadas. Nas *Regulae*, acha-se uma concepção das idéias, cujo sentido consiste em afirmar que elas oferecem a conhecer coisas que representam. Descartes não pensava delas como as formas do pensamento atribuído a uma substância pensante (*res cogitans*), apresentando-se na forma do *cogito.* Neste sentido, parece necessário diferenciar as duas perspectivas de considerar as idéias. Aquela presente nas *Regulae*, que visa ao fato de que as idéias oferecem a conhecer as coisas representadas por elas. E a outra adotada nas *Meditações*, onde idéias são consideradas como as formas do pensamento de uma substância pensante (*res cogitans*), *cogitationes* do *cogito*, como disse Husserl (1975), considerando *Meditationes de prima philoosphia* de Descartes.

As idéias sobre os fenômenos naturais. Depois de mostrar como Descartes definiu idéias, temos de considerar as idéias dos fenômenos naturais. Relativo à física se diz que a natureza se torna conhecível através das idéias claras e distintas sobre os fenômenos naturais. A questão é saber como elas ficam especificadas como as idéias pertinentes à física.

A sua especificação se resume a dois aspectos essenciais, que fazem destas idéias algo capaz de constituir a física. São: (i) elas representam quantidades e suas proporções, e (ii) referem-se às classes do mesmo tipo de fenômenos naturais. Na realidade, o esclarecimento de (i) e (ii) faz vir à luz as idéias sobre os fenômenos naturais, entendidas como apropriadas à nova física.

---

imediato" (BACHELARD, 2006, 125), quer dizer, como o objeto dado nos sentidos. A rejeição do "objeto imediato" dos sentidos significa o afastamento de Descartes da concepção escolástico-aristotélica, baseada na idéia de que todo conhecimento, tanto sobre o mundo externo quanto as questões metafísicas (Deus, a alma, a liberdade da vontade, etc.) veio dos sentidos, cujos dados são processados para abstrair deles os conceitos usados nas ciências. Estes conceitos são as abstrações dos dados perceptuais. Todo "conhecimento, inclusive sobre Deus, alma e as verdades matemáticas, é alcançado pela abstração intelectual universal dos dados sensíveis" (HATFIELD, in RORTE, 1986, p. 46). O conhecimento resulta dos sentidos, cujos dados são processados para abstrair conceitos daquilo que aparece na experiência sensível. Descartes abandonou tal concepção. Ele focalizou as idéias definidas como as representações das coisas investigadas. Colocou estas idéias, em nós, no centro da investigação cientifica, rejeitando o "objeto imediato" dos sentidos.

É preciso mencionar que Descartes não negou a participação dos sentidos na aquisição do conhecimento sobre a natureza. Ele não negou o fato de que o mundo externo é dado pela experiência sensível. A questão não é negar ou afirmar tal fato, mas sim entender como o homem pode conhecer o mundo usando as faculdades cognitivas que definem o escopo da sua capacidade de alcançar o conhecimento sobre as coisas existentes.

(i) As idéias sobre os fenômenos naturais representam quantidades e suas proporções, reconhecíveis na natureza. Tal especificação destas idéias diz que a física estuda somente dimensões mensuráveis da natureza, explicáveis por meio da matemática. È o sentido da referida especificação.

O que esta em questão, mostra-se pela consideração da formação das idéias na investigação física. Como já foi dito, a razão explora figuras da fantasia, formadas nela "como na cera": "nestas mesmas figuras ou idéias" (414:20), a razão reconhece quantidades e proporções. Ela "intuir distintavmente as coisas singulares (417:4-5)... como são a figura, a extensão, o movimento, ect. (419:20), para alcançar naturezas simples, cujo conhecimento é claro e distinto" (418:15). Em seguida, a razão as liga para produzir as idéias "compostas a partir destas naturezas simples" (421:10). Liga pela dedução. Atuando como a intuição e a dedução, a razão usa os conceitos de geometria para podere tratar natureza simples e as idéias mais complexas por meio da matemática. Assim, ela produz as idéias claras e distintas sobre quantidades e proporções, vistas como os constituentes da ciência matemática sobre a natureza. Na investigação física, tais idéias são expressas através de figuras geométricas traçadas no papel (no plano), com esquadro, compasso (as *Regulae*) ou algum outro instrumento matemático (*Geometria*). E figuras traçadas servem como a base da explicação matemática dos fenômenos estudados. O físico "precisa traçá-las porque no momento em que se tornam visíveis aos nossos olhos, suas imagens se formam distintivamente na nossa imaginação" (453:5-6), ou seja, figuras se tornam operativas na investigação dos fenômenos singulares. Através de figuras traçadas no papel, "todas as diferenças das proporções" (441:14), reconhecidas na natureza e representadas pelas idéias, tornam-se compreensíveis e conhecíveis para o investigador. Em outras palavras, é possível elaborar a explicação matemática dos fenômenos investigados. A formação das idéias, a partir das figuras da imaginação até as idéias claras e distintas, acontece ao torno de quantidades e proporções, reconhecíveis na natureza e matematicamente explicáveis, graças ao uso da geometria e à atuação da razão na forma da intuição e dedução, conduzidas pelo método de análise.

Em outras palavras, as idéias referentes à natureza representam quantidades e proporções envolvidas nos fenômenos naturais. Ainda, fazem isto de acordo com a capacidade do *ingenium* de conhecer o mundo externo. O que mostra como funciona a dependência do objeto da física em relação ao *ingneium*. Então, na tentativa de esclarecer o aspecto (i) das idéias sobre os fenômenos naturais, tem de ser considerado tanto o objeto da investigação quanto s sua dependência do *ingenium*. Só assim se torna compreensível a especificação cartesiana de que as idéias sobre a natureza representam quantidades e proporções, contidas nos fenômenos naturais.

(ii) As idéias envolvidas na física não têm referência a algum fenômeno particular, mas concernem a classes do mesmo tipo de fenômenos naturais. Exatamente como mostra o caso da queda do corpo (*Physico-mathematica*). Dele, fica obvio que o triângulo *abc* e seus segmentos *ab, fb, afg e fbgc* (a figura 1.1) podem dizer respeito a qualquer caso particular da queda de corpo. A figura *abc* visa a uma classe do mesmo tipo de fenômenos, chamada ‘queda do corpo’. A idéia da queda do corpo, expressa na foram do triângulo *abc*, não representa algum caso particular do fenômeno em questão. Também, Descartes apontou isto nos *Meteoros* (1637) falando do fenômeno de arco-íris. A idéia do arco-íris não concerne a “somente aquele que aparece no céu, mas também no ar, perto de nós, cada vez que várias gotas de água são alumiadas pelo sol, o que acontece em qualquer fonte...” (AT, VI, p. 325:10-14). Ela compreende a classe do mesmo tipo de fenômenos ‘arco-íris’, sem indicar algum caso particular de arco-íris no céu, ou aqui na terra, “perto de nós”.

O processo da aquisição do conhecimento sobre a natureza guia às idéias claras e distintas sobre as classes do mesmo tipo de fenômenos naturais, as idéias que, como tais, oferecem a explicação de qualquer fenômeno singular. Assim, pensava Descartes, a física se torna capaz de explicar tanto todos os fenômenos particulares quanto a natureza em todo. Ou, as idéias assim entendidas, fazem possíveis a física como uma ciência geral sobre a natureza. É a ciência construída pelo *ingenium*. E, o *ingenium*? Chegamos a esta questão pela consideração da capacidade humana de produzir as idéias claras e distintas sobre todas as coisas existentes.   É a hora de respondê-la.

2.3.2. A definição do *ingenium*

Descartes definiu o *ingenium* em termos de *vis cognoscence*, capacidade de conhecimento. Nas *Regulae*, a capacidade de conhecimento faz o âmago da definição do *ingenium*. Ali, Descartes considerou exclusivamente o *ingenium* à luz da capacidade de conhecer coisas existentes. Outros aspectos do *ingenium*, como sentimentos ou paixões, não estavam no foco do seu interesse principal: investigar o *ingenium* como a capacidade intelectual conhecer aquilo que pode ser conhecido.

Claro que é possível considerar o *ingenium* do ponto de vista dos sentimentos, paixões e emoções. Alanen (1996, 2003) achou que Descartes falava de afeições, paixões, sentimentos e etc., vistos como os aspectos do *ingenium.* Realmente, tal tese pode ser argumentada. Para fazer isto, Alanen recorreu ao *Compendium,* em que fala-se de emoções causadas pela música, e às *Cogitationes privatae* que dizem claramente que o *ingenium* compreende "fortes afeições" (AT, X, 217:4-5), como a tristeza e o prazer (Ibid., 217:15-17). Sem negar a razoabilidade da discussão sobre sentimentos, paixões e os outros aspectos semelhantes do *ingenium*, temos de destacar que Descartes se concentrou na capacidade de conhecimento, na *vis cognoscence.* Ele definiu o *ingenium* como algo capaz de produzir a ciência e fazer com que o objeto da investigação seja determinado de tal forma, que caiba dentro do escopo das faculdades cognitivas, quer dizer, fique dependente do *ingenium*[93].

A definição do *ingenium* em termos de *vis cogniscence* se localisa na regra XII. Descartes escreveu:

> ... é necessário entender que esta capacidade, através da qual conhecemos apropriadamente as coisas, é puramente espiritual, e não menos distinta do corpo do que o sangue do osso ou a mão do olho; que ela é única... (415:13-16)
> É a mesma e única capacidade. Se ela se aplicar com a imaginação aos sentidos, diz-se ver, tocar, etc; se ela se aplicar à imaginação coberta por diversas figuras, diz-se lebrar-se; se ela se aplicar ainda à iamginação, diz se imaginar; finalmente, se ela agir só, diz-se entender...(415:27-416:1-4).

A definição citada explica que o *ingenium*: (i) produz a ciência, (ii) é espiritual, (iii) é único.

(i) Na regra I (359:11-12), escrita em novembro de 1619[94], também no *Studium bonae mentis* (1620-22[95]), Descartes determinou que *ingenium* produzisse a ciência. Ele afirmou o mesmo na regra XII, definindo o *ingenium* em termos de capacidade "através da qual conhecemos apropriadamente as coisas". A definição citada ressalta esta capacidade, apontado o *ingenium* como responsável pela produção da ciência.

(ii) A capacidade de conhecer as coisas é espiritual. Esta idéia é a chave da definição do *ingenium.* A pergunta é: de que forma Descartes compreendeu o sentido do termo 'espiritual'? A resposta desta questão oferece á entender o *ingenium* mesmo.

---

93 Uma conseqüência da definição do objeto da investigação como dependente do *ingenium* é a anulação da idéia aristotélica da incomunicabilidade dos gêneros. Por ser dependente do *ingenium*, o objeto da investigação é determinado em termos de ordem e medida, aplicáveis a qualquer assunto reduzido às quantidades mensuráveis e ligadas na forma de proporções. O *ingenium* usará os mesmos conceitos para investigar tanto quantidades matemáticas quanto não-matemáticas. Algo assim não parece possível de acordo com a teoria da incomunicabilidade dos gêneros, porque se tratam as coisas que pertencem aos gêneros diferentes. Descartes rejeitou tal teoria, exigindo que o objeto da investigação fosse determinado do ponto de vista do *ingenium.*

94 Weber (1964),p. 204.

95 Adam e Tannery, AT, X, p. 177.

O termo espiritual foi comum nos estudos sobre o sujeito, quer dizer a alma, em época antes de Descartes. O termo chegou até a ele pelo vocabulário escolástico. Descartes adotou este vocabulário aprendido ainda no La Flèche para dizer justamente aquilo que o termo denotava: a capacidade intelectual do homem de conhecer as coisas existentes. De acordo com o seu significado exposto no vocabulário escolástico, o termo indica a alma humana capaz de conhecer tanto a si mesmo quanto o mundo existente. O famoso filósofo escolástico Eustachius a Santo Paulo, no *Summa philosophie quadripartitia*, descreveu a alma da seguinte forma: “a alma racional não é material e corporal, mas imortal e espiritual” (in ARRIEW, R.; COTTHINGAM, J.; SORREL, T., p. 89.). Eustachuis continuou e explicou, sem deixar dúvida nenhuma, que ‘espiritual’ indica a capacidade de conhecer tanto “a existência de alguma coisa” quanto a sua “natureza essencial” (Ibid). Tal capacidade se resume na reflexão da alma “sobre a sua própria ação” (Ibid., p. 90.). Eustachius explicou que a alma é espiritual graças ao ato refletivo, acabando por ficar “consciente de si mesma via a percepção de outras coisas” (Ibid.). Por ser refletiva, a alma conhece tanto si mesma quanto outras coisas. A partir daí, conclui-se que ser espiritual é atuar sobre si mesmo. Assim definido, o espiritual não é material. Eustachius escreveu assim sobre a alma humana capaz de conhecer si mesma e o mundo. Isto foi algo possível de Descartes ter assinado.

Ele adotou o termo ‘espiritual’ e determinou que o *ingenium* seja espiritual. Também, como Eustachius, ele concluiu que o *ingneium*, como espiritual, é diferenciado do corpo: “eu entendo que sou um espírito diferente do corpo” (422:1-2). Há a distinção entre o *ingenium* e o mundo de coisas corporais. Quanto a esta distinção, nas *Regulae*, Descartes não falou dela em termos de substância (*res cogitans* e *rex extensa*), nem considerou alguma questão metafísica (a essência das coisas, a prova da existência do mundo externo, etc.). Simplesmente, a sua intenção foi indicar a diferença entre o mundo visível e o *ingenium* interessado em conhecê-lo.

(iii) Para completar a definição do *ingenium*, Descartes afirmou que a capacidade de conhecimento é única[96] (415:16), sem se importar se ela atuar como os sentidos, a

---

[96] Pela definição do *ingenium* único, Descartes substituiu a teoria escolástica da alma, baseada no texto *De anima* de Aristóteles. Segundo a esta teoria, alma é divida em três partes diferentes (*O livro II*): a alma nutritiva, a sensitiva e a intelectiva. A alma nutritiva se resume à manutenção de seres vivos, e pertence tanto aos animais quanto ao homem. A alma sensitiva concerne aos cinco sentidos: visão, audição, olfato, paladar e tato (ARISTÓTELES, 2007b, III, 1, 424b22). A alma intelectiva compreende o senso comum, a imaginação, a memória e o intelecto. A parir da diferença entre os sentidos e as faculdades intelectivas, foi estabelecida a distinção entre os sentidos externos (cinco sentidos) e os sentidos internos (o senso comum, a imaginação, a memória e o intelecto).

imaginação, a memória ou a razão. Ela é sempre a mesma. "Esta mesma capacidade é chamada de acordo com as suas funções diferentes, de razão absoluta, imaginação, memória ou sentidos" (416:6-7). Se falarmos de faculdades diferentes, estaremos falando de "funções da única capacidade que atua distintamente" (ALANEN, 2003, p. 26.). É a idéia da união, incluída na definição do *ingenium* (415:13-16).

Descartes interpretou esta idéia no sentido duplo. Primeiro, trata-se da união da ciência. Descartes viu o *ingenium* como a base da união da ciência, promovida na regra I das *Regulae*: "Todas as ciências são estritamente ligadas entre si" (361:13). Para ele, a união *ingenium* diz respeito a edificar a ciência como uma única estrutura de conhecimento "igual à casa, à cidade e ao código legal, onde as partes não funcionam independentes, mas, como os componentes de uma totalidade maior" (GARBER, 1992, p. 13.). A idéia de união da ciência é uma das idéias principais de Descartes, surgida ainda em 1619 (GOUHIER, 1958; MARION, 1981; GARBER, 1982; ALQUIÉ, 1987; OLIVO, in DEPRÉ, O., LORIES, D.,1997; CARLONI, 1997). Segundo a ela, o *ingenum* enraíza a ciência que resulta dele, na forma do sistema do conhecimento unido. Como se vê das *Regulae*, a questão foi de como vir a construir a união em questão. Descartes chegou a ligar a *matheisis universalis* à concretização da união da ciência (MARSZIEWCKY, 1984; OLIVO, in DEPRÉ, O., LORIES, D., 1997; CARLONI, 1997, FICHANT, 1998). No capítulo 3, vamos discutir como a união da ciência pode ser ligada à *mathesis universalis*.

O outro sentido da união do *ingenium* diz respeito à ligação entre o espírito e o corpo. Esta união consiste na ligação estreita do espírito com o corpo. Tão estreita que Descartes falou do composto espírito-corpo (417: 19), o que inspirou Smith (1952) a usar o termo "espírito incorporado". Como disse Rosemond (in GAUKROGER, 2006, p. 54), Descartes "promoveu a união do espírito e corpo mais que a sua distinção". Desde ele atribuiu os sentidos ao *ingenium* e associou as figuras formadas na imaginação com a razão, o *ingenium* se define pela ligação estrita com o corpo. O *ingenium* parece o composto

---

Pela concepção do *ingenium*, Descartes fez as duas mudanças decisivas. Em primeiro lugar, eliminou a idéia da alma dividida em partes diferentes, e estabeleceu o espírito único. Ele tirou ainda as "funções como nutrição, crescimento ou movimento" (ROZEMOND, in GRAUKOGER, 2006, p. 52) do *ingenium*. Assim, Descartes "formulou a nossa moderna concepção do mental que inclui: percepção sensível, imaginação, sensação, emoção" (Ibid. p. 48)

Mas, a mudança maior foi a atribuição dos sentidos ao *ingenium*. Eles são considerados as funções do espírito. Isto terá as duas conseqüências: o estreitamento da ligação entre o corpo e espírito, e a idéia do compósito, o espírito-corpo, o espírito incorporado. A outra conseqüência está ligada à idéia de que figuras que representam as coisas do mundo externo são formadas na superfície do cérebro, chamada de fantasia, e abordadas pela razão definida como uma faculdade independente dos sentidos e da imaginação.

espírito-corpo. A definição do *ingenium* como composto (espírito-corpo) reflete aquilo que Descartes aprendeu sobre Aristóteles no colégio La Flèche. Quer dizer, esta definição lembra a idéia de Aristóteles de que a alma é definida em termos de diferença e união. “Em De Anima, Aristóteles escreveu que “a alma não é o corpo” (412a16), mas, destacou em seguida que a alma não é separada do corpo” (413a4). Descartes disse exatamente o mesmo na regra XII das *Regulae* (415:13-16 e 417:19). Definiu o *ingenium* em termos de diferença e união. O *ingenium* “não é o corpo” e “mas também não é separado do corpo”, é um composto (espírito-corpo), caracterizado pelo domínio dos sentidos ao *ingenium* (como a faculdade cognitiva) e pela relação da razão com a imaginação (necessária para construir a ciência).

O entendimento do composto pressupõe a especificação do espírito, do corpo e da própria ligação entre eles. Nas *Regulae*, Descartes especificou espírito em termos de faculdades cognitivas (a regra VIII e XII) para definir o *ingenium* em termos de capacidade de conhecimento. Quanto ao corpo, ele o definiu em termos de quantidade geométrica (o inverno 1618-19) identificada com a extensão (a regra XIV). Mas Descartes não explicou a ligação entre o espírito e o corpo, ele somente destacou tratar-se de um composto da estrita união. Além disso, aparece que ele não teve a intenção de dar tal explicação. Isso se comprova na mesma regra XII. No começo desta regra, Descartes indicou os tópicos que seriam considerados e avisou: “eu quero mostrar o que é o espírito humano e o que é o corpo... quais faculdades, servindo para conhecer as coisas, são incluídas no composto, e o que cada uma delas faz...” (411:17-20). Como se vê deste aviso, a lista dos tópicos supostos a ser investigados inclui: o espírito, o corpo, as faculdades cognitivas envolvidas com o composto espírito-corpo e o funcionamento da cada faculdade. Nela, não se encontra a ligação nem a diferença entre o espírito e o corpo. Isso não foi explicado por Descartes, em nenhum texto redigido no período entre 1618-1630. Tal explicação ultrapassa a problemática do conhecimento e abre o caminho para as questões sobre a essência do corpo e do espírito, seu status como duas substâncias, a relação entre as substâncias e a prova da existência do mundo externo. Estas questões são chamadas metafísicas, cujo tratamento não cabe nas *Regulae*. Isto foi o motivo de não ter dado explicação sobre a ligação e da diferença entre o espírito e o corpo? Fica difícil responder esta questão, muito menos estabelecer alguma argumentação completamente sustentável da resposta possível. Portanto, não é a nossa intenção respondê-la, e também nem dar explicação da ligação e da diferença citadas. Claro, isto provoca uma questão: a ausência de tal explicação prejudicaria o entendimento do *ingenium*? A resposta é: não deveria prejudicar, se ficar dentro do quadro desenhado pelas *Regulae*, em que se trata de saber como funciona o *ingenium* na produção do conhecimento. Trata-se de um quadro delimitado pelo funcionamento do *ingenium*, sem sair ao domínio de questões metafísicas. Claro que isto não nega a saída mencionada. Mais do que isso, tal saída parece necessária se pretender não somente explicar o funcionamento do *ingenium* na construção da ciência, mas também esclarecer como é possível ele conhecer em termos matemáticos algo existente fora e independente dele mesmo. Neste sentido, parece razoável afirmar que no ponto onde fecha a problemática das *Regulae*, relacionada ao funcionamento do *ingenium*, abre-se a porta para a metafísica (MARION, 1975, 1991, 2005). Da mesma maneira, a idéia da *mathesis universalis*, surgida dentro da tentativa de explicar o funcionamento do *ingenium* na investigação do mundo externo, fica diante da porta para a metafísica, como veremos no capítulo III.

CAPÍTULO 3 - O USO DA GEOMETRIA NA FÌSICA E A *MATHESIS UNIVERSALIS*

Os capítulos 1 e 2 mostram que a geometria ficar à disposição do *ingenium* na busca do conhecimento sobre a natureza. Ele usa os conceitos de ordem, medida, figura, tamanho, movimento, proporção, etc., quer dizer, os conceitos de geometria na investigação física, para que se possam produzir as idéias claras e distintas sobre os fenômenos naturais. Porem, este uso implica em explicar, como é possível utilizar a geometria pertinente ao pensamento do *ingenium*, no estudo do algo (dos fenômenos naturais) existente no mundo externo. É o problema do uso da geometria na física, que se apresenta como problema central da nova física. Na busca da sua solução, Descartes chegou à idéia da *mathesis universalis*, surgida em meados de 1619 (WEBER, 1964). Ele achou que o físico poderia contar com a *mathesis universalis* para assegurar que o objeto da investigação aparecesse determinado e explicado em termos matemáticos.

A partir daí, conclui-se da o entendimento da relação da física cartesiana à *mathesis universalis* pressupõe a investigação, tanto do problema referido quanto da idéia da ciência concebida para assegurar e clarificar o uso da geometria na investigação dos fenômenos naturais. Além disso, tal investigação comprovaria a tese de que a *mathessis universalis* surgiu em função da solução do problema do uso da geometria na física. Neste capitulo, a intenção é investigar o problema mencionado e a definição de Descartes da *mathesis universalis*. Precisamente, vamos considerar: o problema do uso da geometria na física, o surgimento da idéia da *mathesis universalis* (1619); a definição da ciência promovida pela idéia em questão (1619); e, o desenvolvimento da mesma idéia (1619-1630). Então, o capitulo III será dividido em quatro partes intituladas: O problema; O surgimento da idéia da *mathesis unievrsalis*; A definição; O desenvolvimento da idéia da *mathesis univrersalis*.

3.1. O PROBLEMA

Investigamos a natureza e a solução de Descartes do problema do uso da geometria na física. Trata-se de conhecer: (i) os aspectos essenciais do problema referido, (ii) como Descartes o resolveu, comparando a sua interpretação com aquela de Galileu.

(i) Falando sem dar detalhes**,** o problema mencionado é visto como a questão da relação entre a matemática e a física. Na busca pela resposta, em Descartes, esta questão tomou a forma do problema de explicar como é possível usar a geometria na física. Quanto à própria questão, ela não foi novidade nenhuma quando Descartes começou a discutir a nova física com Isaak Beekman, em Breda. Antes de encontrar Descartes, o próprio holandês tentou ligar a física e a geometria no estudo da vibração de cordas; em 1615, ele aprovou a proporcionalidade inversa da freqüência de vibrações em relação ao comprimento das cordas. A prova foi geométrica, "mas Beeckman utilizou conceitos de física, como a tensão da corda" (VAN BERKEL, 1983, p. 624.). De uma maneira, ele tentou unir a geometria e a física.

Na realidade**,** a questão da relação entre a matemática e a física vem da Grécia antiga. A concepção que dominou até o século XVII foi de Aristóteles, de um filosofo grego. Ele formulou a concepção que permaneceu viva até a época de Descartes. O ponto central desta concepção é que a matemática não pode ser usada na investigação da natureza. Essa foi a conclusão de Aristóteles, após investigar a relação entre a matemática e a ciência sobre a natureza. Como mostra a *Fisica* (II, 2), e a *Metafísica* também (o livro E), Aristóteles considerou a relação entre a matemática e a física, levando em conta a seguinte pergunta: é possível aplicar a matemática à investigação da natureza para assegurar que explicações físicas tenham necessidade e certeza de conclusões alcançadas através de demonstrações matemáticas? Mencionamos que a mesma pergunta foi investigada antes de Aristóteles[97]. Em todo ocaso, considerava-se a possibilidade de explicar os fenômenos naturais de tal forma, que pudessem ser deduzidos das suas causas na forma de conclusões matemáticas. A questão era justamente essa: é ou não possível elaborar explicações físicas (suas causas), caracterizadas pela certeza e necessidade de demonstrações matemáticas? Aristóteles respondeu que não era possível (*Física*, II). Ele dizia que a natureza foi caracterizada pelas qualidades, como o quente, o frio, o seco, etc., que não têm nada a ver com a matemática. Como apontou Koyre (1943, p. 422.), falando sobre Aristóteles: "a

[97] Platão foi que desenvolveu a concepção da relação entre a matemática e a física bem diferente daquela de Aristóteles. Ele acreditou que era possível uma descrição geométrica do mundo físico. Em *Timaeus* (53c-57d), apontou para as características geométricas (tamanho e forma), capazes de assegurar a explicação das qualidades e mudanças do mundo físico.
Mais precisamente, Platão achou que este mundo fosse descritível em termos de sólidos. Segundo ele, estes sólidos, em número de cinco, (ver discussão sobre a geometria no capitulo 1) são determinados por superfícies planas, cuja forma básica é triangular. As formas básicas triangulares são triângulos escalenos e isósceles. Todas as coisas podem ser descritas em termos de triângulos escalenos e isósceles, atribuídos a corpúsculos constituintes de corpos do mundo físico. Como explicou Sorvens (1996, p. 224) "A estrutura geométrica destes corpúsculos definem qualidades perceptíveis, como agudeza ou aspereza do ângulo, tamanho etc." Portanto, a conclusão é que a geometria pode ser usada para descrever a natureza. Qualidades sensíveis podem ser descritos por meio de formas e números (*Timaeus*, 53b4-7).

natureza não está de acordo com o rigor e a precisão de conceitos matemáticos". Quer dizer, desde a natureza envolve qualidades sensíveis, ela não pode ser explicada em termos quantitativos, então em termos matemáticos[98]. Tais qualidades não atendem ao rigor e à precisão de conceitos e demonstrações matemáticos. Como foi dito, Aristóteles concluiu que não haver o uso da geometria na investigação da natureza.

Esta conclusão de Aristóteles chegou ao século XVII. Beeckman, Mersenne, Galileu, Descartes e outros que buscavam a nova física, souberam que deveriam excluir da natureza todas as qualidades sensíveis (cor, seco, frio, quente, etc.) para assegurar o uso da geometria na física. Assim foi afastada a ameaça ligada às quantidades sensíveis, aquela que motivou Aristóteles tirar a conclusão acima citada. Justamente esta foi a façanha de Beeckman, Galileu e Descartes. Claro, estamos interessados em ver como Descartes fez isto.

O primeiro passo dele na direção da nova física foi identificar a natureza e a quantidade, a partir da idéia de que a matemática poderia ser usada na física, e reduzir a natureza a quantidades geométricas e suas características reconhecíveis e compreensíveis pelo *ingenium,* com base no uso dos conceitos de geometria na investigação física. A natureza fica livre de qualidades sensíveis; é reduzida às quantidades geométricas tratadas por meio da matemática. Assim, abriu se o caminho para a física matemática. Deste modo, Descartes transformou a pergunta herdada do passado: é ou não possível usar a matemática

---

[98] Na nossa discussão atual damos atenção às qualidades sensíveis não tratáveis em termos de matemática. É um fato que conduziu Aristóteles à conclusão de que a matemática não poderia ser usada na física. Assinalamos que o esclarecimento completo de tal impossibilidade inclui a teoria da incomunicabilidade dos gêneros. Segundo a esta teoria, os objetos da física e da matemática pertencem aos gêneros diferentes do ser. Isto acaba por separar a física e matemática, no sentido de que não deve ser falado de qualquer tipo da sua ligação. Ou, não há a relação entre estas duas ciências, capaz de assegurar o uso da matemática na física. Tal conclusão se encontra tanto na *Metafísica* quanto na *Física* de Aristóteles.
Na *Metafísica* (E, 1025[b], 1, 20), Aristóteles explica que a física se refere ao gênero do ser distinguido pelo movimento e repouso, ao passo que a matemática é "uma ciência de seres imóveis" (Ibid., 1026[a,] 1, 10). Na *Física* (II, 2), insistindo na diferença nos objetos da matemática e física, ele explicou:

> O ponto seguinte é a ser considerado para distinguir a matemática da física.
> Ao passo que a geometria investiga linhas físicas mas não como físicas, a óptica (física) investiga linhas matemáticas, mas como físicas, não como matemáticas.
> Obviamente, corpos físicos contém superfícies e volumes, linhas e pontos, é o objeto da matemática.

Pontos, linhas, superfícies e volumes encontráveis nos corpos físicos pertencem à matéria caracterizada pelo movimento. Daí, a física os investiga como físicas, quer dizer como algo envolvido nas coisas que mudam em movimento. No caso da geometria, ela os investiga como não físicas, ou seja, como "seres imóveis". Ambos, o físico e o geômetra, investigam pontos, linhas, superfícies e volumes, mas o físico os vê como envolvidos no mundo material sujeito à mudança, ao movimento (o processo de mudança).

na física? Para a seguinte questão: como é possível usar a geometria na física? Em outras palavras, Descartes assumiu que a explicação física poderia ter a certeza e a necessidade de *mathematice demonstrari*. A regra II confirma isto, ele a concluiu dizendo: "aqueles que buscam o caminho certo da verdade não devem se ocupar com algum objeto sobre o qual não têm a certeza tal como as demonstrações da Aritmética e Geometria" (367:6-8). Concluindo isto, Descartes se recusou a restringir *mathematice demonstrari* na geometria abstrata, como fizeram Aristóteles e os escolásticos. Tais demonstrações podem servir para explicar como os fenômenos naturais resultam das suas causas[99]. Descartes acreditou que as explicações físicas teriam de tomar a forma de *mathematice demonstrari.* Para ele, a questão não foi se ou não ficasse possível usar *mathematice demonstrari* na física, mas, sim a questão de explicar como isto seria possível. Assim, a questão da relação entre a física e a matemática, em Descartes, surgiu na forma do problema de explicar como é possível aplicar os conceitos geométricos à natureza.

Pelo aquilo que foi dito, pode-se ver como o problema referido surgiu ligado à questão da relação da matemática com a física, originada ainda na Grécia antiga e mantida em discussões até a época de Descartes. Porém, dizer isto não significa ainda especificar o próprio problema. Não significa indicar os seus aspectos essências capazes de mostrar a sua natureza. Logo apontamos dois aspectos. O primeiro se refere à relação do objeto ideal da geometria com a natureza existente fora e independentemente do pensamento humano[100]. Esta relação se resume à lacuna entre a geometria e a natureza. Para ter a física

---

[99] Como já foi dito no capitulo 1, m*athematice demonstrari* podem ser usadas na investigação da natureza,, mas precisam ser adaptadas ao fato de que a física visa à explicação das causas dos fenômenos observados. Neste sentido, Descartes diferenciou os dois tipos de demonstrações físicas, efetuadas na forma de demonstrações matemáticas. Primeiro, são as demonstrações que explicam efeitos, mostrando como algum fenômeno investigado pode ser compreendido a partir da certa hipótese sobre efeitos procurados. Outro tipo de demonstrações compreende á aprovação de uma hipótese no sentido de ser confirmada pelo fenômeno mesmo.

[100] Na investigação física, esta relação se manifesta na diferença entre figuras perfeitamente regulares da geometria abstrata e figuras irregulares reconhecidas na natureza. Linha, triângulo ou circulo são reconhecidos na natureza, mas não são figuras perfeitamente regulares da geometria. A partir daí, surge a questão de explicar como é possível tratar figuras irregulares da natureza em termos de figuras perfeitamente regulares e existentes no pensamento do *ingenium*. É a questão da relação entre o objeto ideal da geometria e os fenômenos naturais sujeitos à investigação física.

Aqui lembramos que Descartes resolveu esta questão com base em duas pressuposições: (1) identificar a figura com extensão, e (2) estabelecer princípios, que admitam e expliquem o uso da geometria na investigação da natureza. Em outras palavras, ele afirmou que: (1) a natureza = a quantidade = a extensão, e (2) deveria haver a *mathesis universalis*.

Quanto a Galileu, no *Diálogo sobre duas novas ciências*, ele insistiu que esta questão poderia ser resolvida pela medição, ignorando irregularidades das figuras reconhecidas na natureza. Para Galileu, a questão não é a relação entre o objeto ideal da geometria e os fenômenos naturais, mas sim trata-se de medir precisamente fenômenos sem se preocupar com irregularidades das figuras reconhecidas nos fenômenos investigados.

matemática, a lacuna deve ser atravessada. Como? A questão é esta. Ora, o problema do uso da geometria na física consiste em explicar como é possível atravessar a lacuna apontada, como é possível passar da geometria para a natureza e nela encontrar aquilo que pode ser tratado e explicado em termos de figuras geométricas e equações algébricas.

O outro aspecto essencial do problema considerado é ele aparecer somente do ponto de vista do *ingenium.* Na regra I das *Regulae,* Descartes estabeleceu que o *ingenium* produzisse a ciência (359:11-12). O *ingenium* é capaz de alcançar o conhecimento "certo e indubitável" por empregar suas faculdades cognitivas dentro da sua capacidade de conhecer (*vis cogniscence*) matematicamente a natureza. Isto significa que a natureza fica conhecida sob o aspecto específico do próprio *ingenium* responsável pelo conhecimento. Este aspecto diz que o *ingenium* é *mathematicum.* O *ingenium* é matemático: na investigação da natureza, suas faculdades cognitivas visam às quantidades e características geométricas nos fenômenos investigados. Ou, estes são investigados sob o aspecto do *ingenium* sendo *mathematicum*. Como matemático, o *ingenium* usa aquilo que tem à disposição: a geometria, e a aplica aos fenômenos para torná-los compreensíveis, de acordo com o aspecto '*mathematicum*'. Mas, o *ingenium* enfrenta o problema de explicar como se pode usar a geometria e aplicá-la a algo existente e fora dele. Assim, o problema do uso da geometria na física expressa o fato de que a natureza é investigada sob o ponto de vista do *ingenium,* entendido como *mathematicum.* A sua solução é a condição da edificação da física matemática. Isso trazido para os dias de hoje, se torna um problema epistemológico, um problema referente à possibilidade do conhecimento sobre a natureza.

(ii) Agora vamos á questão: qual caminho foi seguido por Descartes na busca da solução do problema do uso da geometria na física? A nosso ver, esta questão é da importância decisiva para o entendimento da *mathesis universalis* e sua relação com a física. Por causa de que o caminho adotado determinou a própria solução do problema mencionado. Foi o caminho que levou Descartes á idéia da *mathesis universalis.*

Pretendemos responder a questão acima colocada, olhando para a solução de Galileu do mesmo problema. Descartes buscou pela solução do problema a partir da idéia de que o aspecto essencial do mesmo problema é a relação entre o objeto ideal da matemática e os fenômenos naturais. Este foi o caminho que consistia em esclarecer como é possível tal relação, uma vez que ela se define em termos da lacuna entre a geometria e a natureza. Saber isto é solucionar o problema do uso da geometria na física. Descartes acreditou que tal solução consiste em um conjunto de princípios igualmente válidos, tanto para a geometria quanto para a natureza. São princípios que tornam possível o uso da geometria na física. Se o *ingenium,* responsável pela ciência (a regra I), pudesse usar a geometria na física, deveria haver princípios igualmente válidos para a geometria e a natureza. Descartes pensava: são os principios que fundamentam e explicam o uso da geometria na física. Eles clarificam como a geometria pode ser usada na investigação da natureza. Com tudo isto em mente, Descartes concluiu que descobrir estes princípios e colocá-los à disposição do *ingenium,* significaria resolver o problema do uso da geometria na física. Tal tarefa cabe à *mathesis universalis*. Esta, parece ser a solução do problema em questão.

Então, a busca de Descartes da solução do problema referido se concentra a dois tópicos chaves: aos principios válidos para qualquer quantidade, ou validos para a natureza e a geometria, e à idéia da *mathesis universalis,* de uma ciência capaz de fornecer tais princípios e assegurar o uso da geometria no estudo dos fenômenos naturais. Não há dúvida, o foco da solução cartesiana refere-se à relação capaz de ligar o objeto ideal da matemática e os fenômenos naturais.

O que está em jogo pode ser visto sob a luz da consideração da solução do mesmo problema por Descartes e Galielu. Tal consideração se impõe pelos seguintes fatos: a) são as soluções diferentes e mais importantes da primeira parte do século XVII; b) Descartes fez o comentário sobre a solução de Galileu, na carta de 11 outubro, de 1638, criticando o italiano por não explicar a relação mencionada; c) a solução de Galileu prevaleceu e permaneceu viva até os dias de hoje. Lembramos do amigo de Descartes, Beeckman, interessado também por ligar a física e a matemática. No entanto, ele estava mais preocupado com a descoberta de fórmulas matemáticas, usáveis na investigação dos problemas físicos e com o uso “de conceitos matemáticos simples e elementares” (VAN BERKEL, 1983, p. 622), do que com a busca dos princípios, capazes de assegurar a união entre a geometria e a física.

Descartes e Galileu tinham a mesma idéia: edificar uma nova física, capaz de explicar a natureza por meio da matemática. Igualmente, assumiram que a explicação física pode alcançar a certeza e a necessidade de *mathematice demonstrari.* Eles enfrentaram o problema exatamente igual: o uso da geometria nos estudos dos fenômenos naturais. No entanto, as soluções do problema foram diferentes, como explicou Descartes, na carta de 11 de outubro de 1638. Primeiramente, ele aprovou a idéia de Galileu de “explicar os assuntos físicos dentro da matemática” (AT, II, p. 380:6). Depois de aprovar isto, Descartes discordou de Galileu em dois pontos.

Primeiro, ele insistia na explicação da relação entre o objeto da matemática e a natureza. Como se pode ler na regra XII das *Regulae,* Descartes pretendeu explicar "a indústria humana" na produção do conhecimento sobre a natureza, cujo ponto central era, pensava ele, a relação da geometria com a natureza. Descartes achava que Galileu não explicou a relação entre o objeto ideal da matemática e fenômenos naturais. Para Decartes, isto siginficou que Galileu não contava com princípios serem estabelecidos pela *mathesis universalis.* Para Descartes, parecia que Galileu partiu do problema do uso da geometria e esqueceu seu essencial: a realçao entre o objeto ideal da matemática e a natureza. Este foi um ponto da discordância entre eles.

Então, o que fez Galileu? Perguntou-se Descartes, e ao mesmo tempo respondendo que Galileu ficou limitado a casos particulares e se concentrou na medição dos fenômenos investigados. Como mostra D*iálogo sobr a duas ciências* de Galileu, isto foi o foco da explicação matemática. Daí, tal expliação se resume à precisao da medição. O objetivo é conseguir dados mais precisos para serem usados nas fórmulas matemáticas, que descrevam fenômenos particulares e que essas fórmulas possa ser confirmadas pelo experimento. Assim pensava Galileu. Descartes não confirmou isto. É o outro ponto da discordância na solução de Descartes e Galileu.

A conlusão de Descartes é que Galileu se ateve somente aos fenômenos particulares e sua medição, para obter dados precisos a serem usados nas fórmulas matemáticas e na descrição matemática da natureza. Para Descartes, fazer isto não significou explicar como foi posível o uso da geometria na física. Ele afirmou que o resultado foi que Galileu não podia dar a explicação dos fenômenos naturais a partir dos princípios igualmente válidos para a geoemtria e a natureza. Descartes apontou isto na carta de 11 de outubro, de 1638, direcionada ao amigo Mersenne, dizendo que o italiano "somente procurou as causas de alguns efeitos particulares" (Ibid., 380:14-15) sem esclarecer, em que seria baseada a possibilidade do seu tratamento matématico. Portanto, Galileu tentou edificar a fisica "sem o fundamento" (Ibid., 380:16). Quer dizer, sem explicar a relação entre o objeto ideal da matemática e os fenômenos naturais, no sentido de mostrar como seria possível associar a geometria e natureza. No lugar disso, concluiu Descartes, Galileu insistiu na medição dos fenômenos particulares, para alcançar dados numéricos usados nas fórmulas matemáticas.

Ora, Galileu e Descartes começaram a tratar o mesmo problema na tenativa de explica, como a geometria poderia ser usada na investigação da naturerza. Deram duas soluções diferentes, partindo da mesma idéia de que a geometria poderia ser usada na física, tratando de natureza, identificada com a quantidade compreensível em termos de geometria. As diferenças e as semelhancas destas duas soluções apresentamos a seguir:

Descartes	*Galileu*
Corpos = quantidades envolvidas neles	Corpos = qunatidades envolvidas neles
A natureza compreensível em termos de geometria	A natureza compreensível em termos de geometria
Tirar dos fenômenos naturais todas as caracteristicas que impedem a aplicação da geometria à natureza	Tirar dos fenômenos naturais todas as caracteristicas que impedem a aplicação da geometria à natureza
Nos fenômenos investigados, reconhecer figuras geometricas a partir da geometria. O problema do uso da geometria na física	Nos fenômenos investigados, reconhecer figuras geométricas a partir da geometria. O problema do uso da geometria na física
A relação entre o objeto ideal da matemática e os fenômenos concretos da natureza	A medição dos fenômenos singulares
Revelar princípios válidos para a natureza e a geometria. Estabelecer *a mathesis universalis* capaz de assegurar e explicar a travessia da lacuna: geometria- natureza.	Fazer cálculos sobre o fenômeno particular a partir dos dados obtidos na medição. Usar fórmulas matemáticas para descrever o fenômeno investigado.

Tabela 3.1

Descartes e Galileu

Da figura 3.1, percebe-se que Descartes e Galileu adotaram a idéa da identificação entre a natureza e quantidade geométrica, e tiveram a convicção de que os fenômenos naturais fossem somente compreensíveis por meio da matemática. Deste modo, eles consideravam a natureza livre de todas as caracteristicas que inibisse o uso da geometria na física (as características sensíveis, como o frio, o úmido, o quente, etc.). A partir daí, é possivel reconhecer figuras geométricas. O reconhecimento destas figuras acontece pelo uso dos conceitos de geometria. Surge o problema do uso da geometria na física. Ate aqui, não há diferença entre Descartes e Galileu. Mas, a estratégia adotada para tratar o problema foi diferente, o que pode-se ver da figura 3.1. Como assinalou Garber (1988, p. 229): "A estrategia de Descartes foi começar, não com problemas particulares, mas, iniciar com os princípios intuitivamente alcançados, que fundamentassem o resto, e avançar deles a direção dos assuntos mais partculares" São os princípios da *mathesis univrsales*, que asseguram e explicam a relação entre o objeto da matemática e os fenômenos naturais, e que fazem a fisica ser capaz de explicar todos os fenômenos da natureza (AT, X, p. 70:10-11), a natureza como um todo.

Para terminar a discussão sobre a solução do problema do uso da geometria na física, restou a seguinte pergunta a ser respondida: qual importância dela para Descartes? A importância não se resume apenas na comprovação da possibilidade de construir a física matemática. O problema foi envolvido num projeto maior, o projeto de "buscar o que é o conhecimento humano e até aonde se estende" (397:27-28). Tal busca visa à investigação de como é possivel alcançar "um conhecimento certo e indubitavel" de todas "as coisas contidas no nosso universo, para conhecer de que maneira cada uma delas está sujeita à investigação feita por nosso espirito" (398:14-16). O ponto central desta busca é explicar como é possivel a física matemática. Descartes acreditou, que por saber como é possivel a ciência matemática sobre a natureza, ou entender em que consiste a solução do problema do uso da geometria na física, o homem poderia conhecer o que seria a ciência, e até a onde ele chegaria na tentativa de realizá-la.

Tentando mostrar como é possivel a ciência, Descartes ter combatido a doutrina que negou que o homem fosse capaz de alcançar o conheciemento certo e indubitável: o ceticismo[101]. O seu argumento decisivo contra o ceticismo é a comprovação da possibilidade da edificação da física matemática, que pressupõe a solução do problema do uso da geometria na investigação da natureza. Neste contexto, esta solução podia servir como um argumento contra o ceticismo. Quanto ao ceticismo, trata-se de uma filosofia surgida ainda na antiguidade. O filósofo Pirro afirmou que o homem deveria desistir do julgamento sobre o que é verdadeiro e falso, ou certo e errado. Simplesmente não é possivel saber isto. Para ter a paz de espirito é melhor abster-se de julgar sobre aquilo que não pode ser conhecido. Segundo aos céticos, tanto da antiguidade quanto do século XVII,

---

[101] No livro *Quod nihil scitur* (Que n*ada é conhecido*, 1581), o filósofo português Francisco Sanches explica: "não é possível saber nada, nem estabelecer fundamentos daquilo que se chama "conhecimento', muito menos "conhecimento perfeito' (in AEIEW, R.; COTTHINGAM, J.; SORELL. T., 1998, p. 16)". Primeiro, "Isto é um fato do qual não sei nada - nem isto eu sei" (Ibid., p. 12). Para provar tal afirmação, Sanches investigou a palavra 'conhecimento' para mostrar que aquilo que ela denota não tem nada a ver com o conhecimento. Para Sanches tratava-se de não achar nenhum fundamento naquilo que se dá o nome de conhecimento. Conhecimento é nada mais que um conjunto de silogismos os quais "nenhuma ciência procede deles; eles conduzem muitas ciências a erros e confusões" (Ibid., p. 14).

Por insistir até às ultimas conseqüências da afirmação que nada é conhecido, Brehier (2004, p. 691), chamou *Quod nihil scitur* o breviário do ceticismo. Junto com Montaigne, Sanchez foi a figura mais importante do ceticismo do século XVI.

Arriew; Cottingham, Sorell (1998, p. 8) apontaram para o fato de que Sanchez abordou vários temas considerados por Descartes algumas décadas depois. Como: o ataque contra o jargão filosófico tradicional, a futilidade de silogismos, a idéia da dúvida, e etc.

a impossibilidade de ter o conhecimento certo vem do hiato entre os fundamentos estabelecidos para um conjunto de conhecimentos considerados verdadeiros e o mesmo conjunto de conhecimento. (GRAYLING, in BUNNIN, N.; TSUI-JAMES, E.P., 2007, p. 56). O que significa que os fundamentos estabelecidos não são capazes de assegurar a certeza e a veracidade do conhecimento, visto como baseado neles. Os céticos afirmaram que não era possível achar fundamentos que pudessem assegurar a certeza e a veracidade do conhecimento. Havia um hiato entre o conhecimento e seus fundamentos, um hiato sem a solução. Claro, tal concepção cética mina a idéia de Descartes, de que a ciência é "um conheciemnto certo e indubitável". Até mostra que o problema do uso da geometria na física não tem sentido nenhum, ou é apenas um problema falso. Certamente, isto não foi aceitável dentro da perspectiva da idéia de que o homem poderia alcançar o conhecimento certo e indubitável. Este era o motivo para Descartes combater o ceticismo que foi uma doutrina influente em sua época, graças à importância de Michel de Montaigne[102] para a tentativa de ver o homem, o conhecimento e o mundo de luz diferente daquela dos escolásticos.

3.2. O SURGIMENTO DA IDÉIA DA *MATHESIS UNIVERSALIS*

A investigação deste tópico é decisivo para provar que a idéia da *mathesis universalis* surgiu em função da determinação do objeto da física matemática. Ela dá a entender as questões essenciais ligadas à idéia da *mathsis universalis* e à relação entre a física cartesiana e a ciência promovida por mesma idéia. São as seguintes questões: a datação do surgimento da idéia da *mathesis universalis,* as condições do surgimento mesmo, e o desenvolvimento da referida idéia, entre 1619-1630. Estas questões são essenciais no sentido de expressar o âmago da problemática da *mathesis universalis* e da sua relação com a nova física.

---

[102] Para Descartes, a doutrina de Montaigne foi interessante pela idéia de colocar o sujeito no foco da consideração. Nos *Ensaios* (III, 8), Montaigne escreveu: "Eu ouso não somente falar de mim, mas falar somente de mim". Na avaliação das ciências, Montaigne chegou a concluir, que se a ciência tivesse algum valor, ela viria do homem que a usasse. Também, questionou a certeza da ciência por analisar várias ciências, mostrando que elas não chegaram a nenhuma certeza, nem ajudar o homem na sua vida cotidiana (*Ensaio*, II, 12). A própria geometria foi reprovada sob pressão da verdade da experiência.

3.2.1. A datação

Quanto à datação da idéia da *mathesis universalis*, temos de considerar as duas datas. A data do surgimento da idéia da *mathesis universalis* e a data da redação da regra IV-B, em que se encontra a definição da ciência promovida pela idéia em questão. Cada uma destas datas tem a sua importância na consideração da problemática da *mathesis universalis*. A primeira data aponta para a problemática ligada às condições do surgimento da idéia da *mathesis universalis.* São condições que mostram que a idéia da *mathesis universalis* surgiu estritamente ligada à busca da solução do problema do uso da geometria na física. Com respeito à segunda data, ela se torna importante para a problemática da relação entre a *mathesis universalis* e o método. O fato de que a regra IV-B ter sido composta antes do surgimento da idéia do método usável tanto na física quanto na matemática, serve para argumentar a tese de que a *mathesis universalis* e o método não podem ser identificados. É a tese adotada neste estudo. Será considerada e comprovada no seguinte capítulo.

Nesta investigação, adotamos as datas estabelecidas por Weber (1964). No livro *La constituion du texte des Regulae*[103] (*A constituição do texto das Regulae*), Weber discutiu a data do surgimento da idéia da *mathesis universalis* e a data da redação da regra IV-B. Aceitamos as datas estabelecidas por Weber. Serão usados ao longo do nosso estudo. Portanto, parece conveniente conhecer, em primeiro lugar, a problemática da datação estabelecida por Weber.

A data do surgimento da idéia da *mathesis universalis*. Sobre este surgimento, Weber escreveu (Ibid., p. 15): "A primeira menção de uma 'ciência matemática geral' comparada com a *Mathesis universalis* acha-se na carta endereçada a Beckmeen, em 26 de março, de 1619". Nesta carta, já se sabe, Descartes falou da "*scientia penitus nova*", ciência completamente nova, graças a qual poderiam resolvidos todas os problemas, "que envolvem qualquer quantidade" (AT, X, p. 157:2). Naquele momento, tal ciência[104] não foi

---

[103] Weber fez um estudo minucioso das *Regulae* com o objetivo de identificar a data da redação do texto que ficou inacabado, abandonado em 1628 e sem a indicação precisa da data da sua constituição. Ele apontou para as partes das *Regulae* que foram escritas entre 1619-20 e 1625-1628. No capítulo XII do seu estudo (A historia do texto das *Regulae*), ele apresentou a lista das datas da redação de todas as partes das *Regulae*.

[104] Weber achou que a *scientia penitus nova* compreendesse apenas a álgebra e a geometria. Portanto, ela é menos universal em relação à *mathesis universalis*, relacionada a todas as ciências matemáticas (mecânica, óptica, música etc.). Weber (1964, p. 17) concluiu que, no caso da *scientia penitus nova*, ainda não podia-se falar da "*mathesis univrsalis* de IV-B".

vista como a *mathesis universalis*. Ele escreveu mais três cartas a Beeckman até 29 de abril do mesmo ano. Em nenhuma delas se encontra alguma noticia sobre a ciência anunciada na carta de 26 de março. O que significa que a idéia da *mathesis universalis* deveria surgir após o mês de abril. Weber viu este mês como uma data limite que deveria ser considerada na investigação da data do surgimento da idéia em questão. A outra data de limite é 10-11 de novembro de 1619, quando apareceu "a idéia de um Método realmente universal" (Weber, Ibid., p. 17). Esta data é comprovada com base nos *Olympica*[105], em que Descartes realatou o sonho ligado ao surgimento da idéia de um método universal, aplicável a qualquer ciência. Com as duas datas citadas em mente, Weber (Ibid.) concluiu que "a idéia de uma matemática universal podia ser concebida entre abril e novembro daquele ano".

Assumimos a data de Weber, porém, não dexamos passar os dois pontos da interpretação de Weber: a *mathesis universalis* é a matemática universal, e a ausência do registro da ligação com a física-matemática. O ponto central da interpretação de Weber (Ibid.) é a tese de que a *mathesis universalis* parece uma ciência puramente matemática, a ciência geral e abstrata sobre a 'ordem' e a 'medida'". Portanto, "os domínios da Matemática universal e da 'Matemática' coincidem" (Ibid., p. 8). Na realidade, pelo fato de que a *mathesis universalis* era definida como ciência referentes "a todas as coisas em que pode-se examinar uma certa ordem e medida" (377:22-378:1-2), Weber (Ibid.) concluiu que ela apresentasse a matemática universal, "orientada exclusivamente às ciências matemáticas". Daí, ele traduziu o termo '*mathesis universalis'* como 'matemática universal'. Como foi dito, não adotamos a tese, nem a tradução de Weber do termo referido. A nosso ver, o uso o termo '*mathesis universalis'* pode ser mais apropriado à *mathesis universalis,* vista como não idêntica à matematica universal. É um modo de evitar a tradução baseada no uso do termo 'matemática' para transmitir o significado do termo '*mathesis*'. Tal tradução foi comum no século XVI e na época de Descartes, mas também nos tempos após o século XVII, como mostra o caso de Weber (1964). Schuster (in GAUKROGER, 1980; in VOSS, 1993), apesar de não identificar a matemática e a *mathesis universalis*, usou também o termo 'matemática universal'. Vamos empregar o

---

Recusamos essa interpretação, sabendo que Descartes não pensou somente na àlgebra e geometria, quanto à *scientia penitus nova mathesis universalis.* Ele tinha em vista, certamente, a física e quantidade identificada com a natureza. Isto comprova a carta citada, em que se fala da a *scientia penitus nova* como uma ciência sobre quantidade em geral, inclusive aquela reconhecível na natureza.

105 Sobre o assunto ver: Adam e Tannery (v. X, p. 173-188): Gouhier (1958, o capítulo II).

termo em sua forma original.

O outro ponto da discordância com a interpretação de Weber refere-se à exclusão da problemática, ligada à física-matemática. Weber não considerou a *mathesis universalis* em relação à idéia da nova física. Diferente de Weber, assinalamos que a *mathesis unievrsalis* surgiu na busca pela nova física, com a finalidade de ser ligada à determinação do seu objeto matematicamente explicada. Não apenas isto, a idéia desta ciência fica incompreensível se não ser ligada à problemática da física-matemática.

Sem assumir as teses de Weber acima citadas, consideramos a data do surgimento da idéia da *mathesis universalis*, estabelecida por ele, aceitável e comprovada com base nos fatos referentes às cartas de Descartes a Beeckman, e na anotação dos *Olympica* sobre o surgimento da idéia do método geral.

A data da redação da regra IV-B. A outra data importante para investigação da *mathesis universalis* é ligada à redação da parte B da regra IV. Weber (Ibid. P. (16) afirmou: "a regra IV-B foi "redigida entre meados de outubro e começo de novembro de 1619". A sua argumentação se apóia nos fatos referentes á viagem após o abril de 1619. Ele constatou que, ao longo desta viagem, Descartes retomou suas reflexões filosóficas e científicas na segunda parte do mês de setembro do mesmo ano. O que significa que a regra IV-B não foi, de maneira nenhuma, redigida antes de meados de outubro (Ibid., p.16). Para definir a datação desta regra, Weber pensou em 10-11 de novembro, quando surgiu a idéia do "Método universal" (de acordo com os *Olympica*). Daí, ele concluiu que a regra IV-B foi "redigida entre meados de outubro e começo do novembro de 1619" (Ibid.).

Mencionamos que tal data da regra IV-B serviu para que Weber provasse que a *mathesis universalis* seria diferente do método. Ele insistiu na tese de que a redação da regra IV-B deveria preceder o surgimento da idéia do método aplicável em todas as ciências. A tese se baseia nos fatos acima já discutidos: as cartas de Descartes a Beeckman e a notação nos *Olympica*, que comprovam que a redação da regra IV-B coube antes de surgir a idéia do método universal. Como um fato, esta redação confirma que a *mathesis universalis* não teve algo comum com o método no momento do seu surgimento. Então, a data da redação da regra IV-B funciona como um argumento para sustentar a tese de que "a matemática universal é bem anterior à concepção do Método universal" (Ibid., p. 10). Segundo Weber (Ibid., p. 11), "a concepção do Método universal" foi desenvolvida somente após novembro de 1619, depois do surgimento da idéia da *mathesis universalis.* Weber continou dizendo: "IV-B é igualmente anterior à descoberta do Método...resumimos a matemática universal, não há nada em comum com o Método universal". Desde que IV-B precede ao método, ele concluiu que tratavam-se de duas coisas diferentes: a *mathesis universalis* não seria o método. Aceitamos esta tese e a sua argumentação.

Depois de considerar a data do surgimento da idéa da *mathesis universalis* e da redação da regra IV-B, vale à pena demonstrar o conjunto de datas e acontecimentos ligados ao ano de 1619, a seguir:

Data	*Acontencimento*
26 de março de 1619	A carta de Descartes a Beeckman. A idéia sobre uma "*scientia penitus nova*" (AT, X, p.156)
O abril – o novembro de 1619	O surgimento da idéia da *mathesis universalis* (Weber, 1964, p. 17)
Em meados de outubro – e começo de novembro de 1619	A redação da regra IV-B. Anotada a idéia da *mathesis universalis*.(Weber, Ibid.)
10-11 de novembro	O surgimento da idéia de um "Método universal" (Weber, Ibid., p. 3 e 11).

Tabela 3.2

Datas e acontecimentos (1619)

As datas e os acontecimentos citados desenham o quadro dentro do qual consideramos o surgimento da idéia da *mathesis universalis,* inclusive também a relação entre a *mathesis universalis* e o método.

3.2.2. As condições do surgimento da idéia da *mathesis universalis*

Schuster (in GAUKROGER, 1980, p. 41) descreveu as condições do surgimento da idéia da *mathesis universalis* da seguinte forma: "A concepção de Descartes da disciplina foi condicionada pelas discussões tradicionais sobre a existência de uma matemática 'geral', ou 'comum', e pelo seu atual trabalho e aspiração na matemática e naquilo que ele chamou 'físico-matemática'. A observação de Schuster aponta para os fatores da maior importância para o surgimento e a formulação da idéia da *mathesis universalis*: (i) as discussões sobre a *mathesis universalis* na primeira parte do século XVII, herdadas do século XVI, e (ii) os estudos matemáticos de Descartes e a idéia da nova física.

Vamos investigá-los com a finalidade de mostrar como surgiu da *mathesis universalis*.

(i) Certamente, Descartes ouviu falar da *mathesis universalis*. Isto aparece compreensível quando se sabe que o tema da *mathesis universalis* foi comum nas discussões de matemáticos e pensadores que buscavam novos caminhos e a união do conhecimento humano, Descartes foi um deles.

O tema foi herdado do século XVI, em que a fonte principal usada para formular a ideia da *mathesis universalis* foi *O Comentário do primeiro livro dos Elementos de Euclides* de Proclus. `Porém, a idéia de uma ciência geral sobre quantidade atribui-se a Aristóteles. A idéia dele foi elaborada e transferida, graças ao *Comentário* de Proclus, até o século XVI, quando surgiu a concepção da *mathesis universalis*. Portanto, antes de apresentar como a *mathesis universalis* foi entendida no século XVI, e na época de Descartes, temos de apelar para a idéia de Aristóteles e para o O *Comentário* de Proclus.

A idéia da ciência geral de Aristóteles. Na *Metafísica* (E, 1, 1026^{a}, 25-27), Aristóteles falou que seria possível considerar uma "ciência geral sobre todas as coisas", uma ciência sem ligação alguma ao objeto específico como, por exemplo, "a geometria e a astronomia que se referem à natureza de certo tipo"(Ibid.), mas, referente à quantidade comum para "todas as ciências". Por ter em vista tal ciência, ele achou que haveria um princípio "comum a todas as quantidades" (K, 4, 1061^{b}, 20-21). É a proporção.

Aristóteles apontou para a possibilidade de uma ciência geral, que contivesse princípios de todas as ciências, cujo objeto envolvesse quantidades interligadas na forma de proporções; são as ciências matemáticas como a geometria, a aritmética, a astronomia, a mecânica etc. Ele ressaltou que essa ciência tratasse de maneira geral os objetos da ciências particulares, isto é, em relação a algo comum para todos. Tal tratamento é possivel porque há "semelhanças existentes entre coisas que pertencem a gêneros diferentes"[106] (*Tópicos*, I, 17, 108^{a}). As semelhancas se referem à proporção. Esta é comum para todos os objetos envolvidos com quantidades. Ela perpassa pelas diferenças dos gêneros sem abolir diferenças mesmas. Daí, abre-se o caminho para uma ciência geral

---

[106] Claro que Aristóteles pensou na ciência geral no quadro de teoria dos gêneros. Ele não negou esta teoria por falar de uma ciência que aborda os objetos pertinentes a gêneros diferentes, mas vistos de forma que admite achar semelhanças entre eles.

Lembramos que a teoria dos gêneros se baseia na idéia de que todas as coisas existentes pertencem a algum gênero diferente do ser, cuja essência faz as coisas como elas são. O conhecimento das coisas está determinado pelo tipo de gênero. Como gêneros, por definição, são incomunicáveis, Aristóteles concluiu a incomunicabilidade de ciências, isto é, a impossibilidade de usar conceitos ou método de uma ciência no domínio da outra. Daí, não é possível construir a física matemática.

Na *Metafísica* (1024^{a}, 29-b 10) Aristóteles explicou que "gênero" se refere a seres da mesma espécie, à base das diferenças entre coisas e o essencial das noções ou definições (das coisas).

que poderia abordar todas as coisas, cuja semelhança reside nas proporções sem se importar com o tipo de quantidades (números ou figuras) envolvidas com elas. Temos a idéia de uma ciência geral que forneça princípios comuns a todas as ciências matemáticas particulares que estudem objetos específicos (números, figuras, astros, máquinas, etc). Aristóteles "admitiu, perfeitamente, que os princípios ligados às quantidades revelam uma matemática não particular, mas bem universal" (MARION, 1981, p, 63). Trata-se de uma ciência geral baseada na proporção, quer dizer, em algo comum para todos os objetos distinguidos pela qunatidade.

A idéia de Aristótels da ciência geral sobre quantidade foi elaborada no livro "*O comentário do primeiro livro dos Elementos de Euclides de Proclus*, em forma de idéia da Matemática Geral.

A Matemática Geral de Proclus. No capítulo III do Livro I, Proclus definiu a ciência noemada no capitulo VII, como a Matematica Geral:

> Temos de anotar estes princípios comuns e saber que eles permeiam todas as classes de objetos matemáticos. Por esta razão, vamos enumerar os simples princípios que são comuns para todos eles, isto é, os princípios gerados por uma única ciência que envolve de mesmo modo todas as formas do conhecimento matemático;.... tratam-se dos teoremas que governam proporção...(Livro I, o capitulo III, 7)

A definição citada contém a idéia que atraiu a atenção dos matemáticos e pensadores dos séculos XVI e XVII, inclusíve Descartes. É a idéia de que o objeto de uma ciência geral, chamada por Proclus Matemática Geral e designada no século XVI como '*mathesis universalis*', compreende princípios que "permeiam todas as classes de objetos matemáticos", quer dizer, que valem para todas as discplinas matemáticas (aritmética, geometria, mecânica, óptica, astronomia e etc), permeiam no sentido de serem princípios que fazem estas ciências como elas são, quer dizer "princípios gerais, graças os quais as ciências matemáticas alcançam a sua validade" (VAN DE PITTE, 1979, p. 158). Trata-se da idéia de definir o objeto da ciência geral, batizada no século XVI como '*mathesis universalis'*, em termos de princípios referentes a todas as ciências matemáticas. É a idéia adotada também por Descartes[107] e, como veremos, ampliada para incluir a física-matemática. Em Proclus, a Matemática Geral ficou dentro da matemática, sem mostrar sinal nenhum do envolvimento da física. A definição de Proclus termina com uma outra idéia (que

[107] É importante não negligenciar isto em relação ao fato de que Descartes não usou o termo 'princípios' na regra IV-B. Nela, ele falou da *mathesis universalis* sem dizer, explicitamente, que o objeto desta ciência compreenderia princípios válidos tanto para a geometria quanto para a física (a natureza). Mas, a consideração do significado do termo '*mathesis*', exposta na mesma regra, implica na idéia de que o objeto da *mathesis universalis* concerne aos princípios em questão. Como vamos ver logo.

despertou o interesse de Descartes). É a idéia de que estes princípios "governam proporção".

Depois de expor a definição acima citada, Proclus continuou especificá-la nos segunites capítulos do mesmo livro. No capítulo IV, ele explica (Livro I, o capitulo IV, 9) que a Matemática Geral precede a todas as ciências particulares, isto é, elas são baseadas nesta ciência e recorrem a ela". Trata-se de uma ciência que interliga todas as cienciaas matemáticas a partir de "um conjunto de teoremas matemáticos" (Ibid., 9), quer dizer, de principios básicios que fazem destas ciências àquilo que elas são. No capítulo VII, Proclus chamou tal ciência pelo nome de Matematica Geral. Finalmente, no capítulo XIV, ele falou da ligação entre todas as ciências matematicas, dizendo "que o elo entre elas é esta única e completa ciência da matemática que contém em si mesma principios de todas as ciências particulares" (Livro I, o capítulo XIV, 44).

Ora, O *Comentário* de Proclus expõe a idéia da Matemática Geral, como uma ciência cujo objeto comprende os principios de todas as ciências matemáticas particulares. Ela concerne à quantidade e à proporção, e precede a todas as ciências particulares. Tal ciência geral, chamada de Matematica Geral, ficou dentro do domínio da matemática (não tem nada haver com a física). A idéia desta ciência chegou até o século XVI e serviu de inspiração para formular a concepção da *mathesis universalis.*

Os séculos XVI e XVII. No século XVI, o *Comentário* serviu para articular e formular a concepção da *mathesis universalis*[108]. As palavras de Proclus sobre uma ciência geral, chamada de Matemática Geral, como assinalou Klein (1969, p. 181), "ganharam enorme importância" e "foram normalmente entendidas como referência à *mathesis universalis*". No mesmo século, o matemático belga Adriaan van Roomen (1561-1615) sistematizou aquilo que se sabia sobre a ciência geral chamada de *mathesis universalis* (VAN DE PITTE, 1979, nota de-rodapé 11, p. 157). Parece provável que Descartes emprestou o termo '*mathesis universalis'* do Roomen (WEBER, 1964, apendix A, p. 247-249; SASAKI, 2003, p. 33).

Este termo foi circulado no século XVI e continuou assim até à época de Descartes. Ele denotou o conjunto de regras e procedimentos válidos para todas as ciências chamadas matemáticas (a geometria, a mecânica, a óptica, a música etc.). O termo foi interpretado no sentido de significar 'ciência matemática', dizendo que esta ciencia ficasse no dominio

[108] O capítulo VII do livro de Sasaki (2004) *Descartes' Mathematical Thought* oferece uma apresentação detalhada da *mathesis universalis* no século XVI. Mostra também como foi desenvolvida esta idéia a partir do Comentário de Proclus.

da matemática. De acordo com esta interpretação, o mesmo termo foi traduzido como ‘matemática universal’. Interpretado e traduzido desta maneira, o termo “começou a ser usado no sentido de ‘*mathema’*“ (VAN DE PITTE, Ibid., p. 157), quer dizer, do objeto da cognição. Isto isto resultou na confusão no uso dos termos ‘*mathesis*’ e ‘*mathema*’. A confusão obscureceu a diferença entre *mathesis* e *mathema*, entre o procedimento e o objeto do conhecimento, e levou a ver a *mathesis universalis* como a ciência matemática, chamada simplesmente ‘matemática universal’.

A *mathesis universalis* foi vista como pertinente ao dominio da matemática, ficando dentro da matemática, sem nenhuma ligação com a física. Este é do significado do termo ‘*mathesis universalis*’ do século XVI, transferido para o século XVII (SASAKI, 2003). No fim das contas, o termo ‘*mathesis universalis*’ denotou a disciplina que compreendia regras, procedimentos e princípios concernentes às quantidades envolvidas nas ciências matemáticas, somente nas ciências matemáticas. Nada da física.

Como mostra a regra IV-B, Descartes conhecia o significado do termo, que circulou nas discussões sobre a *mathesis universalis*. Estas discussões ofereciam a problemática e o vocubulário, ligados à *mathesis universalis*. Ele oviu falar deles, mas, mudou o seu ignificado na intenção de ligar a *mathesis universalis* e nova física. A mudança foi condicionada por estudos da matemática e pela busca da solução do problema do uso da geometria na física.

Entretanto, as discussões sobre a *mathesis universalis* despertaram o seu interesse para esta ciência, os estudos matemáticos e a idéia da fisica-matemática levaram Descartes oferecer a sua definição da *mathesis universalis.*

Dos estudos matemáticos e da física-matemática à *mathesis universalis*. Foi designado que os estudos de Descartes sobre a matemática e a busca da solução do problema do uso da geometria na física condicionaram o surgimento da idéia da *mathesis universalis.* Concordamos com a tese de Schuster (in GAUKROGER 1980, in VOSS, 1993) que o surgimento desta idéia pode ser compreendida somente por considerar os estudos matemáticos de Descartes no inverno de 1618-19 e a idéia da física-matemática.

Com respeito às pesquisas matemáticas, o estudo do compasso proporcional[109] é mais importante para o surgimento da idéia da *mathesis universalis*. No inverno de 1619, este

---

[109] Mencionamos um outro estudo matemático que teve importância para a idéia *mathesis universalis.* Porém, não é ligado ao surgimento desta idéia. É o estudo dos sólidos (*De solidorum elementis*) concentrado na comprovação de que os sólidos podem ser explicados em termos da geometria plana, e na busca de uma única fórmula que descreva todos os sólidos, tanto regulares (da geometria) quanto irregulares (do mundo material).

estudo levou Descartes a pensar de uma "*scientiam penitus novam*", isto é, de uma ciência sobre quantidade em geral. Alguns meses depois, tal ciência será chamada pelo nome de *mathesis universalis* (WEBER, 1964; KLEIN, 1969; SCHUSTER, in GAUKROGER, 1980; SHUSTER, in VOSS, 1993; GAUKROGER, 2004; BURNETT, 2005). Pelo estudo do compasso proporcional, Descartes chegou a ver este instrumento encarnar proporções entre quaisquer quantidades. Comprimentos marcados nos braços do compasso podem representar números (a aritmética), figuras (a geometria) ou dimensões dos fenômenos naturais (a física). A partir daí, ele concluiu que deveria haver alguma "ciência totalmente nova", que se referisse à quantidade em geral.

Na carta de 26 de março de 1619, Descartes escreveu para Beeckman sobre a "*scientiam penitus novam*", capaz de resolver "todas as questões que envolvem qualquer quantidade, tanto contínua quanto discreta" (AT, X, p. 157). Desde identificar a natureza com a quantidade geométrica (continua), ele interpretou o termo 'contínua', usado na carta citada, no sentido de se referir a quantidades envolvidas nos fenômenos naturais. Escrevendo sobre a "*scientiam penitus novam*", Descartes devia pensar também da quantidade identificada com a natureza. Quando souber que a física-matemática foi no foco das discussões com Beeckman, fica impossível que Descartes não tenha relacionado à idéia da "*scientiam penitus novam*" com a nova ciência sobre a natureza. Então, interpretada à luz da identificação da natureza com a quantidade geométrica e das discussões entre os dois amigos, não há duvida nenhuma: a carta de 26 de março de 1619 aprova que Descartes pensou mesmo na física-matemática quando falava da ciência sobre a quantidade em geral. As palavras de Descartes acima citadas tem de se entender desta maneira. Concluímos que a idéia da "*scientiam penitus novam*" aponta para uma ciência cujos princípios dizem respeito tanto à matemática quanto à física. Visa à ciência que será nomeada, em meados de 1619, como a *mathesis universalis*.

A nossa conclusão foi estabelecida independentemente daquela de Klein (1969, nota de rodapé 308, p. 294) e Schuster (in GAUKROGER, 1980; in VOSS 1993). Klein apontou que a "*scientiam penitus novam*" se referia não somente às quantidades matemáticas, mas sim a corpos, quer dizer à natureza. Quanto a Schuster, ele insistiu que a carta de 26 de maio de 1619 deveria ser interpretada à luz da problemática da física-matemática. Claro, a carta ainda não contém a idéia da *mathesis universalis*. Trata-se de uma idéia, anunciando aquilo que seria nomeado como '*mathesis universalis*'. No momento da redação da referida carta, a ciência foi promovida sem ser batizada. Na realidade, Descartes não sabia ainda dizer o que seria tal ciência. Só após o abril de 1619, surgiu a idéia da *mathesis unversalis* . Na regra regra IV-B, ele expôs a definição da ciência em questão.

Nota-se que o surgimento da *mathesis universalis* ficou ligado tanto á matemática quanto à física-matemática. Com esta ligação em mente, parece aceitavel a afirmação de Schuster (in GAUKROGER, 1980; in GAUKROGER; SCHUSTER; SUTTON, 2000), que Descartes viu a *mathesis universalis* como a síntese da fisica-matemática e matemática. Vista da perspectiva da relação entre a nova física e a *mathesis universalis*, tal sintese se mostra capaz de assegurar a travessia da lacuna que separa a geometria e a natureza. Portanto, entendemos que a travessia mencionada (a síntese, como disse Schuster) tem o lugar certo a ser realizada: o objeto da fisica-matemática. Descartes achou que a física, a matemática e a *mathesis universalis* deveriam ser unidas no objeto da investigação física para edificar a física-matemática. Este objeto parece o ponto central da relação entre a física, a matemática e a *mathesis universalis.* Ali, se unem estas ciências para que o próprio objeto possa ser determinado e explicado em termos matemáticos. Se a *matehsis universalis* estiver ligada à física-matemática, será pela participação da determinação do objeto geométrico da física. Esta participação da *mathesis universalis* foi vista por Descartes como o caminho que leva à solução do problema do uso da geometria na física.

Investigando o surgimento da idéia da *mathesis universalis,* chega-se a conhecer que a mesma idéia oferece a solução do problema do uso da geometria na física, e que o ponto central da relação entre a nova física e a *mathesis universalis* reside no objeto geométrico da investigação física. Assim, consideramos aprovada a tese principal do nosso estudo.

Após investigar o problema do uso da geometria na física e o surgimento da idéia da ciência capaz de resolvê-lo, falta para fazer a exposição da definição da *mathesis universalis*.

3.3. A DEFINIÇÃO

Na regra IV-B, Descartes expôs a definição da *mathesis universalis*. Para chegar a esta definição, ele investigou o significado dos termos ‘*mathesis*’ e ‘*universalis’*. O termo chave é ‘*mathesis’*. Descartes achou que a exposição coreta do seu significado assegurasse o entendimento da idéia da *mathesis universalis.* Assim, ele pretendeu estabelecer a definição da *mathesis universalis.* A ordem dos tópicos investigados na regra IV-B comporova isto sem deixar dúvida nenhuma: a *mathesis*, *a universalidade* (‘*universalis*’), a *mathesis universalis*[110].

Na regra III, Descartes avisou como faria a investigação assim ordenada. Ele escreveu:

> É preciso ler as obras dos Antigos. Para nós é uma imensa vantagem usar trabalhos desses homens: tanto para conehecer aquilo que nunca foi coretamente entendido quanto para observar as coisas cuja exlicação exige a força do pensamento. (366:15-19).

Na investigação realizada na regra IV-B, de acordo com a este aviso, Descartes abordou o significado grego do termo ‘*mathesis*’, mostrou o que estava errado na concepção da *mathesis,* quer dizer, não “foi corretamente entendido” na época dele, explicou como entender a universalidade (o termo ‘*universalis’*) da *mathesis,* e expôs a definição da *mathesis universalis*. Seguindo esta ordem da investigação feita por Descartes, a nossa consideração da definição da *mathesis universalis* se divide em duas partes. Uma delas visa ao significado dos termos ‘*mathesis*’ e ‘*universalis*’ e a outra à definição da *mathesis universalis*.

3.3.1. O significado dos termos ‘*mathesis’* e ‘*universalis*’

Descartes começou sua investigação pelo termo ‘*mathesis*’. Fez isto por colocar (de acordo com o aviso acima citado) as duas seguintes questões:

> ... em primeiro lugar, me perguntei o que todos compreendem precisamente sobre este nome, e por que se chamam partes da Matemática não somente aquelas que mencionei (a aritmética e a geometria), mas também a astronomia, a música, a óptica, a mecânica, e mais, (as ciências) (377:11-14).

A primeira questão se refere ao significado do termo ‘*mathesis’*. A segunda pergunta visa à relação entre a *mathesis* e ciências matemáticas particulares. Respondé-las significa conhecer: (i) o que seria a *mathesis universalis*, e (ii) a sua relação com as ciencias chamadas matemáticas, inclusive a física. Esta é a finalidade da investigação das questões acima citadas. É saber o âmago da definição da *mathesis universalis*, concebida e exposta por Descartes na regra IV-B.

---

[110] Chamamos atenção à estrutura da explicação oferecida na regra IV-B. É uma explicação desenvolvida pela ordem constituído de conceitos de *mathesis*, *universalis* e *mathesis universalis.* Descartes começou do conceito básico (o conceito de *mathesis*, o primeiro termo da ordem, mais simples) e avançou ao termo mais complexo da explicação (*mathesis universalis*).

(i) Descartes respondeu a primeira questão por começar com a confusão na interpretação do termo ‘*mathesis*’, comum naquela epoca, apontar o significado grego do mesmo termo, e apresentar “as idéias verdadeiras .... da *Mathesis*” (376:18). Primeiro, ele falou da confusão que compreendia a indiferenciação entre a *mathesis* e a *mathema*, o processo da aprendizagem e o objeto da aprendizagem. “Todos compreendem” o termo ‘*mathesis*’ no sentido de confudir a *mathesis* e a *mathema*. Desta confusão resulta o engano de ver as ciências matemáticas particulares como a parte da *mathesis*, entendida como a matemática (o termo foi traduzido como ‘matemática’). A confusão acaba por ver a aritmética, a geometria, “mas também a astronomia, a música , a óptica, a mecanica e ainda mais (ciências)” como “partes da Matemática” identificada à mathesis. Ou confudir a *mathema* e a *mathesis.*

Descartes questionou tal interpretação do termo ‘*mathesis*’ e procurou por uma outra, correta, baseada no o significado grego do termo em questão: disciplina. “O nome *Mathesis* diz nada mais que ‘disciplina’” (377:16-17). Pensando do termo “disciplina’ ele mesmo se perguntou o que se dizer quando usá-lo. De modo geral, os gregos diziam: ‘disciplina’ indica que algo é o objeto da aprendizagem, o objeto da investigação. Dizendo isto, visa-se à questão de explicar como algo vira o objeto de aprendizagem. A questão é sobre o processo em que algo vira o objeto da investigação, não sobre o objeto investigado. Ou, temos de diferenciar a *mathesis* e a *mathema*. Então, como é possível algo se tornar o objeto da investigação cientifica? Responder a esta pergunta significa, pensava Descartes, entender o que se dizer se falar da disciplina.

A resposta mira o processo da investigação (*mathesis*), não o objeto de aprendizagem (*matheme*). Trata-se de conhecer o processo de aprendizagem. Precisamente, é saber como é possível adquirir o conhecimento das coisas investigadas (como mostra o *Comentário* de Proclus). Saber isto significa revelar os princípios que possibilitem o processo do conhecimento. Na Grécia antiga, foi determinado que tais princípios deveriam ser igualmente válidos para todas as ciências matemáticas particulares. Justamente como escreveu Proclus no *Comentario*: são “principios de todas as ciências particulares” (Livro I, ocapitulo XIV). Eles são incluídos na *mathesis* vista como a ciência que torna possível o proceso do conhecimento das ciências matemáticas. A *mathesis* operou dentro da matemática, e os princípios citados referem-se às disciplinas matemáticas particulares. Estes princípios são capazes de assegurar e regular a produção científica de todas as ciências matemáticas (a geometria, a aritmética, a astronomia, a música, etc.). A *mathesis* tem de revelar e fornecer os princípios referidos a seus objetos específicos. Como a construção de todas as ciências particulares depende destes princípios, a *mathesis* as precede, ela é *prior* a qualquer disciplina particular matemática.

Descartes viu assim o significado grego do termo '*mathesis*'. Mas, o trabalho de explicar como o termo seria empregado na definição da *mathesis universalis* não parou por ai. Ele achou que o significado do termo 'm*athesis'* interpretado no sentido de disciplina não dizia nada sobre o próprio processo de aprendizagem. Portanto, "não é suficiente considerar a origem do termo" (377:15-16) '*mathesis*', mas, é preciso especificar o seu significado no sentido de relatar em que consistir o processo da aquisição do conhecimento matemático sobre as coisas investigadas. Segundo Descartes, este processo compreende o uso dos conceitos de ordem e medida na investigação científica com o fim de revelar proporções usáveis como base da explicação matemática do objeto investigado. Igualmente a Proclus, Descartes adotou a concepção de que a *mathesis* abrangesse os princípios referentes ao processo da aquisição do conhecimento. Porém, ele a mudou por especificá-la no sentido de ligar os conceitos de ordem e medida com os princípios mencionados, determinado que os mesmos conceitos ficassem aplicáveis a "qualquer objeto que quiséssemos" (378:4-5). Com esta especificação, a aplicação dos conceitos de ordem medida foi definida, por Descartes, no sentido duplo: ela depende das regras metodológicas usáveis na investigação da natureza e se baseia em princípios capazes de assegurar e explicar a aplicação mesma. No primeiro caso, trata-se do método, no segundo da *mathesis universalis.* Assim, Descartes deixou claro que o método e *a mathesis universalis* não devem ser entendidos como duas ciências idênticas. A primeira compreende regras metodológicas que dizem como usar os conceitos de ordem e medida na investigação de qualquer objeto, a segunda oferece princípios que asseguram o uso destes conceitos e explicam como é isto possível. São duas ciências bem diferentes. Uma conclusão seguida da investigação cartesiana do termo '*mathesis*' é a diferença entre a *mathesis universalis* e o método. Outra conclusão decisiva diz que '*mathesis*' não deve ser identificada com 'matemática' e '*mathesis universalis*' com a 'matemática universal'. Estas duas diferenças ficam no foco da concepção cartesiana da *mathesis universalis*. São decisivas para o entendimento coreto desta concepção.

Ora, o significado grego do termo '*mathesis*' foi especificado e ampliado. Quer dizer, ficou ligado à ordem e medida e incluiu a universalidade da *mathesis.* Desta vez, a *mathesis* é definida como a ciência capaz de explicar em que consiste o processo da aquisição do conhecimento matemático (consiste no uso dos conceitos de ordem e medida) e que "inclui os princípios de todas as outras ciências, além daquelas da matemática" (VAN DE PITTE, 1979, 166) ao virar *universalis* (não limitada no domínio da matemática). Definida deste modo, a *mathesis* foi (1) relacionada à ordem e medida, e (2) ficou caracterizada pela universalidade. Isto separou a concepção cartesiana da *mathesis* daquela elaborada por gregos.[111]

(1) Descartes ligou a *mathesis* à ordem e medida: "uma certa ciência geral, que explique tudo em que se podem achar a ordem e medida" (378:5-6). Ele achou que princípios estabelecidos pela *mathesis* precisavam explicar como usar regras e como seria possível o próprio uso dos conceitos de ordem e medida nos estudos de qualquer problema investigado (matemático ou não). Para fazer isto, regras e próprios princípios são relacionados à medida e ordem: explicam como usar os conceitos de ordem e medida e asseguram e clarificam tal uso na busca da explicação matemática do objeto investigado. O trabalho da descoberta de proporções consta da aplicação dos conceitos de ordem e medida ao objeto da indagação. Se houver uma ciência, como a *mathesis*, concebida para prestar regras e princípios que possibilitem e expliquem tal aplicação, ela se referia à ordem e medida.

(2) Ligando a *mathesis* à ordem e medida, Descartes exigiu que estas poderiam ser aplicadas na investigação de qualquer objeto. Parece óbvio que a *mathesis* de Descartes saiu do quadro da matemática e estendeu seus princípios para o domínio não-matemático. Descartes exigiu que a *mathesis* dos Gregos fosse ampliada no sentido de englobar o

---

[111] Quanto à diferença entre a concepção grega e aquela de Descartes da *mathesis*, podemos mostrá-la a seguir:

A *mathesis* dos gregos	A *mathesis* de Descartes
Axiomas e teoremas válidos para todas as ciências matemáticas particulares.	Princípios validos para todas as ciências, matemáticas ou não-matemáticas.
Axiomas e teoremas possibilitam o conhecimento matemático dos objetos das ciências matemáticas, sem se estender ao domínio da física.	Princípios asseguram o conhecimento matemático de qualquer objeto da investigação cientifica e clarificam o próprio processo da cognição.
A *mathesis* fica dentro do campo da matemática.	Princípios asseguram o uso dos conceitos de ordem e medida em qualquer domínio da investigação.
	A *mathesis* fica fora tanto do campo da matemática quanto do campo da física. É ma ciência sui *generis*.

processo da aquisição do conhecimento sobre os fenômenos naturais. A *mathesis* não se refere somente ao domínio da matemática, mas compreende o uso dos conceitos de ordem e medida nos estudos da natureza. Para Descartes, a *mathesis* se estenderia até a física. Ela se tornou *mathesis universalis.* Passa-se da *mathesis* à *mathesis universalis.* Agora, a *mathesis* pode se chamar de universal, porque se constitui de princípios referentes a todos os objetos envolvidos com a quantidade, sem se importar com o fato de que eles pertencem às ciências diferentes. É a universalidade que admite como explicou Liard (1880, p. 590-91), negligenciar as ciências "como a aritmética, a geometria, a mecânica, a astronomia, a acústica" e seus objetos particulares, quer dizer, "os números, as figuras, os movimentos, as forças, os sons, as estrelas", com a finalidade de "extrair destas ciências diferentes àquilo que elas têm em comum e fazer destes elementos comuns, isolados dos assuntos específicos, o objeto de uma ciência" chamada da *mathesis universalis*. Liard apontou que a universalidade da *mathesis universalis* significaria deixar de lado tanto as ciências particulares quanto seus objetos específicos em nome daquilo que "elas têm em comum". Nem uma coisa e nem outra está no foco da sua atenção, mas sim, algo comum e isolado "dos assuntos específicos": proporções descobertas graças ao uso dos conceitos de ordem e medida. Por referir-se a qualquer quantidade, a ordem e medida trazem a universalidade que perpassa por qualquer diferença dos objetos investigados e entre as ciências particulares. Tal universalidade significa que é possível alcançar a explicação matemática de qualquer objeto submetido à investigação científica. Descartes considerou que a universalidade ficaria possível por estabelecer *mathesis universalis,* uma ciência capaz de mostrar ao *ingenum* como determinar e explicar matematicamente qualquer objeto estudado. A *mathesis universalis* deixou de ser uma ciência dentro do domínio matemático para alcançar a universalidade, que não tem nada a ver com "assuntos específicos" da investigação, nem com as especificidades das ciências particulares.

(ii) É importante destacar que a universalidade se repercutiu na relação entre a *mathesis* (*universalis*) e as ciências particulares. Aqui chegamos à segunda pergunta posta por Descartes na investigação do significado do termo '*mathesis*'. É a pergunta sobre a relação da *mathesis* (*universalis*) e as ciências matemáticas.

A universalidade admitiu reformular esta relação. Em primeiro lugar, segue-se que o conceito de ciências matemáticas foi estendido para incluir a física. Desta vez, a diferença da idéia grega e dos escolásticos, a física parece uma ciência matemática. A *mathesis* de Descartes visa à física. Assim, ela se torna a *mathesis universalis* capaz de fundar todas as ciências chamadas matemáticas, inclusive a física-matemática[112]. Descartes fez com que a *mathesis* saísse do universo da matemática, se referisse a todas as ciências envolvidas com quantidade e virasse a *mathesis universalis*. Deste modo, o conceito de ciências matemáticas foi estendido.

Em segundo lugar, a *mathesis* (*universalis*) não é uma soma de ciências particulares (CORLONI, 1997, p. 145). Não é o nome para o conjunto de ciências particulares. A relação da *mathesis* com as ciências particulares não é a relação entre um todo e suas partes constituintes. É a relação estabelecida através de princípios que fundamentam todas as ciências particulares, no sentido de assegurar que todas elas podem determinar e explicar seus objetos quando matemáticos (apresentar pelas figuras geométricas e descrever por meio de equações algébricas). Daí, a *mathesis* (constituída de princípios referidos) não deveria ser confundida com a *mathem*a (referente a objetos como tais, específicos e pertinentes às ciências diferentes). Em outras palavras, os princípios incluídos na *mathesis* falam do processo da cognição, sem dizer nada sobre os objetos específicos das ciências particulares. É importante destacar que tal diferença diz que objetos das ciências diferentes não são idênticos entre si. Pertinentes aos domínios diferentes de ciências distintas, eles contêm quantidades tratadas e explicadas por meio da matemática, mas ficam diferentes um em relação ao outro. Neste sentido, a física e a matemática têm objetos diferentes. A física se concentra nos fenômenos naturais buscando a explicação das suas causas em termos matemáticos. A matemática visa à proporção definida através dos conceitos de ordem e medida, existentes somente no pensamento do *ingenium*. Descartes acreditou que eles poderiam ser ligados no sentido de usar os conceitos de matemática na investigação da natureza. Tal é a conclusão da diferenciação da *mathesis* e *mathema*.

Finalmente, a *mathesis* (*universalis*) precede a todas as outras ciências. Como Descartes apontou, todas "as outras são submetidas a ela" (378:11) e "dependem dela" (378:20). Dependem no sentido de que a *mathesis universalis* explica como os conceitos de ordem e medida podem ser aplicados a qualquer objeto da investigação cientifica. É conhecer em que consiste a determinação deste objeto para que se torne compreensível de acordo com a ordem e medida. Na regra IV-B, Descartes explicou isto dizendo: "eu cultivei esta *mathesis universalis*, como se ela estivesse em mim, para poder me dedicar às

[112] Falando em termos do problema do uso da geometria na física, a *mathesis* de Descartes apareceu ligada aos dois universos, sem pertencer a nenhum deles, à matemática e à natureza. Daí, a *mathesis universalis* deve ser vista como a disciplina que não pode ser identificada com a matemática e nem com a física-matemática.

ciências mais elevadas" (379:4-6), como a física-matemática, por exemplo.

A interpretação cartesiana da relação entre a *mathesis* (*universalis*) e as outras ciências se resume a distinguir "entre as coisas que se referem à *Mathesis* e aquelas que concernem às outras disciplinas" (377:20-22). Para Descartes, isto significou não confundir a *mathesis* e a *mathema*, e confirmar que todas as ciências, fundadas na *mathesis universalis*, têm seus objetos específicos e diferentes. Esta diferenciação é o argumento chave para provar que a *mathesis universalis* não deve ser identificada com a matemática, nem com a física e o método (ver a tabela 3.3).

Aqui terminamos a discussão sobre os termos '*mathesis*' e '*universalis.* Vamos discutir a definição da *mathesis universalis,* e assim finalizar o capítulo 3.

3.3.2. A *mathesis universalis*

A nossa consideração da referida definição acontecerá à luz daquilo que já foi dito sobre a *mathesis* e da busca do esclarecimento do assunto principal deste estudo: a relação entre a *mathesis universalis* e a física cartesiana.

Esssa é definição da *mathesis universalis*, apresentada na regra IV-B:

> ... deve haver uma certa ciência geral que explica tudo em que se pode achar a ordem e medida, que não é ligada a algum assunto especial, e que se chama... *Mathesis Universalis* (378:5-8)
> ... ela supera na utilidade e facilidade as outras ciências que são lhe sujeitas (378:11)

Como entender esta definição? A nosso ver, a partir de uma leitura atenta da regra IV-B, chega-se a destacar os seguintes tópicos essências envolvidos na definição citada: (i) o objeto da *mathesis uiversalis*; (ii) a ordem, a universalidade a e primazia; (iii) a compreensibilidade matemática.

(i) Sabemos que o objeto da *mathesis universalis* se refere aos princípios que fazem possível o uso da geometria na física. Assim expresso, o objeto é mais indicado do que definido. Temos uma indicação que deve ser transformada na definição no sentido de especificar o objeto designado. A especificação deste objeto compreende: (1) a definição da natureza dos princípios em questão, (2) as dificuldades ligadas aos mesmos princípios, (3) a diferença entre os objetos da *mathesis unversalis*, matemática, física e do método.

(1) Primeiro, surge a questão da definição dos princípios. À primeira vista fica óbvio que estes princípios não são aqueles que servem para deduzir o conhecimento dos fenômenos investigados (OLIVIO, in DEPRÉ O.; LORIES, D., 1997, p. 76-77; MARION,

1999, p. 62). Não dizem nada sobre algum assunto especifico, não relatam nada sobre a *mathema*.

Eles possibilitam a compreensão matemática dos fenômenos investigados. É "um meio de adquirir o conhecimento" (OLIVO, in DEPRÉ, O; LORIES, D., Ibid.) matemático sobre coisas investigadas. Marion (1999, Ibid.) descreveu isto dizendo que não se trata da "questão dos princípios que governam o conhecimento, mas ... é a questão dos princípios instituídos pelo conhecimento". O conhecimento os institui pela necessidade de explicar como ele mesmo se torna possível. Princípios definem a condição da possibilidade do conhecimento matemático sobre as coisas investigadas. Tal condição consiste no uso dos conceitos geométricos ao longo da investigação científica. O uso fica assegurado e clarificado com base nos princípios da *mathesis universalis*. Então, a característica crucial dos princípios em questão consiste em definir a condição da possibilidade do conhecimento matemático sobre o mundo. Esta condição é definida do ponto de vista do *ingenium,* quer dizer, de acordo com a sua capacidade de conhecer o mundo.

Assim caracterizados, princípios dizem que a *mathesis universalis* "não inclui nem destitui" (SCHUSTER, in GAUKROGER, 1980, p. 44) outras ciências chamadas por Descartes "pouco mais elevadas" (379:6), como a física, por exemplo. A *mathesis universalis* é vista como uma ciência que tem o papel da introdução a outras ciências, cujos objetos envolvem quantidades e suas proporções. Neste sentido, concordamos com a afirmação de Schuster (Ibid.) que "não há a indicação que a matemática universal preste diretamente ou indiretamente métodos, meios ou conceitos aplicados à prática e cultivação de estudos mais elevados" (Ibid.). Ela não oferece nem método nem conceitos a ser usados na explicação dos objetos específicos das ciências. O conhecimento não é deduzido deles. nem eles têm o papel metodológico quando executar a intuição e dedução. O seu papel se resume na introdução a outras ciências no sentido de assegurar e clarificar o uso da geometria nos estudos científicos.

A outra característica dos princípios, estabelecidos pela *mathesis universalis,* é a sua universalidade capaz de "fechar a lacuna entre a matemática e a natureza" (AYERS, in GARBER; AYERS, 1998b, p. 1011), isto é associar a geometria com os fenômenos naturais. A universalidade significa que eles valem tanto para geometria quanto para a natureza, quer dizer, valem para qualquer objeto que possa ser submetido à investigação cientifica. Referem-se a qualquer quantidade (378:1-5) no sentido de que admitem o *ingenium* passar da geometria à natureza e assim usar os conceitos geométricos nos estudos físicos.

(2) Bem, depois de saber em que consiste a natureza dos referidos princípios, surge a pergunta: quais princípios? A lista de princípios? Descartes não diz nada sobre isso. Em lugar nenhum se encontra algum princípio que poderia ser visto como a parte da suposta lista. Certamente, Descartes enfrentou dificuldade de identificar os princípios envolvidos na *mathesis universalis*. A dificuldade vem da exigência de valer os mesmos princípios para a geometria e a natureza. Para entender o essencial e o tamanho da dificuldade surgida na busca dos princípios, é preciso investigar o sentido e as conseqüências desta exigência.

Tal exigência compreende que os mesmos princípios valem para os níveis diferentes do ser, o mundo externo e o objeto ideal da matemática, existente no pensamento do *ingenium*. Daí, emerge o seguinte problema, diferente do problema do uso da geometria na física: explicar como é possível os mesmos princípios valer para o pensamento e a natureza.

Descartes enxergou este problema, mais evitava a considerá-lo até 1628-30. Na realidade, a consideração do problema e a busca da sua solução levam à metafísica, a um domínio além da física, da matemática e do mundo de quantidades e proporções. O problema se mostrou sem solução dentro da consideração restringida nos domínios de física e matemática. Entrar na metafísica significa deixar a física e a matemática. Sabemos que Descartes concebeu a *mathesis universalis* em função da solução do problema do uso da geometria na física, de um problema epistemológico, como se diz na linguagem atual, sem mostrar a intenção de considerar a metafísica. A última fronteira deste problema parece ser a fronteira compartilhada com a metafísica. Descartes não quis a passar.

Então, o problema do uso da geoemtria na física tem dois aspectos: epistemológico e metafísico. Até 1628, Descartes se interessava somente pelo aspecto epistemológico, e viu a *mathesis universalis* como uma disciplina determinada do ponto de vista do *ingenium*, decidido a usar a geometria nos estudos da natureza, e considerada dentro das fronteiras da física e matemática, unidas pela física-matemática. Entre 1618-28, Descartes não mostrou a intenção de sair dos domínios da matemática e física. Sob tal circunstancia, não poderia acontecer nada mais que surgir a dificuldade em achar e estabelecer os princípios da *mathesis universalis e* a evitação de mostrar como fica possível os mesmo princípios valer para os níveis diferentes do ser. Isto fez com que a *mathesis universalis* parecesse “uma disciplina cujas pressuposições ontológicas são deixadas sem esclarecimentos” (KLEIN, 1969, p. 184). Certamente, pela tentativa de encontrar princípios dela, chega-se à questão que sinaliza algo que vai além da matemática, física e mundo visível. Parece necessário desistir de ver coisas somente através de proporções reconhecidas nelas mesmas, e passar a perguntar sobre as suas essências, existências e relações com outras coisas que pertencem às ordens diferentes do ser (pensamento e extensão). Parece ser aquilo que Marion (1975) chamou de ontologia cinza. Na sombra de proporções, figuras, equações e mundo físico, estão esperando as questões que indicam o domínio da metafísica. Contudo, Descartes decidiu não ir nesta direção. Só, entre 1628-30, ele virou à metafísica.

Se não tratar a metafísica no período 1618-28, isto não deveria significar que Descartes não tinha consciência dela. Parece ser impossível que ele a esqueceu. Isto comprova um fato inegável: Descartes estudou num ambiente em que a metafísica, especialmente aquela de Aristóteles, foi um dos temas principais dos estudos; ele pensava em termos adotados e aprendidos no colégio La Flèche. A ausência da consideração da metafísica na época mencionada pode ser vista mais como uma escolha do que com a rejeição ou esquecimento das questões chamadas metafísicas.

Além da dificuldade já discutida, há outra ligada à relação entre princípios e suas aplicações específicas nos estudos dos fenômenos singulares. Ao mostrar o que está em questão, supomos que os referidos princípios estejam à disposição do físico. Claro, este investiga os fenômenos singulares e usa a geometria no seu tratamento. Portanto, os referidos princípios precisam ser relacionados a estes fenômenos. Principios têm as aplicações específicas a tais e tais fenômenos particulares. Com isto, surge a questão da relação entre os princípios e suas aplicações específicas (CLARKE, 1980, p. 84). É necessário clarificar em que consiste a sua aplicação a fenômenos singulares[113]. O que significa explicar como relacionar os princípios estabelecidos pela *mathesis universalis* com os fenômenos singulares submetidos à investigação. Trata-se de explicar como passar dos princípios gerais a algum fenômeno singular, distinguido por tais e tais dimensões que precisam ser mensuradas para se tornarem certas grandezas interligadas pelas certas proporções. Tal explicação se apresentou uma dificuldade para a qual Descartes não encontrou solução.

(3) Finalmente, a consideração do objeto da *mathesis universalis* leva à questão da

---

[113] Se considerarmos a aplicação dos princípios a fenômenos singulares, surgira mais uma dificuldade. É a de explicar como estes princípios são operacionalizados no micro-nivel. Quer dizer, como eles possibilitam a passagem do macro estrutura de fenômenos a estruturas compostas de corpúsculos em interação, resultando nos fenômenos investigados. A nosso ver, esta dificuldade pode ser vista como incluída na dificuldade de explicar aplicações especificas de princípios referidos.

relação com o objeto da matemática, do método e da física. A busca do "conhecimento certo e indubitável" envolve esta questão. Segundo Descartes, a relação se define em termos de distinção entre os objetos e as próprias ciências[114] mencionadas. Tal distinção ficou, na realidade, conhecida pela discussão realizada até agora. Com isto em mente, podemos apresentá-la:

Mathesis universalis	*Matemática*	*Método*	*Física*
Princípios que asseguram e explicam o uso dos conceitos de ordem e medida na investigação cientifica (378:1-2)	Proporções definidas em termos de ordem e medida (385:20-27)	Regras que conduzem o *ingenium* na descoberta de proporções contidas nos problemas investigados (371:25-372:4)	A natureza = a quantidade = a extensão (A regra XIV)
Princípios	Conceitos de ordem e medida	Regras	Explicação matemática da natureza

Tabela 3.3

A diferença nos objetos das ciências

Da tabela 3.3, a distinção entre os objetos mencionados parece óbvia. O conhecimento da distinção admite evitar confusão entre a *mathesis* e a *mathema* e entender que a *mathesis universalis*, a física, a matemática e o método são diferentes entre si. Sem esquecer que eles ficam interligados na busca do "conhecimento certo e indubitável" oferecendo: princípios que possibilitam o uso dos conceitos matemáticos (a *mathesis universalis*), os conceitos de ordem e medida (a matemática), as regras para conduzir o *ingenium* na intuição e dedução (o método), e as idéias claras e distintas sobre os fenômenos naturais (a física).

(ii) A *mathesis univesalis* faz de todos os objetos da investigação científica algo

[114] Precisa-se mencionar que o método foi visto por Descartes como ciência. O que significa que o método não se reduz às regras usadas para conduzir o *ingenium* na busca do conhecimento. Das *Regulae*, fica óbvio que se trata de uma ciência concentrada à problemática da condução do i*ngenium* na investigação cientifica. Entendido assim, o método tem como objeto as regras que conduzem o *ingenium* na busca do "conhecimento certo e indubitável'. Como a ciência, ele explica como suas regras funcionam em conjunto com a intuição e dedução na aquisição do conhecimento. Van de Pitte (1999) considera que o método como a ciência compreende tanto as regras metodológicas quanto a teoria do método, quer saber, a metodologia.

A consideração da *mathesis universalis* implica na questão da relação com o método. Salientamos que esta relação tem de ser vista sob a perspectiva da distinção entre os objetos destas duas ciências.

conhecido de acordo com ordem e medida. Quer dizer, seus princípios valem em todos os domínios da investigação cientifica, concernem a qualquer quantidade, sem se importar se ela pertence ao mundo físico ou ao pensamento humano. Ela é caracterizada pela universalidade, A *mathesis* é *universalis*.

Por saber que os objetos da investigação são diversos e diferentes entre si, surge a pergunta: como Descartes chegou a estabelecer a universalidade da *mathesis universalis*? Para fazer isto, ele eliminou qualquer consideração da essência dos objetos investigados e colocou no foco da pesquisa proporções definidas, em termos de ordem e medida. Coisas são investigadas a partir das proporções reveladas e estabelecidas pelo *ingenium* que usa os conceitos de ordem e medida, aplicados a qualquer objeto da investigação. Ordem e medida, pertinentes ao pensamento do *ingenium* e relacionáveis com qualquer quantidade, trazem a universalidade para a *mathesis universalis*. Tal universalidade não tem a nada haver com essências das coisas investigadas, e se fundamenta nos conceitos de ordem e medida, sem ligação a “nenhum assunto especial” (378:7). Ordem e medida possibilitam revelar e estabelecer proporções que possam ser encontradas em qualquer objeto, e que admitem conhecê-lo sem recorrer à sua essência, ou a alguma característica não implicada na quantidade. A descoberta de tais proporções, reconhecidas na natureza e na geometria, pressupõe a *mathesis*, cujos princípios asseguram e explicam o uso dos conceitos de ordem e medida nos estudos de qualquer assunto da investigação científica. Desde ser aplicada a qualquer ciência, a *mathesis* é *universalis.* Ela é distinguida pela universalidade para se tornar a *mathesis universalis*.

De onde vem a universalidade que torna a *mathesis* no *mathesis universalis*? A pergunta se faz importante porque a sua resposta explica que a universalidade da *mathesis* é estabelecida do ponto da vista do *ingenium.* Precisamente, ela vem da ordem do conhecimento (Marion, 1999), não da ordem das coisas “tanto como elas existem realmente” (418:21). Ela segue do fato de que coisas são conhecidas no sentido de “como nos as percebemos pela razão” (418:23-24). Quer dizer, do ponto de vista da ordem do conhecimento, ou seja, “sob certa consideração” quando buscar o conhecimento das coisas existentes, como foi apontado na regra VI das *Regulae* (382:19). Ela é epistemológica.

Da universalidade resulta a colocação da *mathesis universalis* antes de todas as outras ciências, a sua primazia (MARION, 1999). Por se referir a qualquer quantidade, a *mathesis universalis* precede a todas as ciências particulares. Na prática da investigação científica, a primazia se manifesta através da utilidade e facilidade da *mathesis universalis*. Esta é uma ciência útil e fácil. Na regra IV-B, Descartes destacou que a *mathesis universalis* "ultrapassa pela sua utilidade e facilidade as outras ciências que lhe são submetidas" (378:10-11). Segundo a mesma regra, a utilidade se mostra pelo fato da que *mathesis universalis* fica capazes de assegurar e explicar o uso da geometria na física. A facilidade significa que a mesma ciência se torna compreensível para qualquer um, a partir dela mesma. Daí, os princípios estabelecidos por ela são úteis e podem facilmente se distinguir daquilo que "concerne às outras disciplinas" (377: 21-22).

(iii) Nas coisas do mundo externo, o homem reconhece figuras geométricas que servem como base para compreendê-las. Figuras são reconhecidas pelo uso da geometria, a *mathesis universalis* faz esse uso possível. Graças a esta ciência, "a mesma 'proporção geral' pode aliar da mesma maneira tanto os parâmetros de uma curva geométrica quanto às grandezas mensuráveis e contidas numa corda, ou na queda de algum corpo pesado" (FICHANT, 1998, p. 21). O mesmo conjunto de conceitos geométricos é usado na investigação de uma curva, corda ou da queda do corpo. A *mathesis universalis* admite que "todos os problemas possíveis" (AT, X, p. 157:1) envolvidas com qualquer quantidade se tornam compreensíveis por meio da matemática.

Em outras palavras, a *mathesis universalis* visa à compreensibilidade matemática do mundo como um todo (KLEIN, 1968; MARCISZEWSKI[115],1984; POSER, 1998; MARION, 1999). Descartes pensou na compreensibilidade matemática quando promovia esta disciplina. Ainda na carta a Beeckmen de 26 de março, de 1619, ele falou de uma ciência capaz de assegurar a compreensão de "todos os problemas possíveis" em termos de figuras geométricas e equações algébricas. Ele achava que o universo se espelhasse no espírito humano, na forma da compreensibilidade matemática (MARCISZEWSKI, 1984, p. 525). E a imagem espelhada é a física, oferecendo a compreender a natureza em termos de quantidade e proporção (ordem e medida).

Aqui terminamos a discussão sobre os pontos chaves da definição cartesiana da *mathesis universalis*. E estamos chegando ao fim deste capitulo. Contudo, achamos que para completar a investigação do tema do capitulo 3, é necessário conhecer o

[115] O estudo de Marciszewski, *The principle of Comprension as a Present-Day Contribuition to Mathesis Universalis* tem como o assunto a compreensibilidade do mundo, considerada em relação à *mathesis universalis*. Marciszeski mostra que está ciência visa à compreensibilidade matemática do mundo. Isto vale tanto para a época da renovação da idéia da *mathesis universalis* no século XVII, quanto para os tempos posteriores, até os dias de hoje. Segundo ele (p. 525-6), em Galileu, Kepler, Paracelsus, Descartes e Leibniz, encontramos a mesma idéia de descobrir "a verdade, da maneira matemática". É uma idéia estritamente ligada à *mathesis universalis.*

desenvolvimento da idéia da *mathesis universalis*, do momento do seu surgimento, em 1619, até a adoção da teoria das verdades eternas por Descartes no período de 1628-30.

3.4. O DESENVOLVIMENTO DA IDÉIA DA *MATHESIS UNIVERSALIS*

A partir das *Regulae* e cartas de Descartes a Beeckman, redigidas em 1619 e 1630, chegamos á concluir que o desenvolvimento da idéia da *mathesis uni*versalis aconteceu em três etapas[116].

A primeira etapa. Aconteceu entre o inverno de 1619 e novembro do mesmo ano. Esta etapa foi identificada com base em dois fatos: a carta de Descartes a Beeckman, escrita no dia de 26 de março, de 1619, e o surgimento da idéia do método aplicável em todas as ciências. Na carta, como já foi apontado, Descartes falou de uma "ciência totalmente nova", mas, sem citar nome. Ele predisse que a ciência fosse batizada pelo nome de *mathesis universalis*. Em novembro do mesmo ano surgiu a idéia do método universal. No período entre a redação da carta mencionada e novembro de 1619 apareceu a idéia *mathesis universalis.* Assim, a primeira etapa foi marcada pelo surgimento da referida idéia e pela sua formulação em forma da definição da *mathesis universalis* exposta na regra IV-B. Na realidade, o esforço de Descartes de formular a idéia de uma "ciência totalmente nova", anunciada na carta de 26 de março, de 1619, terminou por estabelecer a definição da *mathesis universalis*.

Esta etapa foi caracterizada por três fatos decisivos para à idéia da *mathesis universalis*. Primeiro, Descartes pensou na *mathesis universalis* como uma ciencia *sui generis*, ainda não existente, mas a ser constituida. Segundo, ele pretendeu colocar em pratica a idéia mencionada, quer dizer, operacionalizar a *mathesis universalis*. Terceiro, a definição desta ciencia foi formulada em termos de ordem e medida. Mas, os conceitos de ordem e medida serão explicados após a redação da regra IV-B, em que se encontra a definição da *mathesis universalis*. Tal explicação cabe na regra VI das *Regulae*, redigida

---

[116] A nossa divisão do desenvolvimento em questão se difere daquela de Schuster (in Gaukroger, 1980). Segundo Schuster, é possível diferenciar as duas etapas do desenvolvimento da idéia da *mathesis universalis*: uma em 1619-1626 e a outra em 1626-1628. A primeira etapa inclui o surgimento da idéia e sua ligação com o método. A segunda etapa foi marcada, disse Schuster, pela tentativa de elaborar e desenvolver a *mathesis universalis*, no sentido de criar uma estrutura que envolveria tanto a matemática quanto a física. A criação de tal estrutura se resume na questão sobre a relação entre o objeto da geometria abstrata e o objeto da física-matemática.
.

em novembro de 1619, (Weber, 1964, p. 205).

A segunda etapa. Em novembro de 1619, apareceu a idéia do método usável tanto na matemática quanto na nova física. Com tal idéia em mente, Descartes passou a ligar a *mathesis universalis* com o método. Foi considerada em relação ao mesmo. Isto marcou o começo da nova etapa do desenvolvimento da idéia da *mathesis universalis*, estendida entre o novembro de 1619 e 1626. A etapa cobre o período entre o surgimento da idéia do método universal e o envolvimento de Descartes nas discussões científicas e filosóficas, praticadas nos círculos intelectuais parisienses, especialmente naquelas exercidas no círculo do seu amigo Mersenne.

Esta etapa foi marcada pela ligação da *mathesis universali* com o método universal e pela explicação dos conceitos de ordem e medida. Depois de surgir a idéia do método universal, na noite entre 10 e 11 de novembro de 1619, Descartes a ligou à *mathesis universalis*. Certamente, como apontou Schuster (Ibid.), a idéia da *mathesis universalis* foi incluída na consideração do método. Como? Respondemos que a *mathesis universalis* foi entendida como a ciência capaz de oferecer a justificativa do método geral (ver o capitulo 4).

Quanto à explicação dos conceitos de ordem e medida, exposta na regra VI, ela se mostra como decisiva para o entendimento da definição da *mathesis universalis*. Graças a esta explicação, fica compreensivel o que Descartes pretendeu dizer quando insistiu em definir a *mathesis universalis* em termos de ordem e medida. Neste sentido, a regra VI é a chave para entender coretamente a definição em questão.

A terceira etapa. Esta se estendeu entre 1626 e 1630. É o período em que Descartes participou das discussões praticadas nos círculos intelectuais parisienses (1626-28), iniciou a redação do *Mundo*, e fez a virada metafísica. Todos estes acontecimentos tiveram a influência profunda sobre a idéia da *mathesis universalis*. Esses acontecimentos foram capazes de levar Descartes a ver de modo diferente esta idéia.

Descartes voltou a Paris em meados de 1625. Depois de retornar à capital francesa, ele participou da vida intelectual parisiense, marcada pelo surgimento de novas idéias sobre a filosofia e a ciência. Mais importante foi a sua participação do círculo de amigos constituído por Mersenne[117], Mydorge[118], Jean de Sihon[119], Guillaume Gibieuf[120], Claude

[117] Mersenne foi um amigo com que Descartes ficou constantemente ligado depois de voltar a Paris (1625) até morrer em Estocolmo (1650). Mersenne pertenceu à ordem dos Mínimos e foi versado em questões metafísicas. Também, ele "elaborou uma concepção filosófica do mecanicismo" (GAUKROGER, 2005, p. 184), que influenciou Descartes entre 1628 e 1630.

Hardy[121], Étienne de Villebressieu[122], François Du Sourcy[123] e Jean-Luiz Guez de Balzac[124]. As discussões com os amigos resultaram na volta de Descartes às *Regulae* e à idéia da *mathesis universalis*. Também, ele começou a considerar as questões metafísicas que não estavam anteriormente na pauta da sua investigação. Vale à pena mencionar que Marin Merseene teve maior influência sobre Descartes naquela época.

Ora, Descartes voltou a considerar as *Regulae* que foram deixados do lado em 1620[125]. O retorno ao texto iniciado a ser redigido ainda em 1619 teve grande importância para a idéia da *mathesis universalis*. Desta vez, Descartes quis explicar como funcionar o processo da cognição, em que a *mathesis universalis* tem de se tornar operacional. Ele fez isto na regra XII, onde se encontra a explicação do processo da cognição em termos de faculdades cognitivas do *ingenium* (ver o capítulo 4). A operacionalização da *mathesis universalis* foi considerada nesta regra e nas regras XIV-XVIII. Descartes mostrou que a operacionalização da *mathesis universalis* é envolvida no processo da aquisição do conhecimento sobre a natureza. Ainda, indicou o *locus* preciso da operacionalização, onde também surge o problema do uso da geometria na investigação física: a relação imaginação-razão. Assim, a volta às *Regulae* acabou por considerar a ideía da *mathesis universalis* à luz da explicação do funcionamento das faculdades cognitivas empregadas no processo da cognição da natureza. Agora, Descartes pôde dizer em mais detalhes como acontece a operacionalização da *mathesis universalis*.

Além disso, entre 1628 e 1630, Descartes começou a pensar na física como um sistema de conhecimentos sobre a natureza, e adotou a teoria das verdades eternas. Isto resultou em um novo modo de ver a idéia da *mathesis universalis*. Primeiro, a idéia foi vista como algo que deveria ficar trás da edificação do sistema do conhecimento sobre a

---

[118] Estudou a óptica e a geometria. Descartes trabalhou com ele nos problemas da óptica, o que deve ter influenciado a investigação de Descartes da refração da luz e do problema anaclástico, entre 1626 e 1628.

[119] Combateu o cepticismo. Isto foi algo de interesse do próprio Descartes.

[120] Foi o teólogo que escreveu *De libetate Dei* et *creaturae* (1630), lido por Descartes.

[121] O editor de uma edição de Euclides em latim. Hardy mesmo fez tradução de Euclides.

[122] O engenheiro e o inventor que construiu vários aparelhos para ajudar pessoas com problemas físicos, como por exemplo, a cadeira de rodas. Uma lista de seis invenções Villebressieu encontra-se em AT, I, p. 214.

[123] O romancista e o filosofo hermético.

[124] O escritor, "que viria a ser um dos maiores criadores da elegante prosa literária francesa" (GAUKROGER, 2005, p. 183). A carta dele a Descartes datada de 3 de março, de 1628, (AT, I, p. 569-571) mostra o respeito recíproco entre eles. Balzac apontou para a crítica dos filósofos estóicos feita por ele dizendo: "acreditei que isto agradadaria você e contribuiria para seu bom humor" (p. 570).

[125] Isto comprova a investigação de Weber (1964) que constatou que Descartes redigiu no período entre 1620-1626, poucos parágrafos das regras das *Regulae*, transcritos a seguir: parágrafos (Ibid., p. 205): 393:22-396:35 (a regra VIII-C) em 1621; o título da regra XII, 410:24-411:16, 428:17-20 da mesma regra, 430:17-432:10 da regra XII, 438:12-439:1, 439:11-24 da regra XIV, no ano 1623.

natureza. Ela seria verdadeiramente realizada por participar da construção de tal sistema, como mostra o *Mundo.* Segundo, Descartes começou a considerar a fundamentação metafísica da física. Isto repercutiu na idéia da *mathesis universalis* no sentido de ligá-la à tese de que Deus cria o mundo e garante a veracidade dos conceitos geométricos usados na investigação da natureza.

Pelo que foi dito até agora, segue-se que Descartes voltou a prestar atenção à idéia da *mathesis universalis*, no sentido duplo. Primeiro, ele se concentrou a explicar como a idéia pode ser colocada em operação e assim cumprir sua função. Segundo, a mesma idéia foi vista à luz da intenção de construir um sistema de conhecimento sobre a natureza e da perspectiva de fundamentar a física na metafísica. É importante que a conseqüência de tudo isto fosse a mudança do modo de ver a própria idéia. Descartes desistiu da tentativa de realizar a idéia na forma de uma ciência (como planejava em 1619), mas não a abandonou como afirma Schuster (in GRAUKOGER, 1980). A idéia permaneceu viva como uma idéia que lembraria que existir um problema a ser considerado: o uso da geometria na física. Este é o sentido da idéia da *mathesis universalis* e a maior força que ela poderia ter na física cartesiana. Como tal, ela ficou presente tanto no *Mundo* quanto nos *Princípios.* Olívo (in DEPRÉ e LORIES, 1997, p. 84) tem toda razão quando disse: “ela não sumiu explicitamente, ficou invisível...e presente por todos os lados no desdobramento da árvore da filosofia” .

CAPÍTULO 4 - DA OPERACIONALIZAÇÃO DA *MATHESIS UNIVERSALIS* AO *MUNDO*

Na busca pelo “conhecimento certo e indubitável” sobre a natureza, o *ingenium* enfrenta o problema de assegurar e explicar o uso dos conceitos de geometria na investigação dos fenômenos naturais. O problema deveria ser, ajuizava Descartes, resolvido pela *mathesis universalis*. Para se ter a solução do referido problema, a *mathesis universalis* deve ser, como disse Marion (1975, 1999), “colocada em operação”. Precisamente, a solução do problema pressupõe a operacionalização da *mathesis universalis*. Certamente, Descartes pensou assim ainda em 1619.

Agora, a pergunta é: o que seria a operacionalização da *mathesis universalis?* De modo geral, a resposta de Descartes é essa: os princípios da *mathesis universalis* precisam ser envolvidos na cognição, aplicados a fenômenos singulares submetidos à investigação, para assegurar que o *ingenium,* usando os conceitos de geometria, reconheça quantidades e características geométricas nos fenômenos investigados, e alcançe naturezas simples (a intuição) e as ligue de acordo com ordem e medida (a dedução). Estes princípios se tornam operativos no processo da aquisição do conhecimento sobre a natureza, na medida em que o *ingenium* avança dos fenômenos naturais percebidos por sentidos até as suas idéias claras e distintas. A operacionalização funciona através do processo da cognição, tendo os seguintes aspectos essências: o método, a união da ciência e a analogia entre o *ingenium* e o mundo externo São aspectos apontados nas *Regulae.* Então, a resposta da pergunta acima colocada visa ao processo da cognição e aos aspectos mencionados da operacionalização.

Para esta resposta ficar completa, é preciso ter em mente o fato de que Descartes tentou fazer a operacionalização citada ao longo dos anos 1620 até iniciar a redação do *Mundo*. Como apontou Collins (1971, p. 20), o *Mundo* expôs “as condições explicativas exigidas” para a ciência geométrico-mecanicista sobre a natureza. Quer dizer, as condições sob as quais os fenômenos naturais podem ter a explicação geométrico-mecanicista. A *mathesis unievrsalis* cabe nas condições capazes de assegurar o conhecimento matemático sobre a natureza. Sabendo isto, não resta dúvida nenhuma que por trás do *Mundo* permanece a idéia da *mathesis universalis.* Portanto, o *Mundo* tem de ser incluído na investigação da operacionalização da *mathesis universalis*. Na realidade, por ser a aplicação da idéia da nova física elaborada entre o fim de 1618 e 1630 e pressupor a idéia da *mathesis universalis*, o *Mundo* parece o candidato certo com que vamos terminar o nosso estudo. Uma vista do *Mundo* da perspectiva da relação entre a física e a *mathesis universalis* revela que a mesma relação parece funcionar como a base da nova física que investiga o novo mundo, usando a geometria.

A partir daquilo que foi dito, está indicado o tema deste capitulo. É a operacionalização da *mathesis universalis*. O tema será elaborado em três partes que investigam: o processo da aquisição do conhecimento sobre a natureza (Da natureza às idéias dos fenômenos naturais), os aspectos da operacionalização ligados ao método, à união ciência e à analogia (Os aspectos da operacionalização) e o *Mundo* (O *Mundo*). Finalmente, não deve ser esquecido que o capítulo 4 pressupõe aquilo que foi investigado nos capítulos 1, 2, e 3. Esta investigação precisa ser apreciada ao longo da discussão do tema do capitulo 4.

4.1. DA NATUEZA ÀS IDÉIAS DOS FENÔMENOS NATURAIS

O contorno da cognição foi esboçado na regra XII da *Regulae*. Realmente, trata-se de um esboço do processo da cognição. Mais foi desenvolvido nas regras XIV-XVIII e no *Homem.* Portanto, a nossa discussão se baseia nas regras mencionadas e no *Homem*.

Conforme a regra XII, a cognição ocorre a partir da percepção sensorial e na relação imaginação-razão. A intenção de Descartes foi explicar como a percepção sensorial e a relação imaginação-razão funcionam na aquisição do conhecimento sobre "todas as coisas" conhecíveis para o homem. Explicar isto significa esclarecer como funcionam as faculdades cognitivas na constituição do objeto da investigação científica. Como os sentidos, a imaginação e a razão funcionam para assegurar a constituição do objeto matematicamente determinável e explicável? Esta é a pergunta. A intenção é respondê-la.

Aquilo que parece decisivo na busca da resposta é a idéia de Descartes de que cada das referidas faculdades tem o seu próprio modo de tratar o objeto investigado. É o modo de como as faculdades cognitivas, dos sentidos até a razão, respondem a este objeto (HATFIELD, 2007, p. 31). O objeto é determinado de acordo com as faculdades cognitivas, ou seja, conforme o modo pelo qual elas respondem a ele. As faculdades respondem dentro da sua capacidade de conhecer as coisas, do seu modo apropriado. No caso dos sentidos, tal capacidade se mostra pelo modo de receber as figuras contidas na natureza (412:14-19). A capacidade cognitiva da imaginação responde ao objeto investigado por formar figuras que representam as coisas do mundo externo, se prestam a serem exploradas e conhecidas. Finalmente, a capacidade da razão se manifesta pela intuição e dedução, e pelo uso da geometria na abordagem das figuras da imaginação (448:23-25; 449:1-4)

Pode-se dizer que cada faculdade tem o “seu” objeto determinado pelo modo de reagir a coisas investigadas. Em níveis diferentes da cognição, a partir da percepção das coisas por sentidos até as idéias claras e distintas da razão, o mesmo objeto da investigação aparece como “objeto” da cada faculdade empregada na cognição. Portanto, o objeto da investigação pode ser observado em relação a todas as faculdades que participam da aquisição do conhecimento sobre ele. Em relação aos sentidos, o mesmo objeto se é a natureza vista como o objeto dos sentidos (os fenômenos da natureza são dados nos sentidos). Quanto à imaginação, o objeto compreende figuras que representam os fenômenos naturais. Finalmente, por ter em vista a razão, o objeto se define em termos de idéias claras e distintas. Todas estas formas pelas quais o objeto da investigação aparece para o *ingenium*, ao longo do processo da aquisição do conhecimento sobre a natureza, são determinadas pelo modo do qual os sentidos, a imaginação e a razão respondem às coisas investigadas.

O interesse maior de Descartes na consideração da cognição é a constituição do objeto da investigação científica de acordo com as capacidades cognitivas das faculdades empregadas na aquisição do conhecimento. Ele pretendeu explicar como fosse possível constituir um objeto matematicamente determinável e explicável, que pudesse “possuir a certeza igual àquela das demonstrações da Aritmética e Geometria” (367:7-8). Explicar isto é mostrar como seria possível construir a ciência. Este é o foco da atenção de Descartes nas regras XII e XIV-XVIII. Sabendo isto, é necessário considerar como as coisas investigadas são constituídas como o objeto de cada faculdade incluída na cognição. Quer dizer, ter em vista a relação faculdades-seus objetos. Neste sentido, a percepção sensorial e a relação imaginação-razão serão consideradas à luz da relação faculdades cognitivas-seus objetos. Claro, seguindo a ordem da exposição de Descartes, começamos com a investigação da percepção sensorial.

Antes de iniciar esta investigação, vale à pena lembrar que a concepção de Descartes da constituição do objeto da investigação científica contraria a concepção escolástico-aristotélica da relação entre as faculdades cognitivas e seus objetos. Esta interpretação parece um ingrediente da concepção escolástica do conhecimento. Para salientar a diferença entre a concepção escolástica e aquela de Descartes, evocamos um comentário de Eustachius a Santo Paulo sobre o mesmo assunto, encontrado na *Summa philosophiae quadripartita.* O comentário é:

> Aristóteles em *De anima*, o livro II, o capítulo 3, lista cinco faculdades gerais da alma ou dos seres vivos. São: crescimento, sensação, locomoção, apetite e entendimento. A base de tal distinção legítima vem dos objetos com que a operação de seres vivos está conectada. ...O modo de como cada faculdade da alma funciona e se relaciona com o seu objeto vem ds objetos (in ARIEW, R.; COTTHINGAM, J.; SORREL, T., 1998, p. 85).

Eustachius expressou a idéia básica da concepção escolástico-aristotélica da relação entre as faculdades cognitivas e seus objetos: estas faculdades fossem determinadas por objetos com que ficaram relacionadas. Isto mostra o exemplo da faculdade de crescimento, mencionado por Eustachius. O seu objeto, isto é, "a digestão e o processamento da comida", define a capacidade da mesma faculdade a sua relação com o próprio objeto da investigação (Ibid.). É uma interpretação diferente da idéia de Descartes, de que as faculdades cognitivas determinam seus objetos[126] constituídos de acordo com capacidades das mesmas faculdades de conhecer coisas investigadas. Não deve ser esquecido que estas capacidades pertencem ao *ingenium mathematicum*. São capacidades dentro de cujo escopo cai apenas aquilo que pode ser matematicamente compreendido: quantidades e características geométricas contidas nas coisas investigadas.

4.1.1. A percepção sensorial

Em primeiro lugar, o processo da cognição compreende a percepção sensorial. Esta é o ato dos sentidos e da imaginação, das duas faculdades cognitivas, cuja ligação no processo da cognição admite que os fenômenos naturais percebidos por sentidos sejam "transportados" para a imaginação (a fantasia). Neste sentido, falamos da relação sentidos-imaginação, que faz possível a percepção sensorial.

Descartes não negou o fato de que a via da física deveria passar pela percepção sensorial. Ao mesmo tempo, ele recusou a idéia aristotélica de que o conhecimento se baseia nos sentidos, vem da percepção sensorial. Em sentido oposto a esta idéia, ele insistiu que a ciência fosse produzida pela razão vista como a faculdade puramente

---

[126] A interpretação de Descartes é determinada por duas idéias. Primeira, é a idéia de que o *ingenium* produz a ciência (a regra I das *Regulae*). Na regra XII, encontra-se a outra idéia, a idéia da união do *ingenium*; ela informa que o *ingenium* é um único, atuando na forma de sentidos, imaginação, memória e razão (416:1-3).

espiritual, atuando em forma de intuição e dedução. Estas duas operações são independentes da percepção sensorial. Sobre a razão Descartes dizia: "a razão é capaz de alcançar a ciência (398:26-27), mas é incapaz de se relacionar com as coisas do mundo externo" (416:16-29, 417:1-4). E agora, o que fazer? A sua resposta foi envolver a percepção sensorial, estritamente ligada à imaginação, no processo da cognição, no sentido de ela fornecer figuras a ser transportadas para a fantasia, onde a razão poderia acessá-las, em vez das mesmas coisas. Descartes pensava que a razão atuasse por conta própria, acessando figuras da fantasia; por abordá-las, ele pode intuí-las para alcançar naturezas simples a ser ligadas pela dedução. Desde que a intuição e a dedução sejam as operações da razão independente da experiência sensível, esta atua por conta própria. Com tal resposta, Descartes precisou explicar como a percepção sensorial contribui para a aquisição do conhecimento. Ele respondeu que tal contribuição consiste em assegurar que figuras contidas nas coisas do mundo externo sejam transportadas para a fantasia, onde a razão teria o acesso às mesmas figuras. Ele pensava na contribuição resumida na transmissão de figuras das coisas externas até a fantasia para que se formassem nelas figuras acessíveis para a razão. Este é o sentido da explicação de Descartes da percepção sensorial.

A investigação desta percepção se inicia como já foi dito, com a relação faculdades-seus objetos. Quanto aos sentidos, vamos considerar a faculdade de visão[127]. Trata-se da explicação da relação entre o visível e a faculdade de visão. Emprestamos esta explicação do texto *O homem.* (AT, XI, p. 154:22-29 – 155:1-14). Ali, Descartes escreveu:

> O olho está disposto a observar o ponto R. A disposição do líquido cristalino fez que todos os raios RNS, RLS, etc. se juntem justamente no ponto S e impedem, por mesmo meio, que algum deles proveniente de pontos T, X etc. chegam ao mesmo ponto.... (AT, XI, p. 154:22-29 – 155:1-14).

A figura 4.1 ilustra a explicação de Descartes. O nosso comentário se baseia na mesma figura.

[127] Descartes viu a faculdade de visão como mais importante na tentativa de explicar o processo da cognição e a possibilidade do conhecimento sobre a natureza. Achamos que o principal motivo pelo qual ele viu assim a visão foi o fato de que esta poderia ser explicada em termos matemáticos. Todos os fenômenos ligados à visão são explicáveis pelo uso de figuras geométricas e cálculos matemáticos, como mostra a explicação da refração da luz e da curva anaclástica.

Também, só através desta faculdade, quantidades e proporções são percebíveis. A visão consiste em ver o mundo externo como existente em três dimensões. Graças a ela, o homem pode perceber e saber que há coisas distinguidas pelas quantidades e suas proporções.

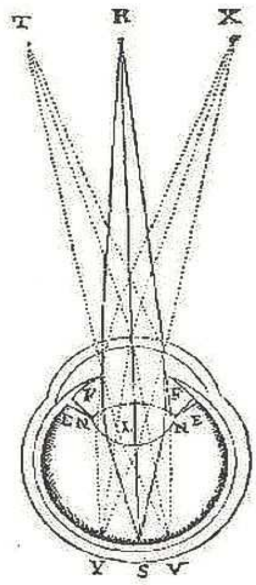


Figura 4.1[128] - O olho está observando o ponto R

O ponto R, objeto observado aparece "transportado" para o ponto S locado no olho, num órgão através do qual funciona a faculdade de visão. O aparecimento do R no ponto S depende da capacidade da faculdade visual de receber a figura do objeto observado (R). Tal capacidade se dá através do olho e fica ligada ao líquido cristalino cuja figura LN (ver a figura 4.2) determina como o objeto observado vai ser percebido como o visível. Da mudança da forma LN depende o visível, de como o objeto observado será visto. Neste sentido, Descartes explicou: "A mudança de figura feita pelo líquido cristalino admite que as imagens dos objetos observados a diversas distâncias posam ser distintamente pintadas no fundo do olho" (Ibid., p. 135:28-29 – 136:1-2. Concretamente, a figura LN permite que alguns raios, como RNS, RLS, cheguem até o ponto S para pintar tal e tal imagem, entretanto, impede que os outros provenientes de pontos T, X, atinjam o mesmo ponto. Isto significa que os objetos observados podem ser "pintadas distintamente no fundo do olho". Quer dizer, o visto está determinado de acordo com a capacidade do sentido de visão.

[128] A figura não é de Descartes, o próprio texto *O homem* inclui ilustrações. Algumas destas ilustrações são adicionadas por Claude Clerselier, o editor da edição em língua francesa (1664). As outras são de Gérard van Gutschoven, o professor de Louvain e Louis de La Forge, o doutor em medicina no La Flèche. Sobre este assunto ver: (AT, XI, p. 119)

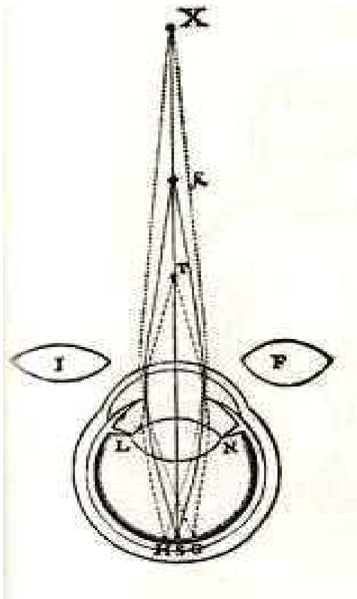


Figura 4.2 - A formação do visível

Em outras palavras, o visível, aquilo que o *ingnium* está percebendo depende da capacidade do olho de reproduzir a figura do objeto observado em forma de figura impressa no seu fundo, no ponto S como mostra a figura 4.2. No ponto S, a imagem está pintada de acordo com a figura LN dependente do líquido cristalino. Finalmente, o visível depende da capacidade da faculdade de visão em receber figuras dos objetos observados na forma de imagens (figuras) pintadas num ponto S de acordo com LN.

Ao mesmo tempo, a relação entre a faculdade de visão e o visível está determinada pela mesma capacidade. Como mostra *O homem*, esta relação se manifesta pela percepção das diversas distâncias (Ibid.,136:1-2) dos objetos observados, que podem ser "distintamente pintadas no fundo do olho" (Ibid., p. 135:28-29. Em outras palavras, a relação citada depende da capacidade da faculdade de visão em receber figuras do mundo externo. Este é o sentido no qual, a relação entre a faculdade de visão e seu objeto (o visível) depende da capacidade de receber figuras contidas nas "coisas sensíveis" [129] (413:7-8).

Com respeito à imaginação, o seu objeto são figuras transferidas dos sentidos. A figura reproduzida no ponto no fundo do olho aparece transferida e impressa na fantasia. Agora, qual é a diferença entre o objeto dos sentidos e da imaginação? Em primeiro lugar, figura

---

[129] Mencionamos que a questão das capacidades das faculdades foi um tema discutido por escolásticos, herdado de Aristóteles. Estas capacidades foram também consideradas em relação aos objetos das faculdades da alma (na terminologia dos escolásticos). Ao contrário de Descartes, os escolásticos consideravam que o objeto determinaria que alguma faculdade responderia ao seu objeto. As capacidades das faculdades e relações com seus objetos dependem dos próprios objetos, cujas diferenças são resultados de pertencerem aos vários gêneros do ser, definindo as faculdades como diferentes entre si.

como figura é mesma, a diferença se refere ao fato de que figura impressa na fantasia se torna acessível à razão. Figura da imaginação está em nós, entretanto, aquela impressa nos sentidos fica fora do alcance da razão. Também, a figura da imaginação é acompanhada pela consciência sensorial, o *ingenium* sabe da coisa representada pela figura em questão. O objeto da imaginação é determinado pela capacidade da imaginação de tornar figura em algo pronto para ser acessível à razão. Figura aparece como fonte de informações sobre a coisa representada. Na imaginação, figura se tornou uma idéia, ela é determinada como idéia, graças à capacidade da imaginação como a faculdade cognitiva do *ingenium*. Na realidade, a capacidade cognitiva da imaginação consiste em ligar os dois universos: o mundo externo e a razão.

Pelo que vimos até agora, podemos destacar dois pontos da maior importância para a explicação de como a percepção sensorial contribui para o conhecimento. Primeiro, o objeto percebido, o visível é determinado pela capacidade do olho de reproduzir a figura do objeto observado. No fundo do olho, graças à capacidade cognitiva do sentido da visão, figuras das coisas externas são reproduzidas em forma de figuras transportadas para a fantasia. Segundo, figura é aquilo que permanece na coisa externa e no fundo do olho. Ainda, ela é transportada para a fantasia a ser impressa como a figura da imaginação. A contribuição da percepção sensorial, ou então dos sentidos e da imaginação ao conhecimento consiste em assegurar que coisas do mundo externo aparecem em nós, representadas por figuras da imaginação acessíveis à razão responsável pela ciência. Veremos o que está em questão através da investigação do funcionamento da percepção sensorial.

O funcionamento da percepção sensorial. Descartes se comprometeu a mostrar como funcionam os sentidos, a imaginação e sua relação. Na regra XII, ele fez isto. A partir desta regra, as faculdades cognitivas mencionadas e sua relação são apresentadas a seguir:

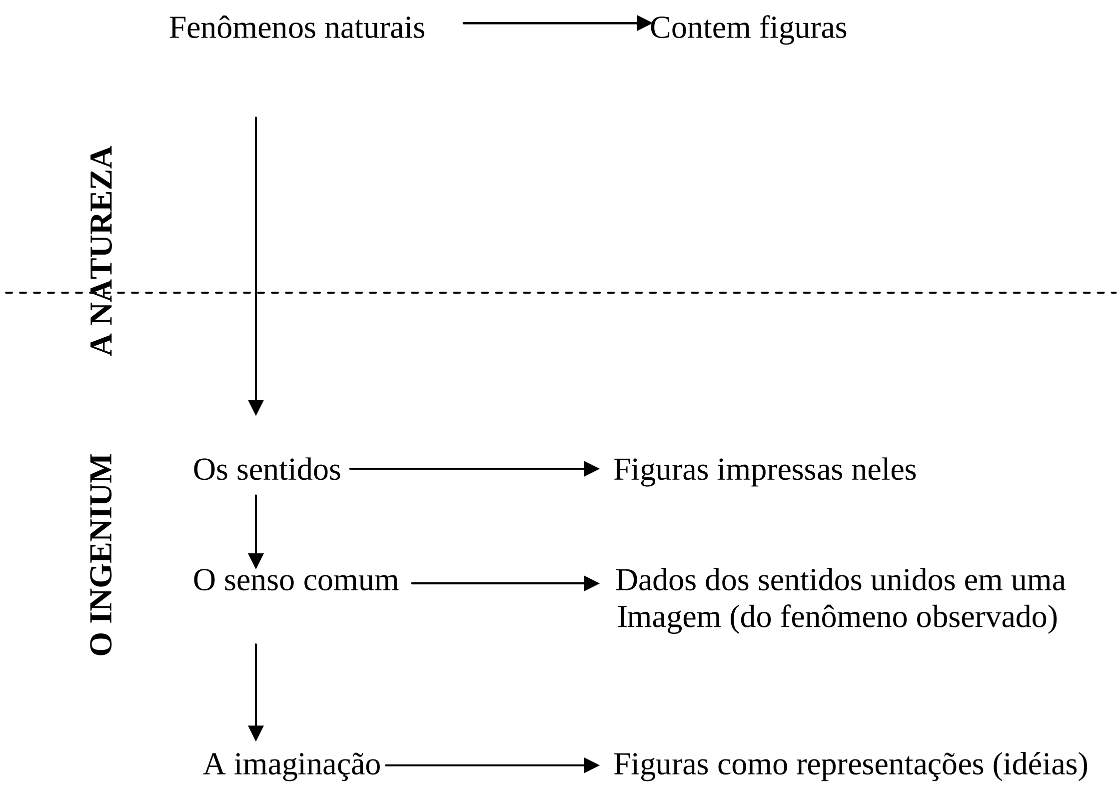


Figura 4.3- Os mecanismos da percepção sensorial

A figura 4.3 aponta as faculdades cognitivas (e seus objetos) das quais depende a percepção sensorial. Como já foi dito, a percepção assegura que os fenômenos existentes fora do *ingenium* sejam “transportados” para a fantasia (a imaginação). O funcionamento da percepção sensorial consiste em assegurar isto. Este funcionamento se descreve em termos de: (i) figura; (ii) atividade fisiológica; (iii) ausência de semelhança entre a coisa em si, o percebido e a sensação; (iv) consciência sensorial (SMITH, 1998; BROWN, 2007). São aspectos essenciais do funcionamento da percepção sensorial.

(i) Figura é contida nas coisas sensíveis. Quando coisas estão percebidas pelos sentidos, a figura aparece impressa neles do mesmo modo que “a cera recebe sua figura do selo” (412:18). Descartes entendeu que a impressão da figura externa nos sentidos fosse o modo de como os mesmos sentidos se tornar figurados. Na percepção sensorial, os sentidos tomam formas das figuras contidas nas coisas percebidas, imprimidas nos mesmos sentidos. Figuras imprimidas são as figuras dos sentidos mesmas. Descartes diz: os sentidos recebem “sua figura”. As palavras “sua figura” explicam que figuras contidas nas coisas sensíveis são impressas nos sentidos onde a impressão parece a figura dos próprios sentidos. Dos sentidos, a figura será "transferida" para a imaginação para que se tornasse a figura da imaginação. Como figura da imaginação, a mesma figura se transforma na idéia pronta a ser explorada e conhecida pela razão. Assim, o *ingenium* conhecerá a coisa representada pela idéia.

Nota-se que a figura é a chave da percepção sensorial. Na regra XII, Descartes explicou isto dizendo que figura "é de grande ajuda para conceber todas estas coisas, desde que não caia mais facilmente no sentido de que a figura se toca e se vê... mostra que figura é tão comum e tão simples que cada coisa sensível a envolve" (413:3-8). Por aparecer nos sentidos e na imaginação, Descartes viu a figura "tão comum", quer dizer percebível por qualquer um, e "simples", ou seja, compreensível a partir dela mesma, como a chave da percepção sensorial. Figuras envolvidas nas coisas sensíveis as fazem ter formas diferentes: são as diversas coisas reconhecíveis como tais com base nas figuras. Na continuação do parágrafo 413:3-8, Descartes insistiu que cada coisa sensível aparecesse compreensível em termos de figura a partir da qual, a própria coisa poderia ser concebida e até diferenciada das outras. Ele ilustrou isto pelo exemplo da percepção do branco, do azul e do vermelho. Trata-se de um exemplo apresentado na continuação da citação mencionada. O homem percebe o branco, o azul, o vermelho, a partir de figuras (ver a figura 4.4). Graças a elas "compreendemos a diversidade que se encontra entre o branco, o azul e o vermelho" (413:15-16). São as seguintes figuras:

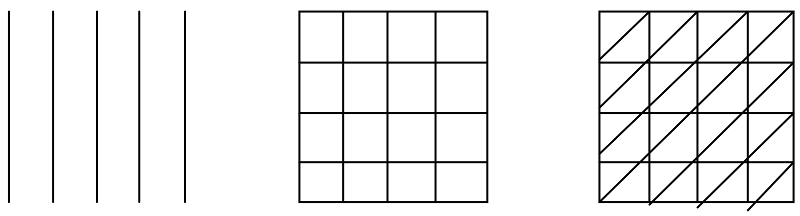


Figura 4.4 - O branco, o azulo e o vermelho, apresentados através das figuras

A figura 4.4 ilustra a idéia de que todas as coisas do mundo externo se apresentam através de figuras para o homem, nos sentidos. Esta idéia de Descartes explica que coisas sensíveis podem ser concebidas e diferenciadas a partir de figuras imprimidas nos sentidos. Para acontecer isto, o *ingenium* conta com "a multidão infinita de figuras... para exprimir todas as diferenças entre as coisas sensíveis" (413: 19-20). Dito em outras palavras, estas coisas envolvem figuras a partir das quais podem ser compreendidas como tais e tais coisas.

Para concluir: o exemplo já considerado explica a idéia cartesiana de que as coisas do mundo externo contêm figuras, aparecidas na percepção sensorial, em que são reconhecidas graças à geometria. Certamente, através deste exemplo, Descartes quis mostrar que a geometria deveria ser usada na investigação matemática das coisas existentes no mundo externo. Quando ele disser que há “a multidão infinita de figuras... para exprimir todas as diferenças entre as coisas sensíveis”, pensava na geometria, cujas figuras são aplicadas às coisas sensíveis para serem reconhecidas figuras nelas mesmas. Este é o sentido das palavras citadas.

(ii) A percepção sensorial funciona “no campo corporal” (HATFIELD, EPSTEIN, 1979). Ela pressupõe a relação entre os sentidos e fantasia, intermediada pelo senso comum. Descarte disse, sem deixar dúvida nenhuma que: os cinco sentidos (visão, audição, olfato, gosto e tato) “são as partes do corpo” (412:15; a fantasia é “uma verdadeira parte do corpo” (414:21-22); “a figura, recebida dos sentidos, está transportada para outra parte do corpo, que se chama senso comum” (414:2-3). As partes do corpo mencionadas têm forma de órgãos, cujo funcionamento faz possível a percepção sensorial, Os órgãos ligados à percepção sensorial são os sentidos e o cérebro em que se localizam fantasia e o senso comum. Para funcionar, estes órgãos contêm “pequenos tubos’, como Descartes explicou no *Homem*, que ligam também os mesmos órgãos para que figuras sejam transmitidas do mundo externo até a fantasia (ver a figura 4.5). A percepção sensorial depende da fisiologia. A questão fisiológica foi indicada nas *Regulae,* e elaborada em detalhes no *Homem*[130].

Vale pena mencionar que a definição do *ingenium* compreende a fisiologia. Um dos dois seus pontos centrais, alem da idéia do *ingenium* definido como espiritual, é a união espírito-corpo. A união que envolve a fisiologia, os órgãos em que se enraíza a percepção sensorial, o funcionamento do mesmo *ingenium.* A união foi afirmada nas *Regulae* e confirmada no *Homem.* O *ingenum* se define em termos de capacidade do conhecimento, “não menos distinta do corpo do que o sangue do osso” (415:15). No *Homem*, explicando como funciona o sentido da visão (ver as figuras 4.1, 4.2 e 4.5), Descartes falou dos “espíritos que correm... na direção destes tubos” (AT, XI, p. 188:9, os espíritos “que sabem

[130] O *homem* é o texto concebido como a última parte do *Mundo*. A idéia de Descartes foi mostrar que o corpo humano é uma parte do mesmo mundo em que tudo fica submetido às mesmas leis da natureza, quer dizer, às leis do movimento. O corpo humano parece uma máquina explicável em termos mecânicos. Neste sentido, o *Homem* oferece a explicação fisiológica da percepção sensorial.

dos pontos *a*, *b*, *c*, correndo na direção deles" [131] (Ibid., p. 188:13-14). Também no *Homem*, ele falou dos "pequenos fiozinhos que compõem a substância do cérebro" (Ibid. p. 190:2-3) que admitem conduzir "os espíritos na direção dos certos lugares da sua base e de certos nervos" (Ibid., p. 190:3-5).

Contudo, apesar de haver a união estrita entre o espírito e o corpo, Descartes diferencia claramente, como mostra a regra XII, a cognição e a sua base fisiológica pertinente ao "campo corporal". E o foco de sua atenção é o processo da aquisição do conhecimento, não a fisiologia mesma. A explicação pressupõe a diferença citada. O que mostra o fato de que Descartes não incluiu o senso comum na lista das faculdades cognitivas, apresentada no começo da regra XII (411:6-7. Esta diferença fez com que ele não o incluísse na referida lista. Como o senso comum serve para unir dados obtidos por sentidos e formar a imagem da coisa percebida por sentidos, Descartes considerou que o senso comuns não deveria ser incluído na lista com que anunciou quais faculdades cognitivas eram envolvidas na cognição. Do ponto de vista da "indústria humana" (410:28), quer dizer, da cognição, é razoável considerar "a razão, a imaginação, os sentidos e a memória" (411:6) como as faculdades cognitivas. Mas quando passasse a indicar a base corporal da cognição, ele iria mencionar o senso comum. Que tal interpretação pode ser adequada àquilo que Descartes pensava sobre as faculdades cognitivas e sua base fisiológica, comprova o *Homem.* Ali ele ligou a fantasia e o senso comum à glândula pineal dizendo que esta seria a "sede" da própria imaginação (AT, XI, p. 176:30).

Do *Homem* sabemos que a fisiologia da percepção sensorial ficou explicada em termos de máquina. Ou seja, o corpo é visto como se fosse uma máquina composta de vários mecanismos[132] cujas ligações e funcionamentos admitem a percepção sensorial. No começo do *Homem*, Descartes anunciou como iria investigar a estrutura corporal do homem, que ficasse como base da percepção sensorial: "Eu supunha que o corpo é

---

[131] Para saber o que está em questão ver a figura 4.5 e a explicação do funcionamento da visão.

[132] Sobre a concepção de o mecanismo ver Des Chene (2001): *Spirits and Clocs: Machine and Organism in Descartes*, a parte II.

Des Chane oferece uma consideração bem detalhada sobre o corpo e sua interpretação em termos de máquina. Quanto a Descartes, ele diferencia os termos "mecânico', 'mecanismo', e 'mecanismos'.

O primeiro termo significa "apenas os modos de extensão" (Ibid., p. 71), quer dizer, que todas as coisas materiais são compostas de partes (até corpúsculos) e suas relações causais. A sua explicação compreende a descrição mecânica, a descrição em termos de partes constituintes e suas relações.

'Mecanismo' ou a 'filosofia mecanicista' denota "doutrinas sobre a explicação" mecanicista das coisas, um conjunto de exigências metodológicas e procedimentos da explicação mecanicista (Ibid. p. 72).

'Mecanismos' se referem às partes das quais é a máquina constituída. "Na fisiologia, máquinas correspondem a organismos e mecanismos a órgãos" (Ibid.).

Quando usar o termo 'mecanismos' no nosso estudo, pensamos do significado explicado por Des Chane.

apenas... uma máquina de terra” (AT, XI, p. 120:5) composta de partes que são necessárias para ela funcionar” (Ibid., 120:9-10).

Como mostra o *Homem*, a percepção sensorial compreende os mecanismos de sentidos e glândula pineal (onde se acha a fantasia). A figura 4.5 oferece a conhecer a máquina da percepção visual e os mecanismos envolvidos nela. Através dela, Descartes pretendeu a explicar como se formam figuras na glândula pineal onde está situada “a sede“ da imaginação e do senso comum. Em termos fisiológicos, ele explicou como se constituem figuras da imaginação, quer dizer as idéias dos objetos percebidos pelos sentidos. É a explicação da constituição do objeto da investigação, a partir da sua base fisiológica. Esta explicação é feita em termos de maquina composta dos sentidos e da glândula, vistos como os mecanismos cujo funcionamento visa a cumprir a função de produzir figuras (*abc*) do objeto observado (ABC).

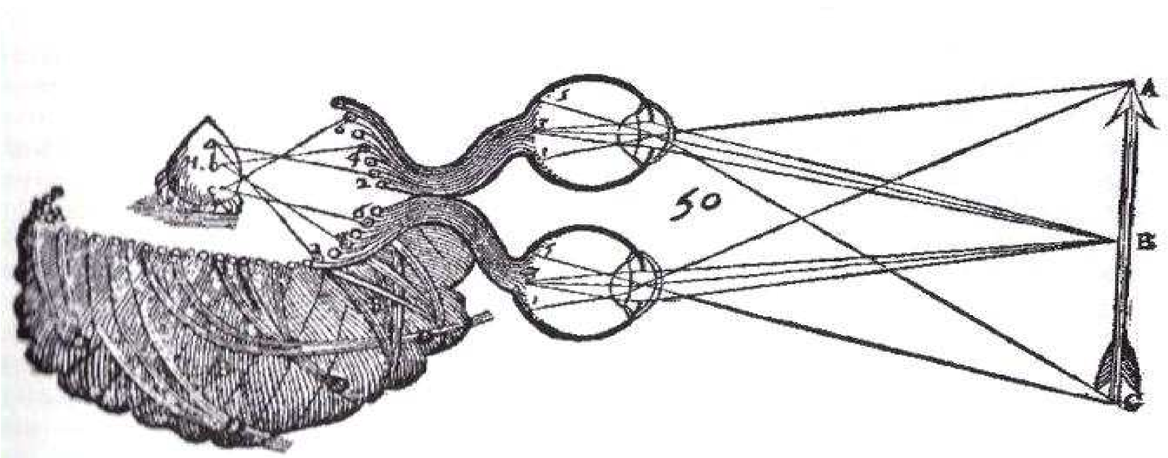


Figura 4.5 (AT, X, a figura 29 no Apêndice do *Homem)*

A base fisiológica da percepção sensorial

Descartes explicou a figura 4.5, dizendo:

> ... vamos ver como se formam as idéias dos objetos que afetam os sentidos. Observem na figura aqui juntada (fig. 4.5) os pequenos fiozinhos 12, 34, 56 e semelhantes, que compõem o nervo ótico e que são estendidos do fundo do olho 1, 2,3 até à superfície interna do cérebro 2, 4,6. E pensem que estes fiozinhos são dispostos, caso de vêem os raios, por exemplo, do ponto A do objeto, prensar o fundo do olho no ponto I para tirar desta maneira o fiozinho 12 e aumentar a abertura do pequeno tubo 2. E o mesmo acontecer quando os raios vindo do ponto B aumentar a abertura do pequeno tubo 4 e etc. Deste modo, os pontos 1, 3, 5, prensados por estes raios, traçam no fundo do olho uma figura referentes àquela do objeto ABC. É evidente que as maneiras diferentes das quais os pequenos tubos 2, 4, 6 estão abertos pelos fiozinhos 12, 14, 56 etc., devem o traçar na superfície interna do cérebro (AT, XI, p. 174:26-175:1-17).

Isto é, o objeto ABC percebido pelo sentido de vista será representado pela figura *abc* impresso na glândula pineal. No fundo do olho se forma a figura invertida[133] do objeto observado ABC que será transmitida para a glândula pineal. Em outras palavras, o objeto ABC será representado pela figura *abc* na imaginação, cuja sede fica na glândula pineal H. Tal é a explicação dos mecanismos da máquina que acaba por produzir a figura *abc* vista como a representação do objeto ABC. *abc* é a figura que representa o objeto externo ABC, ou seja, a figura formada na imaginação localizada na glândula pineal H.

Com esta explicação de Descartes, pode-se perguntar: qual é o sentido da explicação da percepção sensorial em termos de máquina? Concordamos com a afirmação de Des Chane (2001, p. 88) de que tal explicação abre a possibilidade de ver a percepção sensorial em relação à extensão e às leis do movimento. Os mecanismos, quer dizer os sentidos e a glândula pineal, têm capacidade de "captar" figuras contidas nas coisas sensíveis e as transportar para a imaginação. Cada figura é a extensão submetida às leis do movimento.

(iii) Na regra XII das *Regulae*, Descartes indicou a dessemelhança entre a coisa em si, o percebido e a sensação, como um dos aspectos essenciais da percepção sensorial, da grande importância para a possibilidade do conhecimento certo e indubitável sobre a natureza. Precisamente, este conhecimento é possível por haver a diferença mencionada.

Da regra XII, pela explicação de como alguma "coisa sensível" existente no mundo externo aparece apresentada pela figura da imaginação, fica bem claro que não há semelhança entre a coisa externa, a figura da imaginação e a sensação envolvida na percepção sensorial. Na realidade, sobre a coisa existente no mundo externo se sabe, graças a alguma figura da imaginação que representa a mesma coisa oferecendo informações sobre ela (416:228: 29; 417:1-4). Claro, tal figura pertence ao *ingenium*: apesar de ser impressa na parte do cérebro, a figura é diferente da coisa representada por ela. Quanto à sensação, é decisivo que ela se difira da figura impressa na imaginação. É decisivo para não confundir aquilo que possa ser explicado em termos de geometria, quer dizer, quantidades e características geométricas, e qualidades matematicamente não compreensíveis. Esta diferença é referente à determinação do objeto da investigação como algo matematicamente explicável. Tal determinação se torna possível por separar figuras e sensações. Por separar, por exemplo, a grandeza, o movimento, da cor ou do odor, etc.

---

[133] A figura 4.5 é emprestada do Apêndice do *Homem*. Já foi dito, o conjunto de figuras incluídas neste Apêndice não foi desenhado por Descartes. Aquele que desenhou a figura não apresentou a figura *abc* no sentido invertido, como deveria ser em relação ao fato que se trata de uma figura transferida do fundo do olho para a glândula pineal. Como Smith apontou (1998, p. 67), isto não foi necessariamente a intenção de Descartes.

Estes, ligados à sensação, não são o objeto da investigação da física. Simplesmente, a sensação tem de ser excluída da física porque introduz "na natureza a realidade de uma informação irreduzível... ao mecanismo cartesiano" (VUILLEMIN, 1960, p. 34), portanto, não cabível na explicação geométrico-mecanicista.

Na percepção sensorial aparecem quantidades em forma de figuras e qualidades sensíveis ligadas à sensação. Só figuras são incluídas na investigação cientifica. Para Descartes, é necessário fazer a diferença entre sensações e figuras para poder assegurar a constituição do objeto da investigação da física determinado em termos de geometria. Elas têm de ser diferenciadas na percepção sensorial. Diferenciá-las significa entender que o objeto da nova física compreende apenas figuras e nada mais que figuras. Assim, a figura toma a posição central na aquisição do conhecimento sobre a natureza. Em torno dela se constrói a física matemática. Com tal posição da figura na construção da física em mente, Marion (1991, p. 235) afirma que a questão da sensação e da dessemelhança é a questão do estatuto da figura. A nosso ver, o seu estatuto se mostra: por fazer possível diferenciar características geométricas e qualidades sensíveis e por apresentar proporções envolvidas nos fenômenos investigados. A partir daí, para construir a física, é necessário excluir da percepção sensorial tudo que não é figura. O critério da exclusão é a própria figura.

Terminamos a discussão sobre a dessemelhança mencionando os dois tópicos importantes. Primeiro, se não há semelhança, tem um tipo de correspondência entre figuras contidas nas coisas e aquelas da imaginação. Sem tal correspondência não seria possível ter conhecimento nenhum. A correspondência é entre coisas diferentes, onde umas podem ser apresentadas por outras, como os fenômenos naturais pelas figuras da imaginação. Como o próprio Descartes apontou, há a analogia entre o mundo externo e o *ingenium* (415:25-26, 441:20). A questão da semelhança não pode ser entendida sem considerar a questão da analogia que teve grande importância até a adoção da teoria das verdades eternas em 1630, quando a questão da analogia foi abandonada por Descartes. Este tópico será considerado neste capítulo na discussão sobre a analogia e a teoria das verdades eternas. Segundo, a dessemelhança desaprova a idéia aristotélica de que a física se baseia nos sentidos. Desde o *ingenium* seja capaz de diferenciar figuras e qualidades sensíveis, ele entenderá que não precisa destas qualidades para construir a física. Na própria percepção sensorial ele acha aquilo que pode servir como a base da explicação matemática da natureza: figura.

(iv) A consciência é envolvida na percepção sensorial. O homem sabe da coisa percebida. Como no caso apresentado pela figura 4.5, o *ingenium* está consciente do objeto ABC. Tal consciência é ligada à união do corpo e espírito e diz respeito a figuras impressas na imaginação (AT, XI, p. 176:26-31; 177:1-4). Smith (1998) chamou 'sensorial' tal consciência. 'Sensorial' indica que ainda não se trata alguma atividade puramente intelectual do *ingenium*. Apesar de ser acompanhada pela consciência, a imaginação fica estritamente ligada ao corpo e depende dele para o seu funcionamento. A consciência é sensorial.

Nas *Regulae*, a observação de Descartes de que animal não tem "absolutamente nenhum conhecimento das coisas" (415:9-10), aponta para as figuras impressas na imaginação do animal. Estas figuras não são às idéias prontas a serem conhecidas, desde que não são acompanhadas pela consciência (como no caso do homem). O animal não tem consciência nenhuma. Quanto ao homem, a consciência já acompanha figuras impressas na imaginação. O homem sabe destas figuras e daquilo que elas representam. Ou como disse Descartes no *Homem*, "a figura impressa na imaginação é imediatamente considerada" pelo *ingenium.*

No *Homem*, Descartes salientou que figuras da imaginação fossem "imediatamente consideradas" pela "alma racional" (Ibid., p. 177:1-2). O *ingenium* considera figuras "vindas da glândula", tendo a onisciência delas. As figuras da imaginação são acompanhadas pela consciência. A figura *abc* impressa na glândula pineal é imediatamente considerada pelo *ingenium*: este sabe de sua presença, ou seja, tem a consciência da figura *abc*. Como *abc* representa ABC, pode-se dizer que o *ingenium* é ciente do objeto ABC existente realmente no mundo externo.

A consciência sensorial levanta a questão de como o *ingenium* pode reconhecer as figuras da imaginação como tais e tais figuras? Ele encontra na imaginação algo reconhecido como figuras. Como? Parece que tal questão surge ainda com a consciência sensorial. O fato de que o *ingenium* reconheça figuras como tal gera a questão de como é isto possível. A resposta é: o *ingenium* usa a geometria. Assim, já a percepção sensorial envolve a geometria para que ficasse aplicada às figuras da imaginação. É um fato. Considerado à luz da investigação da natureza, ele sugere que a operacionalização da *mathesis universalis* começa quando as figuras da imaginação forem "imediatamente consideradas" pelo *ingenium*. Ainda na tentativa de reconhecer figuras da imaginação como tais e tais figuras, o *ingenium* envolvido na investigação científica precisa saber como é possível usar a geometria para aplicá-la às figuras em questão. Ele precisa da *mathesis universalis,* cujos princípios se tornam operacionais por serem aplicados às figuras (da imaginação) que representam fenômenos particulares. Eles são operacionalizados por suas aplicações específicas sob circunstância da investigação dos fenômenos particulares[134].

Aqui chegamos ao fim da discussão sobre a percepção sensorial. Nesta discussão, conhecemos que a imaginação se apresenta como o ponto em que surge a necessidade de colocar a *mathesis universalis* em operação. É necessário fazer isto desde a geometria tem de ser usada para o *ingenium* reconhecer e explorar figuras da imaginação, atuando na forma da intuição e dedução. Daí, a imaginação é o ponto em que começa a edificação da física como uma ciência matemática sobre a natureza. Esta edificação cabe á razão responsável pela produção das idéias claras e distintas sobre os fenômenos naturais, a partir da abordagem das figuras da imaginação.

4.1.2. Da imaginação às idéias dos fenômenos naturais

O *ingenium* "observando" as figuras da imaginação pode conhecer "a situação, a figura, a distância, a grandeza e outras qualidades semelhantes" (AT, XI, p. 159:2-4) das coisas do mundo externo representadas pelas mesmas figuras. Ele é capaz de julgar as coisas existentes fora dele e saber a sua grandeza, distância ou "qualidades semelhantes" (características geométricas das coisas sensíveis). Parece bem claro que tudo isto pode ser concluído a partir de figuras da imaginação, mas não pode ser o trabalho dela. Desde que figuras da imaginação não são coisas próprias que representam, segue-se que não é possível com base nelas saber a distância ou tamanho das coisas existentes no mundo externo. Mas a razão pode saber. Ela pode julgar a distância ou o tamanho das coisas externas. A partir de figuras da imaginação, a razão concluirá, independente da imaginação e dos sentidos, sobre as características geométricas das coisas existentes fora do *ingenium*. Ele produzirá as ideais claras e distintas sobre mesmas coisas.

Assim, chegamos à relação imaginação-razão em que serão produzidas idéias claras e distintas sobre os fenômenos naturais. O funcionamento desta relação consiste na atuação

[134] Neste momento vale à pena lembrar-se da discussão sobre princípios da *mathesis universalis* (o capítulo III) e dificuldades surgidas na tentativa de colocá-los em operação. Ali foi dito que há dificuldade ligada à sua aplicação específica na investigação de algum fenômeno particular. Agora podemos ver que se trata de uma dificuldade da sua operacionalização, ao longo do processo da aquisição do conhecimento sobre a natureza. Tal dificuldade aparece ainda quando o *ingenium* busca reconhecer figuras da imaginação como tais e tais figuras. Para fazer isto, o único caminho é usar a geometria.

da razão sobre figuras da imaginação e produção das idéias mencionadas. Por abordar as figuras da imaginação, a razão se concentra na quantidade e nas características geométricas, a partir das quais vai julgar sobre os fenômenos existentes na natureza. Ela construirá o seu próprio objeto de acordo com o seu modo de responder às figuras da imaginação e a capacidade de produzir as idéias claras e distintas sobre os fenômenos naturais. Ela julga as coisas do mundo externo, dizia Descartes. Para ver como a razão fez isto, vamos recorrer ao caso do julgamento da distância explicado no *Homem*. Ali, se mostra como a razão define e constitui o "seu" objeto da investigação em termos de geometria sem referência à imaginação ou aos sentidos. O caso é investigado com base nas figuras 4.6 e 4.7. Descartes explicou como ocorre o julgamento da distância:

> Observem (a figura 4.6) que as duas mãos, *f* e *g*, seguram cada bastião, *i* e *h*, tocando o objeto K, e, a alma não conheça o comprimido destes bastiões. Todavia, como ela conhece a distância entre dois pontos *f* e *g* e a grandeza dos ângulos *fgh* e *gfi*, poderia souber, pela Geometria natural, onde está o objeto K. Da mesma maneira (a figura 4.7), quando os dois olhos retornam ao objeto N, a grandeza da linha LM e aquela de dois ângulos LMN e MNL admitem conhecer o lugar do ponto N.

Figura 4.6 (a figura 15 no Apêndice do *Homem)* - O julgamento da distância

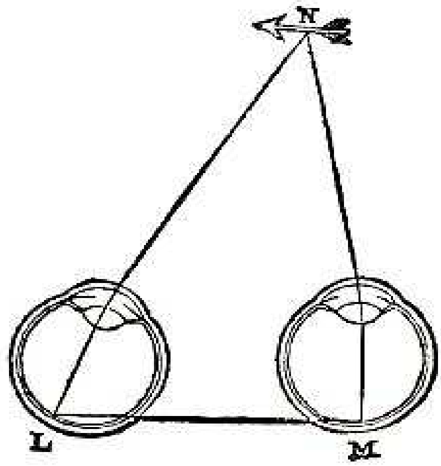


Figura 4.7 (a figura 16 no Apêndice do *Homem*) – O uso da geometria

Primeiro, tanto a distância entre o ponto K e os maus (a figura 4.6) quanto aquela entre os olhos e ponto M (a figura 4.7) é determinada pelo uso da geometria. O julgamento sobre a distância é o trabalho da razão independente dos sentidos e da imaginação. Ela usa os conceitos de geometria como a linha *fg*, os ângulos *fgh* e *gfi* (Fig. 4.6), ou a linha LM e os ângulos LMN e MNL (Fig. 4.6). Usando estes conceitos, a razão concluirá sobre a distância. Para explicar como se pode julgar sobre a distância, Descartes apontou para a "Geometria natural". Usando este termo, ele confirmava aquilo que estabeleceu ainda no fim do ano 1618: a identificação entre a natureza e a geometria. O *ingenium* pode julgar sobre as características geométricas das coisas (tamanho, distância, figura, etc.) por pressupor o raciocínio geométrico baseado no uso dos conceitos geométricos na investigação das coisas que envolvem a geometria natural (a natureza é geométrica em si).

Da figura 4.7 fica claro que a distância se define com base na geometria. O fenômeno é apresentado por um triângulo LNM que serve como a base da conclusão sobre a distância entre o ponto N dos dois olhos. Neste triângulo, os lados LN e MN representam a distância calculada a partir da base LM e os ângulos LMN e MNL. Tal apresentação por meio de um triângulo é o produto da razão. Construir o triângulo e buscar, a partir dele, o procurado é o trabalho da razão, um trabalho independente da imaginação e dos sentidos. Com base no triângulo, a razão investigará o fenômeno e produzirá as idéias claras e distintas. Ela começou por abordar a figura da imaginação, uma figura de forma triangular, e avançou na direção de construir o triângulo LMN que serviria como a base da busca pelo tamanho da distância do N em relação aos olhos.

A discussão mostra como funciona a relação imaginação-razão para que a razão possa produzir as idéias claras e distintas. O foco desta relação reside na figura geométrica, que representa o problema investigado, e a partir da qual fica possível chegar à explicação matemática do mesmo problema. Construir tal figura compreende a formulação do problema investigado em termos de geometria. Trata-se da formulação matemática do problema, no sentido de transformá-lo no objeto do conhecimento, compreensível e explicável dentro do escopo da capacidade de conhecimento (*vis cogniscence*) do *ingenium*. Na realidade, é a constituição do objeto mesmo, com a finalidade de ser explicado por meio da matemática.

4.1.2.1. A figuração do problema investigado

Constituir este objeto significa formular um problema singular da investigação, usando os conceitos geométricos, para transformá-lo no objeto determinado em termos de quantidade e proporção. É transformar o problema citado no objeto do conhecimento, compreensível para o *ingenium*. Tal objeto é apresentado por alguma figura geométrica, que serve como a base da explicação matemática. Justamente como mostra o caso da queda livre, discutido no capítulo 1. Recorda-nós: figura triangular ABC (ver a figura 1.1) apresenta o problema da queda de um corpo pesado.

A discussão já feita mostra como Descartes entendeu a figuração do problema investigado. Sepper (1996, p. 101) tem razão quando disser que o *ingenium* compreende as coisas do mundo externo “dentro da atividade da figuração”. Acrescentamos a afirmação de Sepper, enfatizando que a figuração é a atividade da razão. Sendo a atividade da razão, a figuração funciona por ser ligada aos sentidos, à imaginação, e à memória. Neles, a figuração encontra o “material” do seu trabalho: figuras. Lembremos daquilo que foi dito: no caso dos sentidos, trata-se de acolher figuras contidas nas coisas do mundo externo; com respeito à imaginação, ela recebe figuras transportadas dos sentidos, para serem formadas figuras nela mesma, vistas como representações das coisas do mundo externo; na memória, figuras são guardadas a ser utilizadas ao longo da figuração. A partir de figuras da imaginação, pela figuração, a razão construirá figuras, com base do uso da geometria, traçadas no papel para servir como a base da explicação matemática. À diferença em relação a figuras impressas nos sentidos, figuras da imaginação se propõem a ser conhecidas. Ou, dito em outras palavras, figuras da imaginação suscitam a figuração. Esta acaba por construir figuras que representam quantidades e proporções, envolvidas nos problemas investigadas. Figuras são construídas no sentido de ficarem traçadas no papel, com compasso, régua ou algum outro instrumento matemático. Figuras são traçadas no papel a fim de que se tornassem usáveis na investigação (ver a figura 4.7). Em torno destas figuras, se organiza a investigação. Tendo isto em mente, Descartes disse na regra XV: "é útil passar a maioria do tempo a descrever estas figuras e fazê-las visíveis para os sentidos externos" (454:2-3). Isto é, torná-las usáveis na investigação científica. O caminho das figuras impressas na imaginação até as figuras traçadas no papel é a via da figuração dos problemas investigados. Descartes descreveu esta via nas *Regulae*, mais precisamente nas regras XII-XVIII. Ali, ele elaborou a concepção da figuração[135], vista por Descartes como um dos principais temas das *Regulae* e como a chave da construção da nova física.

Pelo aquilo que vemos até agora, conclui-se que a figuração se define como a atividade da razão, efetuada pela intuição e dedução, e baseada no uso da geometria, assegurado pela *mathesis universalis*. O seu objetivo é construir figuras geométricas, traçadas no papel para servir como a base da explicação matemática. Tal definição da figuração pode ser apresentada a seguir:

[135] Esta concepção foi discutida em detalhes por Marion (1991) e Sepper (1996). Em *Sur La théologie blanche de Descartes*, Marion abordou a questão da figuração do ponto de vista da figura em torno da qual fosse desenvolvido o conceito de código da ciência (o livro II, seção 1). O código se define como o esquema que torna possível construir a ciência e o seu foco é a figura que conduz à figuração, em que são incluídos todos os elementos necessários para a edificação da ciência (faculdades cognitivas, a geometria, o objeto da investigação etc.).

No livro *Descartes' Imagination* (1996), Sepper fez a investigação detalhada da concepção de Descartes da imaginação. Ele focalizou o papel da imaginação na aquisição do conhecimento sobre o mundo, apontando que "Descartes atribuiu o papel chave à imaginação no pensamento matemático e físico" (Ibid. p. 7). Neste sentido, ele assinalou que "nos trabalhos adiantados de Descartes, de 1618 até 1630, o uso cognitivo da imaginação foi o assunto central, e muitas vezes fundamental" (Ibid. p. 6).

Alem de focalizar "o uso cognitivo da imaginação", Sepper considerou "a centralidade da imaginação na existência finita do homem" (Ibid., p. 5). Ele pretendeu a relatar a importância da imaginação para todos os aspectos da vida humana, não apenas para busca pelo conhecimento cientifico.

Em todos os casos, figuras aparecem no foco da consideração. Estão interpretadas no sentido cientifico, artístico ou da prática da vida cotidiana. A consideração de figuras acaba por visar a figuração, envolvida na consideração de todos os problemas investigados.

Com respeito à figuração, sugerimos a consulta do estudo de Vuillemin (1960), *Mathématiques et métaphysique chez Descartes*. Ele contribui para o entendimento da questão da construção de figuras usadas para elaborar a explicação matemática dos problemas investigados. Vuillemin se concentrou na questão da construção de figuras geométricas, apontando que o interesse de Descartes era explicar como construir figuras capazes de representar "proporções mais ou menos complexas entre as quantidades" (Ibid., p. 83). Como proporções são representadas pelas curvas, Vuillemin achou que a questão principal fosse a construção de curvas cada vez mais complexas. Tais curvas são capazes de expressar proporções complexas que se podem encontrar na natureza.

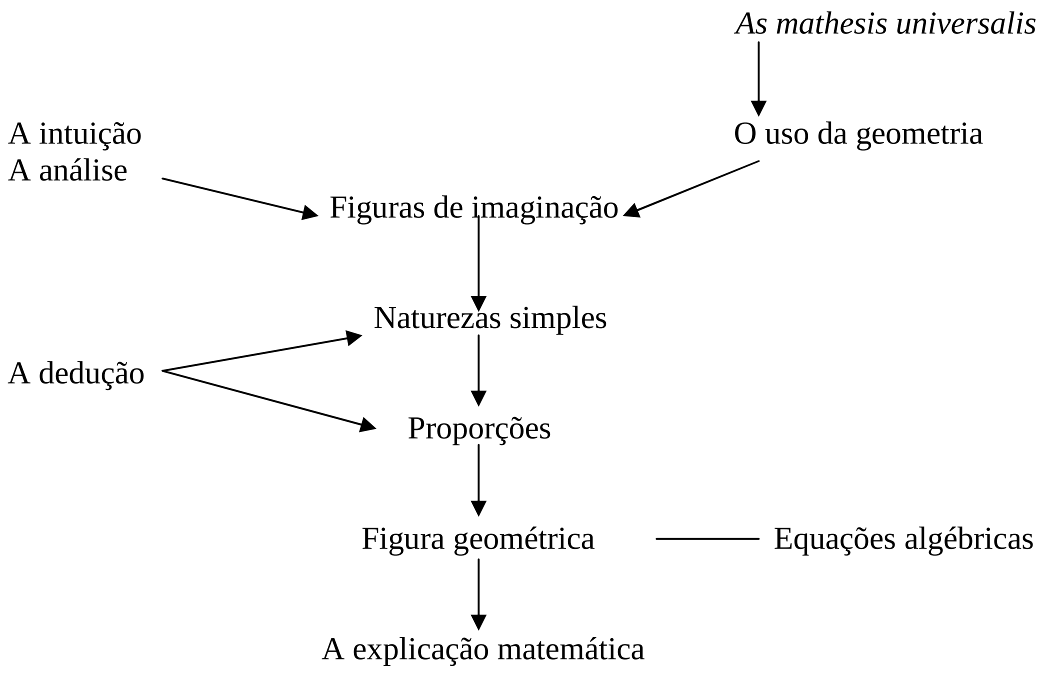


Figura 4.8 - A figuração do problema investigado

A figura 4.8 sumariza aquilo que foi dito sobre o processo da aquisição do conhecimento e fica compreensível a partir da discussão feita até agora. Ela sugere que a figuração visa à figura que representa proporções capazes de oferecer a explicação matemática do problema investigado.

Descartes achou que a figuração poderia ser facilitada pelo uso de equações algébricas. A questão é saber como ele entendeu a utilidade de equações algébricas na figuração dos fenômenos naturais. A resposta se encontra na regra XVI das *Regulae*, onde Descartes revelou a utilidade da álgebra, dizendo que ela admite a facilitação dos cálculos e a eliminação ou a diminuição do uso da memória na investigação científica.

O uso da álgebra. Uma vez que a investigação de algum fenômeno natural abrange o calculo de grandezas, equações poderiam facilitar os cálculos, pensava Descartes. Precisamente, as equações ajudam a: “evitar o tédio do cálculo longo e superficial” (456:1-2) e diferenciar “as partes do assunto” (456:3), quer dizer, distinguir os termos envolvidos no fenômeno investigado.

O que está em jogo, Descartes revelou na consideração do cálculo da base de triângulo retângulo. Ele apontou que a álgebra facilita este cálculo porque usa a fórmula que descreve a base procurada: $\sqrt{a^2 + b^2}$ (456:7). O emprego da fórmula no cálculo da base de triângulo retângulo é mostrado pela diferença entre o procedimento de um aritmético que utiliza números (o Calculador) e o modo de cálculo baseado na fórmula em questão. Descartes explicou: “se procurarmos a base do triângulo retângulo, cujos lados dados são 9 e 12, o Calculador[136] dirá que $\sqrt{225}$ é 15; quanto a nós, em lugar de 9 e 12 colocaremos *a* e *b*; achamos que a base é $\sqrt{a^2+b^2}$ e as duas partes a^2 e b^2 ficam distintas até verificarmos que os números são confusos” (456:4-9). A fórmula $\sqrt{a^2+b^2}$ admite facilitar os cálculos no sentido duplo como já foi dito. Primeiro, é possível fazer cálculo não longo e não superficial, quer dizer, o cálculo que inclui somente os termos necessários. Ou como é apontado na regra XIII: “tal cálculo reduz o problema no ponto onde cada conceito superficial” (431:19) será excluído da consideração para ficar somente com aquilo que está incluído na fórmula $\sqrt{a^2+b^2}$. Em segundo lugar, a fórmula está construída de tal forma, que facilmente se diferencia os termos do problema e “relações que precisam ser entendidas” (455:15): a^2, b^2, + e $\sqrt{\ }$. Pela introdução dos “caracteres *a, b, c,* etc., para exprimir as grandezas já conhecidas” (455:10-11), se pode claramente diferenciar todos os termos envolvidos no problema, o que não parece possível no caso do uso dos números que levam à confusão (“números inúteis”). Para concluir, em relação ao procedimento do Calculador que usa a fórmula composta de números $\sqrt{9^2+12^2} = \sqrt{225}$ = 15, empregar a fórmula algébrica $\sqrt{a^2+b^2}$, proposta por Descartes, significa diferenciar todos os termos envolvidos no problema e saber que a mesma fórmula se refere a qualquer número, ou à quantidade mensurável (matemática reconhecível na natureza).

A utilidade da álgebra mostra também a necessidade de recorrer ao conhecimento já existente sobre o problema investigado. Ao longo da pesquisa, o *ingenium* precisa recorrer à memória, para lembrar o conhecimento guardado nela. Nesse caso, “há temor que uma lembrança superficial afaste uma parte do nosso espírito do conhecimento do objeto presente” (458:13-14). O *ingenium* pode não se lembrar do conhecimento original; portanto fará uma interpretação não apropriada daquilo que está lembrado. Quer dizer, na investigação seriam incluídos os conhecimentos distorcidos, cujo uso vai afastar o *ingenium* “do conhecimento do objeto presente”. Descartes achou que tal situação pode ser evitada pelo uso das equações que como as fórmulas que englobam todos os termos do

[136] Calculador. Descartes empregou este nome para indicar o aritmético que para tratar o mesmo problema usava os números e a fórmula $\sqrt{225}$, e não os símbolos *a* e *b* que podem se referir a qualquer número. Assim, Descartes apontou para a diferença entre a aritmética dos matemáticos antigos e a álgebra adota por ele.

problema possibilitem a solução “sem nenhuma ajuda da memória” (458:17-18). Através das equações, todos os termos do problema estudado são representados “por símbolos altamente abreviados, de maneira da estenografia, para armazenar informações” (GROSHOLZ, in GAUKROGER, 1981, p. 161). Todos os símbolos são presentes ao mesmo tempo na equação. Assim a equação inclui todos os termos ao mesmo tempo presentes à disposição do *ingenium*. Por isto, a equação ao ser resolvida, não precisa de “nenhuma ajuda da memória”, como mostra o caso do cálculo da base do triângulo retângulo. Na expressão $\sqrt{a^2 + b^2}$, todos os termos, a^2 e b^2., necessário para resolver o problema são ao mesmo tempo presentes representando qualquer valor ligado aos lados do triângulo no sentido de que possam ser substituídos por qualquer número sem precisar alguma lembrança do número guardado na memória.

O que se vê é que a utilidade da álgebra se limita a facilitar cálculos mais complexos e reduzir o uso da memória na medida menor possível. De acordo com a utilidade mencionada, “a álgebra não significa nada quando separada do seu uso” (SEPPER, in GAUKROGER, S.: SCHUSTER, J.: SUTTON, J., 2000, p. 244). Descartes acreditou que o *ingenium* “pode ser enganado se dar atenção somente aos símbolos e relações entre símbolos” (LENOIR, 1979, p. 372), completamente vazios de qualquer conteúdo. Equações algébricas sem o acompanhamento de quantidades geométricas foram “vistas por Descartes como o resultado do jogo sem significado com símbolos vazios” (Ibid., p. 358). Equações se referem às quantidades geométricas e somente assim se tornam usadas nos estudos físicos. Ligadas às quantidades geométricas, elas ganham conteúdo e se tornam úteis no sentido de facilitar cálculos e reduzir ou eliminar o uso da memória. Segundo Descartes, a álgebra sozinha, entendida somente como um sistema de símbolos e equações, não pode explicar ou solucionar problema nenhum. Ele pensou assim quando falou da “Álgebra geométrica” na *Physica-mathematica* e explicou a utilidade da álgebra nas *Regulae*. Descartes tinha a idéia de juntar a geometria e álgebra para ser empregadas na figuração e solução dos problemas investigados.

Esta idéia foi elaborada na regra XVIII, onde se mostra que é possível expressar todas as quantidades em linhas e retângulos, e que as operações de adição, subtração, multiplicação e divisão podem ser usadas na geometria para manipular linhas e retângulos, da mesma maneira como na aritmética[137]. Isto resultou na possibilidade de expressar

[137] Nas *Regulae*, ainda se fala de linhas e retângulos. Daí, a extensão, identificada com quantidade na regra XIV, por ser explicada por cálculos executados em forma de quatro operações aritméticas. Porém, na

quaisquer quantidades e suas proporções tanto pelas figuras geométricas tanto por meio de equações

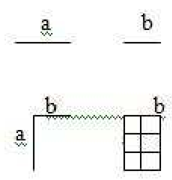
Descartes terminou a consideração da figuração com a idéia de calcular linhas e retângulos usando quatro operações da aritmética. Assim, ele achou que qualquer problema investigado deveria ser formulado em termos de geometria e apresentado por alguma figura descritível por meio de equações algébricas.

4.1.2.2. A figuração e a *mathesis universalis*

Foi dito que a figuração pressupõe a *mathesis universalis*. Precisamente, trata-se da operacionalização da *mathesis universalis* no processo da figuração. Tal operacionalização compreende as aplicações especificas dos princípios desta ciência a problemas singulares. Estes princípios têm de assegurar que figuras, envolvidas na figuração de problemas singulares, podem ser tratadas de acordo com a ordem e medida. São tratadas deste modo a partir da geometria, cujo uso é assegurado e explicado pela *mathesis universalis*. Isto pode ser apresentado a seguir:

Geometria, dizendo da geometria investiga a extensão, Descartes chegou a usar somente linhas para executar as operações de adição, subtração, multiplicação, divisão e raiz. O exemplo da multiplicação mostra a diferença entre as *Regulae* e a *Geometria:*

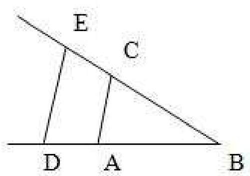
*Regula*e



(466:1)

Quando multiplicar a linha *a* pela linha *b*, "reunimos uma linha com a outra sob o ângulo direto" (465:8) e obtemos o retângulo cujos lados são as linhas *a* e *b*.

Geometria



(AT VI, p. 370)

"Por exemplo, AB é a unida e exige-se multiplicar BD por BC; tenho apenas ligar os pontos A e C, em seguida desenhar DE paralela a CA; então, BE é produto desta multiplicação" (Ibid).

Figuras formadas na imaginação ↓ ← A *mathesis universalis*

Figuras construídas pela figuração ↓ ←

Figuras traçadas no plano (papel)

Figura 4.9 – A figuração e a *mathesis universalis*

Como se vê na figura 4.9, a operacionalização da *mathesis universalis* cabe na passagem de figuras da imaginação para figuras construídas como o resultado da figuração do problema investigado Os pontos centrais desta operacionalização, em que princípios da *mathesis universalis* têm a sua aplicação específica, são: o reconhecimento de figuras formadas na imaginação como tais e tais figuras (linhas, círculos, triângulos, retângulos, esferas, etc.); a identificação das dimensões a serem intuídas (o uso dos conceitos de grandeza, forma e movimento); a ligação de naturezas simples de acordo com ordem e medida (o uso de conceitos de ordem e medida), realizada pela dedução; o reconhecimento das relações necessárias, incluídas nas deduções de acordo com *mathematice demonstrari* (o uso do conceito de demonstrações matemático); figuras construídas pela figuração, traçadas no papel e descritas por meio de equações algébricas. Os pontos enumerados podem ser identificados com base nas regras XII-XVIII.

4.2. OS ASPECTOS DA OPERACIONALIZAÇÂO

Então, pela investigação da figuração matemática do problema investigado, conhecemos como funciona a operacionalização da *mathesis universalis*. A investigação terminou por apontar os pontos centrais da *operacionalização*, considerada do ponto de vista do seu funcionamento. Para completar a investigação, e necessário considerar ainda os aspectos da operacionalização ligados ao método, à união da ciência e à analogia.

4.2.1. A *mathesis universalis* e o método

Entre as questões ligadas á operacionalização, o método foi mais discutido, causando contradições quanto às respostas oferecidas [138]. Parece que a origem destas contradições

[138] Em *Le Développment de La Physique Cartésiene* (*O desenvolvimento da física cartesiana*), Mouy (1934, p. 4) apontou que a *mathesis universalis* é ”a idéia fundamental” do método que ficou ligado à idéia da

fica ligada ao fato de que ambos, a *mathesis universalis* e método, foram concebidos para ser usáveis em todas as ciências, sem importar-se com a diferença nos seus objetos específicos. Alem disso, o modo de como Descartes abordou a relação entre a *mathesis universalis* e o método contribuiu a aumentar contradições. Após aparecer a idéia da *mathesis universalis* em meados do ano 1619, Descartes chegou à visão do método aplicável a qualquer ciência, método universal, em novembro do mesmo ano. Ele ligou o método com a *mathesis universalis*. Como Descartes entendeu a sua relação? Ele mesmo não explicou isto. E dificuldades não param por ai. Ainda, a idéia da *mathesis universalis* foi mencionada e tratada explicitamente somente na regra IV-B. Para complicar o entendimento da referida relação, na parte A da regra não se fala da *mathesis universalis* nem na IV-B se menciona o método. Portanto, responder a questão colocada parece uma tarefa difícil e sem possibilidade de chegar a alguma constatação conclusiva. Então, o que fazer?

Na tentativa de responder a pergunta acima colocada, adotamos a estratégia de investigar a relação apontada da perspectiva da operacionalização da idéia da *mathesis universalis*. A nosso ver, seguindo as *Regulae*, tal estratégia parece capaz de assegurar o entendimento da relação entre o método e a *mathesis universalis*, mas, de novo, sem

---

união da ciência. Na realidade, na busca de realizar esta união, disse Mouy, considerando o método usável para realizar a união em questão, Descartes chegou à idéia da *mathesis universalis.*

Van de Pitte (1979, 1991) insistiu na *mathesis univesalis* como "um aspecto essencial do método de Descartes" (1979, p. 154). Segundo ele, a *mathesis universalis* compreende aquilo que chamamos, hoje em dia, de metodologia. Van de Pitte terminou ambos os seus estudos sobre a *mathesis universalis* dizendo que os princípios da *mathesis universalis* apontam para a metafísica, para a "sua última fundação" (1979, p. 174).

A interpretação de Marion (1975), oferecida em *Sur l'ontologie grise de Descartes, Science cartésiene e savoir aristotélicien dans les Regula,* ficou conhecida pela elaboração detalhada e cuidadosa da relaçao entre a *mathesis universalis* e o método. Ele as viu como os dois espectos do mesmo procedimento direcionado a produzir a certeza do conhecimento. "A única ciência, a produtora da certeza universal, Descartes nomeiou a *Mathesis universalis* (a partir da matematicidade não matemática da matemática, IV-B,378:8), e o método geral (a partir da produção da certeza)..." (p. 62).

Daqueles que diferenciam a *mathesis universales* e o método, Weber foi o mais mencionado. No capítulo do seu livro *La Constitution du texte des Regula* (1964, p. 3), ele foi bem categórico dizendo: "A matemática universal não é o método. Ela não é uma aplicação particular do Método....a matemática universal é anterior ao Método geral". Desde que a *mathesis universalis*, segundo ele, depende somente das pesquisas matemáticas de Decartes, é necessário rejeitar a identificação entre eles. (p. 9).

Antes de Weber, ainda em 1880, Liard afirmou a diferença e achou que o método fosse um instrumento da realização da matemática unversal (*mathesis universalis*).

Schuster (in GAUKROGER, 1980, p. 41) defendeu a tese de que a *mathesis universalis* "foi concebida para ser a disciplina *sui generis*".

Sasaki (2003, p. 282) viu *a mathesis universalis* de Descartes como "um paradigma normativo para o desenvolvimento e a refinação do método geral". Ele chegou a tal conclusão pela invstigação do significado do termo '*mathesis*'. Saskai achou que este termo deveria ser entendido como "o sinônimo da matemática no sentido moderno" (p. 192).

Carloni (1997) viu a *mathesis universalis* como um meio da justificação do método. Tal justificativa se impõe pelo fato de que o método se aplica à investigação de qualquer objeto.

oferecer alguma resposta definitiva. Esta estratégia diz que a abordagem a partir do método, do ponto de vista do método, não deveria ser adotada como um caminho capaz de oferecer o entendimento da relação mencionada. Tal abordagem trás mais contradições e confusões do que esclarecimento, que é àquilo que se busca. Portanto, foi descartada nesta consideração.

Observando a relação entre a *mathesis universalis* e o método, a partir da mesma regra IV, é possível chegar à convicção de que o foco dela reside na questão da diferença ou na identificação entre a *mathesis universalis* e o método. Trata-se de uma confusão surgida quando investigar a relação da perspectiva do método. A confusão se resume à questão da diferença ou da identificação entre o método e a *mathesis universalis*. A sua origem reside na universalidade tanto do método quanto da *mathesis universalis*. Desde se pretende a usar ambos em todas as ciências, parece facilmente confundi-los. Como adotamos a abordagem da perspectiva da operacionalização, a questão da diferença ou identificação entre o método e a *mathesis universalis* não esta apropriado a nossa consideração.

As *Regulae* sugerem que a relação em questão se torna compreensível a partir de dois seus aspectos essências. Primeiro, a relação é caracterizada pelo reconhecimento dos objetos e papeis diferentes, que a *mathesis universalis* e o método têm no processo da aquisição do conhecimento sobre o mundo externo. O outro aspecto da relação diz que a *mathesis universalis* deve ser entendida como a justificativa do método; quanto ao método mesmo, ele se apresenta como um instrumento da realização da idéia da *mathesis universalis* (LIARD, 1880; OLIVO, G, in DEPRÉ, O., e LORIES, D., 1997).

Pela investigação destes dois aspectos conclui-se que a *mathesis universalis* não pode ser reduzida ao método. Ela parece a ciência *sui generis* (Schuster, in Gaukroger, 1980). Quer dizer, tem seu objeto diferente e papel distinto em relação ao método. Como veremos pela discussão a seguir.

4.2.1.1. Objetos e papeis.

A diferença entre os objetos da *mathesis universalis* e do método foi apontada pela tabela 3.3. Nesta discussão vamos nos apoiar nesta tabela Ela mostra a diferença nos objetos das ciências em questão, apresentada a seguir:

A *mathesis universalis*	O método
Princípios que asseguram e clarificam o uso dos conceitos de ordem e medida nos estudos tanto dos problemas matemáticos quanto dos problemas físicos. A regra IV-B. (378:1-2)	Regras que conduzem o *ingenium* quando buscar por proporções envolvidas nos problemas investigados. A regra IV-A. (371:25-372:4)

A distinção indicada segue da regra IV composta de dois segmentos: IV-A e IV-B. Na regra IV-A, se trata do método e na IV-B da *mathesis universalis*. Pela comparação entre IV-A e IV-B, conclui-se que temos de contar com dois objetivos diferentes, atribuídos à *mathesis universalis* e ao método[139]. A nosso ver, tal diferença é o argumento principal para alegar que IV-A e IV-B se referem às duas ciências diferentes. Achamos que a questão da relação entre *a mathesis universalis* e o método deveria ser investigado a partir da diferença dos seus objetos, que pode ser concluída pela investigação da relação entre as partes A e B da regra IV. O foco da nossa atenção concerne à diferença nos objetos da *mathesiss universalis* e do método, conseguida da IV-A e IV-B. É decisivo destacar que estes objetos são definidos com precisão e claramente. Não dá para confundi-los. Para saber o que está em jogo, temos de recorrer aos parágrafos da regra IV, relativos ao objeto da *mathesis universalis* (IV-B) e do método (IV-A).

Primeiro, vamos olhar para a parte IV-B. Dela se pode concluir como Descartes determinou o objeto da *mathesis universalis*. Nesta parte da regra IV, ele expõe a definição que diz que a *mathesis universal* explica tudo em que se pode investigar a ordem e a

[139] A estratégia adotada nesta consideração consiste em comparar IV-A e IV-B no sentido de identificar como os objetos da *mathesis unieversalis* e do método são definidos. A partir destas definições concluímos sobre a relação entre *a mathesis universalis* e o método.

Tal estratégia é diferente daquela assumida por Weber (1964) e Marion (1971). Eles basearam suas considerações na análise da estrutura entre IV-A e IV-B. Weber (1964, p. 4-6) fez a análise que aponta que: “a passagem IV-A, que trata o *Methodus*, ignora o termo de *Mathesias universalis*, por outro lado, IV-B, que desenvolve o conceito desta Matemática universal não usa a palavra Método”; os segmentos IV-A e IV-B podem ser entendidas um sem o outro, separadamente; é difícil que estas partes formem “um todo orgânico”; IV-A é “fortemente ligada à cadeia das regras que a precedem e seguem”. O que não é o caso de IV-B. Weber concluiu que se deveria falar da diferença entre a *mathesis universalis* e o método.

Marion (1971, p. 55-59) mostrou que há a ligação essencial entre IV-A e IV-B e concluiu que a *mathesis universalis* e o método fossem uma “única ciência, a produtora da certeza universal. Descartes a chamou, seja a *mathesis universalis* (a partir da matematicidade não matemática da matemática, IV-B, 378:8), ou seja, método geral (a partir da produção da certeza)”. Quando for observada a mesma ciência da perspectiva do fato de que possa ser aplicada a qualquer domínio da investigação, se chama a *mathesis universalis*. Se for vista em relação ao fato de produzir a certeza, se chama o método. Tal é a conclusão final da consideração de Marion da estrutura da regra IV.

medida. O que poderia ser o objeto de tal ciência? Esta é a questão a ser respondida. A mesma regra, IV-B, sugere que a resposta deveria ser procurada à luz da consideração de Descartes sobre o significado do termo '*mathesis*'[140], elaborada nos parágrafos 377:10-22-378:1-4. Sabendo que este termo denota os princípios referentes ao processo da aprendizagem, dá se concluir que o objeto da *mathesis universalis* deve se referir aos princípios[141] capazes de assegurar e explicar o uso dos conceitos de ordem e medida nos estudos de qualquer quantidade. A definição da *mathesis universalis* visa a quantidades tratáveis e explicáveis por meio de conceitos de ordem e medida, aplicados a qualquer objeto da investigação, "números, figuras, estrelas, ou qualquer objeto que quisermos" (378:3-5). A ordem e a medida "concernem à *mathesis*" (378:2) no sentido de que esta ciência fornece princípios que asseguram e esclarecem o uso dos conceitos de ordem e medida na investigação de qualquer quantidade. E estes princípios são o objeto da *mathesis*, isso fica claro. Então, quando definir a *mathesis universalis* como ciência sobre a quantidade geral, é necessário precisar tal definição no sentido de especificar que o seu objeto compreende princípios, capazes de assegurar e explicar o uso dos conceitos de ordem e medida na investigação de qualquer quantidade. São os princípios referentes tanto à geometria quanto à natureza, aqueles que possibilitam "fechar a lacuna entre a matemática e a natureza" (AYERS, in GARBER, D.; AYERS, M., 2004, II, p. 1011). Tais princípios são o objeto da *mathesis universalis*.

Agora, vamos ver o que foi dito sobre o método na regra IV-A. Nela, Descartes escreveu: "Sob o método, eu entendo certas e fáceis regras, graças às quais, todos aqueles que os observem precisamente... chegariam ao conhecimento verdadeiro de todas as coisas que o espírito poderia ser capaz de conhecer" (371:25-372:1-4). O método compreende as regras capazes de conduzir o *ingenium* à ciência. O seu objeto engloba as regras que conduzem o *ingenium* à descoberta de proporções envolvidas nos problemas investigados. Fica óbvio que tais regras são diferenciadas bem claramente dos princípios incluídos na *mathesis universalis*. Trata-se de dois objetos diferentes, portanto, não há motivo para ver a *mathesis universalis* e o método como idênticos. São as duas ciências diferentes entre si.

---

[140] Ver a discussão sobre a interpretação do termo '*mathesis*' em Proclus e Descartes.

[141] Lembramos que Descartes elaborou a sua interpretação da *mathesis* a partir da concepção grega que apontava que se tratava de revelar e estabelecer princípios válidos para todas as ciências matemáticas particulares. Por adotar esta idéia e ampliá-la para abranger todas as ciências (matemáticas e não-matemáticas), Descartes assumiu a idéia de que "princípios mencionados são o seu objeto de investigação". Daí, a *mathesis universalis* tem como o seu objeto princípios que asseguram e clarificam o uso da geometria na física.

Além da diferença dos objetos, a *mathesis universalis* e o método têm papeis distintos no processo de aquisição do conhecimento sobre a natureza. A primeira deve assegurar e explicar o uso dos conceitos de geometria na investigação da natureza. Entretanto, o método serve para conduzir o *ingenium* quando ele usar os mesmos conceitos. Falando em termos de ordem e medida, a *mathesis unversalis* assegura e explica o uso dos conceitos de ordem e medida; o método diz como fazer a investigação usando os mesmos conceitos.

Diante daquilo que foi dito, a conclusão é que a *mathesis univesalis* não pode ser resumida ao metodo. Mas, apesar de serem diferentes, eles são estritamente ligados. Tal ligação tem as duas direções: a *mathesis universalis* serve para justificar o método e o método funciona como o instrumento da sua opertacionalização.

4.2.1.2. A justificativa

Quando chegou ao método universal, Descartes sabia que deveria justificá-lo. Como apontou Moyal (in MOYAL, 1991, p. 2, v. 1): "o método de Descartes mais do que outros insistiu na sua vocação universal". Descartes insistiu na aplicação do método em todos os domínios da investigação. Agora, como justificar isto? Trata-se de explicar como o mesmo método poderia ser aplicado a qualquer investigação. *Grosso modo*, esta é a questão da justificativa do método promovido por Descartes.

Descartes respondeu a questão achando que a *mathesis universalis* fosse capaz de oferecer a justificativa exigida, especialmente quando pensasse na universalidade do próprio método. Parecia que a *mathesis universalis* poderia assegurar e explicar como as mesmas regras metodológicas seriam usadas em qualquer investigação. Daí, a relação entre esta ciência e o método é "entre aquilo que justifica e o que está justificado" (CARLONI, 1997, p. 146). Trata-se da relação em que a *mathesis universalis* presta a justificativa para o método. É a nossa tese. Ao confirmá-la, e saber como Descartes viu tal justificativa, apelamos de novo para a regra IV.

Como já foi dito, a parte A da regra IV oferece a definição do método. Além de ter a definição, o método precisa ser justificado. A justificativa se encontra na parte B, que começa com a questão da justificativa e explica como ela deveria ser entendida. Lembramos da posição da questão da justificativa e vemos que esta questão é considerada antes de investigar o significado dos termos '*mathesis*' e '*universalis*' e estabelecer a definição da *mathesis universalis*, e claro, após IV-A, onde Descartes apontou a necessidade de ter um método "para buscar a verdade das coisas" (371:2) e expôs a definição do "caminho" capaz de "nos conduzir até" (372:9) ao conhecimento das coisas. Tal posição da questão citada na regra IV aprova que a relação entre o método (IV-A) e a *mathesis universalis* (IV-B) deve ser entendida em termos de justificativa. Agora, vamos ver como a questão da justificativa foi elaborada por Descartes na parte B da regra IV.

Esta parte começa com o comentário sobre os estudos da geometria e aritmética. Descartes disse:

> Quando eu comecei a me dedicar ao estudo das disciplinas matemáticas, eu li a maioria daquilo que foi relatado por Autoridades que as tratavam e fiquei, sobretudo, satisfeito com a Aritmética e a Geometria, porque eram consideradas as mais simples e apontadas como caminhos para as outras ciências. Mas em relação a nenhuma delas eu pude dizer que as Autoridades me satisfizeram plenamente: pois eu lia várias coisas a propósito dos números...; a propósito das figuras também. Mas elas não pareciam mostrar ao espírito porque estas coisas foram assim e como as encontrar; (375:15, 376:10).

Mas, por que Descartes começou IV-B com tal comentário? Não parece difícil saber que ele começou assim pelo fato de que a matemática serviu como a fonte das idéias usadas na busca de um método capaz de conduzir o *ingenium* à ciência, como a idéia da análise dos antigos e a teoria das proporções. Neste contexto, parecia nada mais natural do que começar com o comentário sobre aquilo que ele encontrou na matemática dos antigos. Ao mesmo tempo, Descartes concluiu que apesar de aprender muito com a aritmética e geometria, as Autoridades (os matemáticos gregos) não "o satisfizeram plenamente" (375:3), porque não ofereciam alguma justificativa da aritmética e geometria. Os autores gregos falavam: "muitas coisas a propósito de números.....e a propósito de figuras também" (375:4-5); delas se podia aprender bastante sobre a aritmética e a geometria, "mas elas pareceram não mostrar ao espirito porque estas coisas ficam assim e como elas se podem achar" (375: 8-9). Tal objeção[142] de Descartes é importante para o entendimento da regra IV-B e da idéia da *mathesis universalis*, no sentido de apontar a necessidade de justificar o método e mostrar em que deveria constituir tal justificativa. Quanto à

[142] É curioso que a objeção de Descartes: "mas elas pareceram não mostrar ao espirito porque estas coisas ficam assim e como as encontrarr" foi negligenciada nos estudos sobre a *mathesis universalis*. Não foi vista como algo que pudesse contribuir à tentativa de entender a idéia cartesiana da *mathesis universalis*. Mas, nós a consideramos como um dos pontos chaves da regra IV-B.

Para o autor deste estudo, é sabido que Van de Pitte (1979, p. 159) prestou atenção à objeção acima citada, no sentido de falar do criticismo de Descartes em relação à matemática. É verdade que ele apontou que o criticismo de Descartes concerne à ausência da fundamentação da matemática. Mas, ele usou a objeção de Descartes para mostrar que a *mathesis universalis* é o método. É uma interpretação diferente da nossa, em que a mesma objeção serve para relatar que a *mathesis universalis* tem que justificar o método e que ela não pode ser reduzida a ele.

justificativa, as expresões "'ficam assim"' e "'como as encontrar" definem a justificativa. Então, a questão é saber o que Descartes queria dizer com as expressões "ficam assim" e "como as encontrar".

A expressão "ficam assim" indica aquilo que torna as ciências tais como são, que possibilita a aritmética e a geometria a se tornarem as ciências matemáticas. O que é isto? Da explicação do significado do termo '*mathesis*', segue-se que "ficam assim" visa aos princípios que fundam as ciências que ficam assim, quer dizer, possibilitadas por princípios estabelecidos pela *mathesis universalis*. Com respeito à expressão "como as encontrar", ela denota a ordem e medida através das quais todas as ciências podem ser construidas, podem ser encontradas. Então, "ficam assim" diz que as ciências matemátcas, "chamadas partes da Matemática" (378:9-10), se tornam possíveis graças aos principios, dos quais depende a sua construção. Todas as ciências se fundamentam nestes princípios. Descartes os ligou à ordem e medida, no sentido de que eles fazem possível o uso dos conceitos de ordem e medida na investigação de qualquer objeto. Explicar como os conceitos de ordem e medida são usados na investigação científica significa mostrar em que consiste a edificação das ciências matemáticas. Descartes disse: "como as encontrar". Então, se trata de apontar que há princípios que tornam possíveis as ciências mencionadas e explicam como eles asseguram a aplicação dos conceitos de ordem e medida ao objeto da investigação. Este é o significado do termo "justificativa". Mostrar porque as ciências "ficam assim" e "como as achar", significa justificá-las. A *mathesis uiversalis* faz isto. No mesmo sentido, a *mathesis universalis* serve para justificar o método. Nesse caso, a justificativa consiste em mostrar porque ele "fica assim", quer dizer, porque as suas regras são aplicáveis em todas as ciências, e como ele se encontra, isto é, como estas regras funcionam na condução do *ingenium* na direção do cocnhecimento "certo e indubitavel".

Enfim, uma pergunta está no ar. Como Descartes chegou a idéia de ver a *mathesis universalis* como a justificativa do método? Pela idéia da *mathesis universalis*, surgida antes de 10 de novembro, não poderia aparecer nada mais óbvio de que ela atender à exigência de justificar o método usado na busca da ordem e medida encontradas em qualquer objeto investigado. Explicar isto é justificar o método, isto é, saber porque ele "fica assim" e como as suas regras conduzem ao *ingenium* na busca do conhecimento. Quando procurou por justificar o método, Descartes tinha na mão a *mathesis universalis*, capaz de atender perfeitamente à exigencia da justificativa em questão.

4.2.1.3. Um instrumento

Por outro lado, Descartes viu no método um instrumento da operacionalização da *mathesis universalis* (LIARD, 1888). Sem dúvida nenhuma, Descartes ligou o método à idéia da *mathesis universalis* e concluiu que ele poderia funcionar como o instrumento da sua operacionalização. O método tem os requistos necessários para virar o instrumento da tal operacionalização: é geral e conduz o *ingenium* ao conhecimento "certo e indubitável". É geral no sentido de deixar de lado a plularidade das ciências e seus objetos especificos, para virar usável em qualquer ciência. A generalidade do método atende à universalidade da *mathesis universalis.* O método parece qualificado a funcionar como o instrumento da realização da *mathesis universalis.*

O método também conduz o *ingenium* no sentido de "não cair no erro contrário à verdade" (372:12) quando usar os conceitos de geometria no processo da aquisição do conheciemnto sobre o mundo externo. Quer dizer, a operacionalização compreende a questão da aplicação adequada dos princípios da *mathesis universalis* na investigação dos fenômenos singulares, distinguidos por dimensões específicas que fazem fenômenos tais e tais.. 'Adequada' significa aplicá-los de acordo com capacidade das faculdades cognitivas de abordar de certa maneira o objeto investigado. Certamente, tal abordagem depende do método. Por isto, o método foi visto como o instrumento da realização da idéia da *mathesis universalis.* No fim das contas, a idéia de que há princípios direcionados à assegurar e explicar o uso da geometria na investigação científica deveria ser operacionalizada através do método usado em todas as ciências e capaz de conduzir o *ingenium* para que ele não caisse "no erro contrário à verdade".

4.2.2. A união da ciência

Se o método pode servir como instrumento no sentido já designado, a união da ciência parece a forma concreta da operacionalização da idéia da *mathesis universalis*. Certamente, Descartes viu esta união como a realização da idéia da *mathesis universalis* (MARCISZEWSKY, 1984; CARLONI, 1997; POZER, 1998, BURNETT 2005)[143].

---

[143] Sobre este assunto ver: Marciszewsky (1984, p. 522-537) *The Principle of Comprehension as a Present-Day Contribution to Mathesis Universalis*; Carloni (1997, p.143-154), *Pensée mathématique et génération*; Poser (1998, p. 3-21), *Mathesis universalis and scientia singularis, connection and disconnections between scientific disciplines.* Burnet (2005) *Descartes and the Hyperbolic Quest: Lens*

Aquilo que parece importante é que Descartes tentou precisar a ligação entre esta idéia e união da ciência. Ele mostrou que tal relação dependeria da determinação do objeto da investigação de tal forma que admitisse perpassar diferenças nas ciências, sem negá-las como distintas entre si. Isto deve ser possível com base na *mathesis universalis* definida em relação ao objeto do investigado, cuja operacionalização cabe no processo da figuração do problema estudado. Descartes mostrou que a *mathesis universales* deveria ser operacionalizada por ficar ligada às naturezas simples, à ordem e medida e à figuração do problema investigado. Os princípios desta ciência universal visam àquilo que pertence a todos os objetos de qualquer domínio da investigação científica: naturezas simples ligadas às quantidades, ordem e medida. Desta forma, a própria idéia da *mathesis universalis* escapa do perigo de ficar vaga no sentido de não dizer em que consiste a sua operacionalização. Descartes tentou evitar isto e, portanto, como assinalam Pozer (1998) e Marciszewsky (1984), a sua idéia de ligar a *mathesis universalis* e a união da ciência permaneceu viva até hoje. Ele foi uma das personalidades junto com Leibniz, que contribuiu para a tentativa de explicar como realizar a união da ciência a partir da *mathesis universalis*. E ele tentou mostrar que a realização da união dependesse da operacionalização da *mathesis universalis*.

Tal união significa perpassar "sob uma única vista do espírito a pluralidade das ciências e dos seus objetos" (OLIVO, in DEPRÉ, O. LORIES, D., 1998, p. 71). Isto se torna possível, graças a princípios básicos para todas as ciências, que admitem o tratamento dos seus objetos específicos através do mesmo conjunto de conceitos matemáticos. São princípios revelados e estabelecidos pela *mathesis universalis*. Desde que estes princípios admitam deixar de lado todas as diferenças nas ciências e seus objetos específicos, eles mesmos se tornam operacionais através da união da ciência; isto significa que esta união deve ser entendida como a realização da *mathesis universalis*.

Que a *mathesis universalis* se torna realizada na forma de união da ciência, comprova a idéia de união em questão. Vamos dar uma olhada nela neste sentido. A idéia compreende tanto o nexo que deve unir todas as ciências quanto o algo que fará possível tal ligação, diante da diferença nos objetos da investigação. Quanto ao nexo, ele se refere aquilo que parece comum para todas as ciências. A união da ciência pressupõe que há na base comum das ciências (POSER[144], 1998, p. 4), algo que as interliga sem eliminar as

---

Making Machinesand their Significance in the Seventeenth Century.

[144] No seu estudo *Mathesis Universalis and Scientia Singulares, Connections and Disconnetions between*

diferenças dos seus objetos. Descartes pensou nesta base comum e no nexo, e os identificou como proporções reconhecíveis em qualquer coisa investigada. Ele assumiu a idéia, nunca abandonada e incluída na concepção da união da ciência: proporções[145] são algo compartilhado por todas as ciências, quer dizer, é o nexo a partir do qual se constrói a união da ciência. Finalmente, proporções se apresentam como as ligações capaz de unir todas as ciências. Descartes foi obrigado a procurar algo que pudesse assegurar que tal nexo funcionasse. É a *mathesis universalis* por se tratar de uma "ciência que transborda a matemática e a física-matemática" cobrindo os domínios de todas as ciências (GOUHIER, 1958, p. 71) e prestando "os princípios mais básicos do conhecimento científico" (POSER, Ibid.), capazes de assegurar e explicar a união de todos os conhecimentos.

A chave para que a relação entre a *mathesis universalis* e a união da ciência seja assim compreendida se encontra na regra I das *Regulae*. Ali, Descartes alegou as duas idéias, que consideradas em conjunto sugerem que a união da ciência signifique a realização da *mathesis universalis*. No começo desta regra, ele escreveu: "as ciências consistem naquilo que o espírito conheceu" (360:11-12). Assim, temos a idéia de que o *ingenium* é responsável pela produção da ciência[146]. A mesma regra termina com a idéia da união da ciência[147], expressa a seguir:

> ... todas as ciências são entre si tão estritamente ligadas que parece bem mais fácil prendê-las unidas do que separá-las uma das outras. Se alguém decidiu buscar seriamente a verdade das coisas, deve não escolher a ciência particular, por serem todas unidas entre si, e dependerem uma da outra; (361:13-17)

Scientific Disciplines (*A mathesis universalis e as ciências singulares, conexões e desconexões entre as disciplinas cientificas*), Poser (1998, p. 3) ligou a *mathesis universalis* de Descartes com a teoria da unificação da ciência nos dias de hoje. Segundo ele, esta teoria visa princípios capazes de "unir a teoria macroscópica mais eficiente com a extremamente poderosa teoria microscópica". Como Descartes teve em vista tais princípios quando falava da *mathesis universalis*, Poser alegou que o francês "foi o pai... da união da ciência" (Ibid., p. 5).

[145] A união da ciência pressupõe a ordem do conhecimento constituída não a partir dos objetos específicos das ciências diferentes, mas estabelecida pelo *ingenium* capaz de usar os conceitos de ordem e medida, de reconhecer aquilo que é comum em todas as coisas existentes: proporções. Esta é a base comum de todas as ciências. Em todos os objetos específicos, se encontram as mesmas proporções capazes de interligar todas as ciências na forma da *ratio mathemtica*. A união da ciência é a união através da *ratio matemática*. No período 1619-28, a união da ciência foi entendida desta maneira por Descartes.

[146] A ciência foi definida a partir da idéia do *ingenium* responsável pela produção do conhecimento. A definição da ciência inclui estas idéias:

(1) o *ingenium* produz a ciência (a regra I, 360:11-12);
(2) todas as ciências são interligadas entre si (a regra I, 361:13-17);
(3) a ciência compreende "conhecimento certo e indubitável" (a regra II, 362:4).

[147] Além da regra I das *Regulae*, a idéia da união da ciência se encontra nas *Cogitationes privatae* (AT, X, p. 215:2), no parágrafo redigido em novembro de 1619 (Ibid., p. 216). Também, no *Studium bonae mentis* (AT, X, p. 191, I), falando do *ingenium* como responsável pela produção da ciência, Descartes indicou que os conhecimentos assim produzidos estão interligados.

Sobre este assunto ver: Gouhier (1958, p. 68-69) e Garber (1988, o capítulo I).

Das idéias citadas se conclui que a união da ciência vem do *ingenium*, visto como um e único. Ele produz o conhecimento na forma de união da ciência. Na construção da ciência, o *ingenium* sistematiza e organiza todos os conhecimentos, de acordo com a ordem, cuja aplicação depende de princípios que possibilitam ultrapassar todas as diferenças entre ciências e nos seus objetos, ou seja, depende da *mathesis universalis*. Por possibilitar isto, a *mathesis universalis* se torna realizada através da união da ciência.

Pelo que vimos até agora, se institui a questão de como Descartes entendeu o funcionamento dos princípios da *mahesis universalis* no esquema da união da ciência. Tal esquema pode ser desenhado da seguinte maneira:

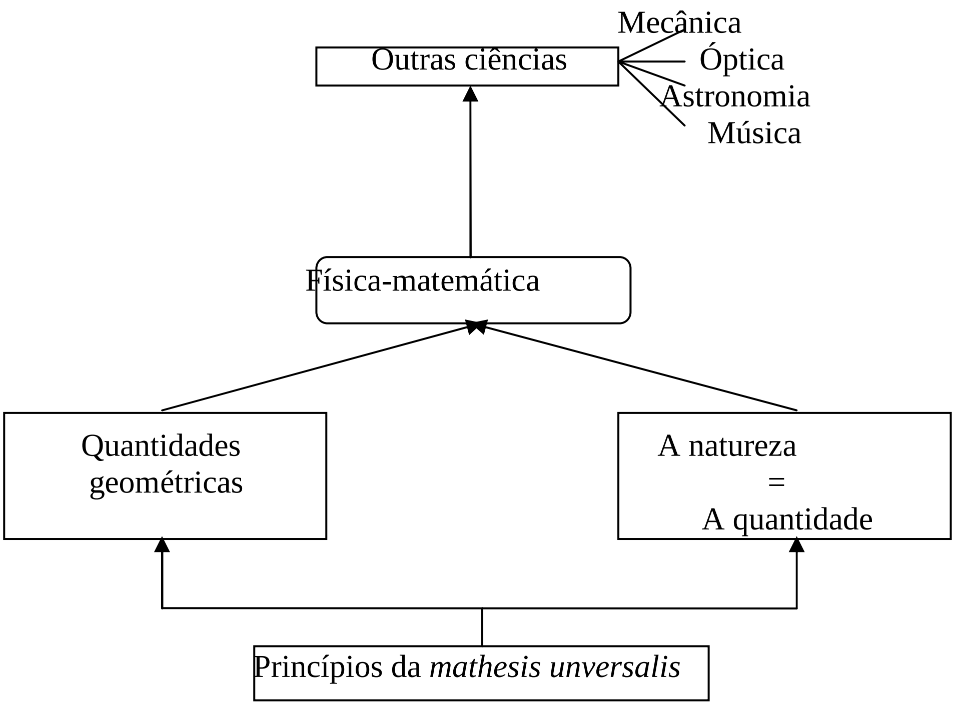


Figura 4.10 - A união da ciência

A explicação deste esquema mostra em que consiste o funcionamento dos princípios estabelecidos pela *mathesis iniversalis,* entendida como uma ciência que precede a todas as outras "um pouco mais elevadas" (379:6), quer dizer, edificadas e ordenadas para estabelecer a união da ciência. Os princípios são "fundamentais em todo esquema do conhecimento" (SARKAR, 2003, p.19); funcionam no sentido de fundamentar todas as ciências. Entretanto, os princípios de outras ciências são fundamentais só em seus domínios respectivos, os princípios da *mathsis universalis* transcendem cada ciência para se tornarem fundamentais em todo esquema da união da ciência. Falando em termos da regra VI, estes princípios são o absoluto da ordem do conhecimento, o absoluto a partir do qual se estabelece a disposição hierárquica envolvida na união da ciência. Por funcionar como o fundamento do todo esquema do conhecimento (a figura 4.10), se segue que estes princípios são colocados em operação. Mais precisamente, a união da ciência foi entendida por Descartes como a realização da *mahesis unievrsalis*. Este é o sentido do envolvimento da união da ciência na realização da idéia da *mathsis universalis*.

4.2.3. A questão da analogia

Se for possível a operacionalização da *mathesis universalis* no processo da aquisição do conhecimento sobre os fenômenos naturais, haverá a correspondência entre o *ingenium* e a natureza. A própria idéia de que ter princípios referentes a qualquer objeto da investigação pressupõe tal correspondência. Antes e na época de Descartes, esta correspondência foi ligada à questão da analogia. Do começo da busca por uma nova física, ele adotou a questão da analogia. Marion (1991, p. 19) apontou que todos que tiveram a idéia de usar a matemática na investigação da natureza, adotaram a idéia da analogia, inclusive Galileu, Mersenne e Descartes. Mas nenhum deles elaborou explicitamente alguma teoria da analogia, como foi costume em escolásticos.

Trata-se de uma questão que pertence à teologia, a questão teológica envolvida na filosofia escolástica. Descartes a conheceu ainda no colégio La Flèche. Entre 1619-1630, ele pensou na questão da analogia na tentativa de explicar como é possível o conhecimento matemático sobre a natureza. Ele contou com a analogia, mas a interpretou de outra maneira em relação à teologia e aos escolásticos. Apesar de ser diferente, a sua interpretação compreende a idéia escolástica da analogia *entis*, a analogia do ser. Segundo a esta idéia, trata-se da relação entre os níveis diferentes do ser, entendida em termos de correspondência. A questão da analogia se concentra nesta relação. Descartes adotou a idéia mencionada, mas interpretou a correspondência da maneira bem diferente em relação aos escolásticos. A diferença é seguinte:

Os escolásticos	*Descartes*
A relação Deus-criatura	A relação *ingenium*-mundo A relação entre coisas do mesmo nível do ser
A univocidade	Uma coisa pode ser apresentada por outra
A correspondência pela univocidade	A correspondência através do comum entre coisas diferentes
Proporção	Proporção numérica

Tabela 4.1 - Os escolásticos e Descartes

Como se vê da tabela 4.1, os escolásticos focalizaram a relação entre Deus e suas criaturas. Nas *Disputationes metaphysique* de Francisco Suárez, isto foi expresso:

> Isto é claro...que tudo – o ser, o bem, a perfeição, a substância, a inteligência e etc., quer dizer, as propriedades reivindicadas por Deus – são comuns para suas criaturas" (in ARIEW, R.; COTTINGHAM, J.; SORREL, T., 1998, p. 37).
> ...conhecimento da verdade de Deus é naturalmente implementado no ser humano (Ibid., 38).
> ...ele surge da grande correspondência da qual esta verdade tem com a natureza do homem" (Ibid., p. 39).

A correspondência apontada por Suáres se refere à capacidade da compreensão das coisas existentes. Aplica-se a Deus e ao homem de maneira idêntica, como a univocidade da compreensão. A univocidade implica a relação direta entre o conhecimento divino e humano. Este conhecimento está realizado através da proporção entendida como a igualdade entre seres diferentes entre si (Deus e o homem). O conhecimento humano depende da proporção estabelecida entre seres diferentes, mas, igualados na capacidade de compreender coisas existentes. A proporção é a igualdade entre os seres diferentes, em que a unidade é aquilo que serve para relacionar os dois seres, é a compreensão divina. Ela se estabelece na univocidade da capacidade da compreensão das coisas. A univocidade faz possível o conhecimento da natureza ou qualquer outra coisa criada por Deus. Portanto, a questão da analogia visa à explicação de como é possível o conhecimento baseado na univocidade. É a questão de explicar a relação entre Deus e homem a partir da univocidade. Tal relação é entendida como uma conexão harmônica entre a razão humana e a compreensão divina. Apesar da diferença entre Deus e homem, há a conexão que garante o conhecimento humano do universo. Frankfurt (in MOYAL v. 3) apontou isto:

> O escolasticismo supõe que a razão humana e a compreensão divina, muito diferentes entre si, compartilham da natureza comum especificada pela lógica; e que desde a compreensão de Deus guia sua vontade, os princípios da lógica definem os limites tanto daquilo que é possível para Deus, quanto os limites do que é inteligível para nós. A partir daí, o universo tem de ser inerentemente compreensível.

Em outras palavras, resumida na conexão harmônica entre a razão humana e a compreensão divina, a univocidade torna possível o homem compreender o universo. Dentro do escopo da sua capacidade de conhecer o mundo, o mundo é completamente compreensível. Este é o cerne da concepção escolástica da analogia.

Descarte negou a univocidade: não há conexão direta entre a razão humana e a compreensão divina. Pelo contrário, existe a descontinuidade entre aquilo que compreendemos e o que Deus sabe. Tal descontinuidade procede do fato de que Deus criou o universo a partir da sua vontade ou do seu poder, a partir de algo que é incompreensível e distante para o ser humano. Conforme Descartes, a descontinuidade se manifesta como a diferença entre a razão e a revelação entre a filosofia e a teologia[148]. Insistindo na diferença entre a razão e a revelação, ele afirmou a autonomia da ciência em relação à teologia[149]. Esta autonomia significa que o mundo pode ser conhecido pelo homem dentro da capacidade da razão de compreender coisas existentes. A capacidade se refere à compreensibilidade matemática do mundo, definida por Descartes em termos de relação entre a geometria e aplicação da geometria aos fenômenos investigados. Ele acreditou também que o universo fosse completamente conhecível. Daí, ele pretendeu a edificar a física como a física geral, capaz de explicar todos os fenômenos naturais e a natureza como um todo.

Com isto, Descartes interpretou a analogia no sentido de focalizar a relação entre o *ingenium* e o mundo externo. Quanto à correspondência entre coisas envolvidas na analogia, ele visou àquilo que poderia lhe ser comum, mas sem exigir a univocidade. Comuns são proporções entre quantidades, elas se encontram nos níveis diferentes de ser, na natureza e no *ingenium*: nas figuras envolvidas nas coisas do mundo externo, nas

---

[148] Para compreender a relação entre a filosofia e a teologia, temos de apontar que Descartes lhes atribuiu os objetivos diferentes achando que não deveria ter competição nem conflito entre elas. Quanto à teologia, se trata da revelação que compreende a possibilidade de compartilhar a perspectiva de Deus. Pela revelação, coisas se revelam da perspectiva de Deus como seu criador. Na filosofia, é uma questão da razão direcionada apenas àquilo que cabe dentro do escopo da sua capacidade de conhecer o mundo. A razão segue suas próprias necessidades e capacidades distinguidas pela compreensibilidade matemática do universo. Frankfurt explica a relação entre a revelação e a razão em Descartes: “A razão não distorce as verdades da fé, desde que não possa legitimamente alcançar o último objetivo destas verdades – saber a vontade criativa e o poder de Deus” (in MOYAL, 1991, p. 32, v. 3). Portanto, não há competição nem conflito entre a filosofia e a teologia.

[149] Porém, rejeitou a idéia de Galileu de que a ciência tinha a primazia em relação à revelação quanto à explicação do mundo como ser criado e existente.

figuras da imaginação e na geometria. A correspondência diz respeito às proporções numéricas, as proporções ligadas às quantidades e características geométricas. Daí, Descartes concluiu que proporções de um nível do ser, aquelas encontradas na natureza poderiam ser apresentadas por proporções ligadas às figuras da imaginação ou às figuras da geometria. Ele não considerou a univocidade, mas era interessado na possibilidade de apresentar uma coisa por meio de outra diferente dela, como por exemplo, coisas do mundo externo pelas figuras da geometria. Este foi o foco da sua atenção. Para ele, vista da perspectiva do *ingenium,* tal possibilidade significa que a geometria pode ser aplicada à natureza. É o sentido preciso da analogia de Descartes. Tal interpretação da analogia acabou por reformular a questão da analogia. Não se trata mais de explicar a relação da univocidade entre Deus e o homem, mas esclarecer a correspondência entre o mundo externo e o *ingenium,* vista como a condição da possibilidade do conhecimento humano. Segundo Descartes, tal correspondência acaba por possibilitar que o homem conheça tanto a natureza quanto *spiritualia*, as coisas de esferas mais elevadas do ser humano (AT, X, p. 217:14). Os *Olympica* e As *Regulae* mostram isto. À diferença dos *Olympica,* as *Regulae* se concentram na correspondência considerada em relação à possibilidade do conhecimento das coisas que se podem “referir ao corpo” (416:29-417:1).

Nos *Olympica,* ocupados com as esferas “*sublimes*” (AT, X, p. 217:16) do homem, Descartes alegou que o conhecimento depende da correspondência entre o mundo externo e a mente humana (AT, X, p. 217: 12-14). A tese de que o conhecimento das *spiritualia* depende da correspondência entre a mente e o mundo externo confirma que a analogia se define em termos da correspondência entre os níveis diferentes do ser. A correspondência engloba, ao mesmo tempo, a diferença entre coisas vistas como correspondentes (pertencem a níveis diferentes do ser), e a possibilidade de expressar uma coisa em termos da outra diferente (SEPPER, 1998). O foco da atenção de Descartes foi justamente a possibilidade de representar uma coisa através da outra bem distinta dela mesma. Isto significa que a natureza pode ser tratada e representada por algo diferente dela mesma, pelas idéias pertinentes ao *ingenium.* Nas *Regulae,* a idéia da analogia é presente por toda a parte, apesar do fato de que Descartes usou poucas vezes a palavra ‘analogia’, sempre pensando na analogia entre o *ingenium* e o mundo externo (412:20, 415:26, 441:20). As regras XII, XIV e XVI-XVII não podem ser entendidas sem considerar a questão da analogia. Para aprovar isto, lembramos somente dos parágrafos 416: 28-29 e 417:1- 4 da regra XII. Neles, Descartes salientou que as coisas do mundo externo fossem representadas através de figuras da imaginação em que seriam abordadas pela razão, para ser possível produzir idéias claras e distintas das coisas em questão. No fim das contas, conclui-se que na mesma regra, as coisas pertinentes à natureza são compreensíveis e explicadas por algo diferente delas, pelas idéias. Isto é possível porque tem a correspondência entre o *ingenium* e o mundo externo, "transportado" para a imaginação e "transformado" em idéias claras e distintas.

4.2.3.1. Da analogia à metafísica (1628-30)

Se alegar a analogia e colocá-la como a condição da possibilidade do conhecimento sobre o mundo externo, surge a questão de explicar como podem coisas diferentes corresponder umas a outras. É explicar a correspondência entre a mente humana e o universo. Aqui, é importante assinalar que a questão da analogia tem de ser diferenciada da questão de como é possível aplicar a geometria à natureza.

A questão sobre o uso da geometria é posta do ponto de vista da capacidade de conhecer a natureza em termos de geometria. É uma questão da epistemologia. A resposta é que há princípios que asseguram e explicam tal uso da geometria (a *mathesis universalis*).

A questão sobre a analogia foi colocada perspectiva do ser. A sua resposta visa a outro domínio: a metafísica. A analogia conduz à metafísica. Essencialmente, é uma questão metafísica. Daí, quando Descartes decidiu resolver a questão da analogia, ele devia ir à direção da metafísica. Como explicou Alquié (1987, p. 83), "as *Regulae* e seus trabalhos científicos ignoraram" a metafísica até 1629, o ano em que Descartes adotou a teoria das verdades eternas vista como a solução da questão da analogia. Ele se tornou à metafísica.

À primeira vista parece que a *mathesis universali*s poderia resolver a questão da analogia. Mas, tal resposta permanece fora do seu alcance. A *mathesis universalis* lida com princípios capazes de assegurar e explicar o uso do mesmo conjunto de conceitos de geometria na investigação de qualquer objeto. Ela mostra tais princípios, mas não diz nada de como ser possível os mesmos princípios se relacionarem com os níveis diferentes do ser. A *mathases universalis* indica esta questão, mas diferente da questão do uso da geometria na física. A partir daí temos de diferenciar a questão de como assegurar e explicar o uso da geometria na física e a outra visando saber por que os princípios estabelecidos pela *mathesis universalis* podem valer para os níveis diferentes do ser. Uma é questão epistemológica, a outra metafísica. A sua diferença é apresentada a seguir:

Pergunta: Como é possível usar a geometria na física? Resposta: Graças à *mathesis universalis,* cujos principios valem igualmente para geometria e natureza	➡	A possibilidade do conhecimento sobre a natureza ↓ A epistemologia
A pergunta: Como é possível estes princípios serem relacionados aos níveis diferentes do ser? A resposta: Há correspondência entre o pensamento humano (um nível do ser) e a natureza (o outro nível do ser, o corpo).	➡	A analogia ↓ A metafísica

Figura 4.11 - A epistemologia e a metafísica

Da apresentação das questões pela figura 4.11, se podem tirar duas conclusões. Primeira: a *mathesis universalis* pressupõe a analogia entendida em termos de correspondência entre o *ingenium* e o mundo. Segunda: com esta correspondência surge a questão de explicar como ela é possível. E respondê-la significa sair do domínio da física e da matemática, da *mathesis universalis.* A questão da analogia implica na metafísica. Marion (Ibid.) tem razão quando assinalou que Descartes chegou à metafísica passando pela analogia. Esta chegada aconteceu em 1629 (ALQUIÉ, 1987, p. 83). E foi a virada metafísica[150] de Descartes. A metafísica deve ser vista como ligada à busca da solução da questão da analogia. Após 1630, a questão da analogia foi abandonada, mas não a idéia, ligada a ela, que haver a correspondência entre os níveis diferentes do ser.

A solução da questão da analogia pela adoção da teoria das verdades eternas significou a virada metafísica de Descartes. Esta virada foi anunciada na carta a Mersenne

---

[150] Sobre a virada mencionada ver: Hatfield, *Reason, natura, and God in Descartes* (in VOSS, 1993, p. 259-287), Marion (1991).

no dia 15 de abril de 1630. Nela, Descartes disse bem claro o que iria fazer:

> Eu penso que Deus deu o uso da razão a todos, os quais são obrigados a se comprometer em conhecer ele e si mesmo. Assim, tenho de me esforçar em de começar meus estudos; digo que vou procurar os fundamentos da física desta maneira (AT, I, p. 144:5-11).

Dar a conhecer Deus e si mesmo significa tomar o caminho da metafísica. O caminho uma vez tomado é também o caminho da busca dos fundamentos da Física. Assim Descartes anunciou a intenção de se dedicar aos estudos da metafísica e nela fundar a física. Este é o sentido da virada metafísica.

Para explicar a virada metafísica, temos de apelar para três cartas de Descartes a Mersenne[151]. Na carta de 15 de abril de 1630, Descartes introduz a teoria das verdades eternas, escrevendo ao amigo Mersenne: “Não o deixei tocar na minha física por várias questões metafísicas, particularmente esta: que as verdades matemáticas que você chama de eternas[152] foram estabelecidas por Deus, como completamente dependentes dele (AT, I, p. 145: 5-10). As palavras citadas relatam o essencial da nova perspectiva, de ver a física de um novo modo. Tal essencial compreende: (1) ligar a fundamentação da física à metafísica; (2) assumir as verdades matemáticas como as verdades eternas; (3) entender e apontar que estas verdades são estabelecidas por Deus. Relacionados com o problema do uso da geometria na física, (1), (2) e (3) abrem o caminho para buscar a solução do mesmo problema, no sentido de ver Deus como a garantia do uso da geometria na física. Deste modo, Descartes começou a considerar a fundamentação da física na metafísica

Para entender como (1), (2) e (3) ficam relacionadas com o problema do uso da geometria na investigação da natureza e a fundamentação da nova física, é necessário destacar que as verdades eternas, gravadas no espírito humano (MARION, 1991), avisam (o homem) que verdade de qualquer coisa não “precede ao conhecimento que Deus tem dela” (a carta de 6 de maio de 1630, Ibid., p. 149:27), porque “a existência de Deus é a primeira e mais eterna de todas as verdades que poderiam existir” (Ibid., p.150:2-4). Em outras palavras, a primazia de Deus garante a veracidade das verdades matemáticas. Também, isto significa que apesar de permanecer no nosso espírito, as verdades eternas

---

[151] As cartas são de: 15 de abril de 1630 (AT, I, p. 145:5-10); 6 de maio do mesmo ano (Ibid., p. 149:21-30-1501-27); 27 de maio de 1630 (Ibid., p. 151-153:1-3.

[152] As palavras “que você chama de eternas” indicam que Descartes incluiu as verdades matemáticas no universo das verdades eternas sob influência de Mersenne. Como destacou Marion (1991, p. 162-163), Descartes adotou esta inclusão do seu amigo Mersenne. Vimos este fato como mais um argumento para afirmar que a virada metafísica aconteceu sob influência dos debates entre Descartes e Mersenne. Sobre este debate ver: Marion (1991), *Sur la teologia blanche de Descartes* (o livro I, o capítulo 9).

não são criadas por ele. Se usar estas verdades na física, isto é assegurado e explicado pela primazia de Deus.

Finalmente, na carta de 27 de maio do mesmo ano, Descartes explicou o funcionamento da garantia de Deus para verdades eternas e qual papel destas na física. Ele diz que Deus é “o criador tanto da essência quanto da existência das criaturas: ou a essência e estas verdades são mesmo eternas” (Ibid., p. 152:2-5). Segue-se que as verdades matemáticas são as essências criadas por Deus: então, a sua existência e veracidade são garantidas por ele. Assim garantidas, verdades matemáticas são usadas na física para assegurar a explicação matemática dos fenômenos naturais. Como vêm de Deus, do criador “tanto da essência quanto da existência das criaturas”, elas podem se referir tanto à geometria quanto ao mundo externo. Elas dizem que o uso da geometria na física é assegurado por Deus e explicado em termos do criador “tanto da essência quanto da existência das criaturas”. Para Deus, não há hiato nenhum entre aquilo que ele mesmo criou, entre a natureza e o *ingenium*; a lacuna entre eles é coisa do homem. Portanto, as verdades eternas são a ponte que atravessa a lacuna entre a geometria e a natureza, trazendo a veracidade garantida por Deus não enganador. Descarte diria: “a física se funda na metafísica”.

4.2. 3. 2. A física e a metafísica.

É importante salientar o fato de Descartes relacionar a teoria das verdades eternas com a idéia da nova física, no sentido de considerar a fundamentação metafísica da ciência matemática sobre a natureza. Quer dizer, ele começou a busca pela fundamentação metafísica da física, como mostra a carta de 15 de abril de 1630 (direcionada ao amigo Mersenne). Ele escreveu a seu amigo Mersenne:

> ...todos dotados do razão pelo Deus, precisam se empenhar para dar a conhecer Deus mesmo e si mesmos. Portanto, esforçei-me começar meus estudos. Vou dizer a você que não seria possível achar os fundamentos da Física, se não os buscasse desta maneira (AT, I, p. 144: 5-11).

Tal busca passa pelo caminho de conhecer Deus e si mesmo, pela metafísica, capaz de fundar a física. Ou seja, por explicar que Deus é o “Autor de todas as coisas” existentes, a metafísica pode fundamentar, no sentido de oferecer o principio capaz de garantir a veracidade das verdades matemáticas usadas na investigação da natureza. Este principio é Deus, o criador do tudo existente e das verdades eternas. Sabendo que Deus é o “Autor de todas as coisas", surge a pergunta: a metafísica fundaria a física, em qual sentido?

Para responder esta pergunta, é a chave explicar como Descartes entendeu a expressão "Autor de todas as coisas". Explicada à luz da metafísica, a expressão significa que Deus criou o *ingenium*, a natureza e o sistema de verdades eternas, existente somente no espírito. Por afirmar isto, Descarte quis apontar que as verdades eternas não dependessem do *ingenium* ou da natureza, e que o espírito não pudesse mudar, rejeitar ou imaginá-las diferentes (Ibid., p. 401) daquilo que elas já eram. Este é o significado metafísico da expressão mencionada. Então, Deus é visto como o princípio que assegura a existência e a essência das coisas existentes, inclusive as verdades matemáticas. Deus parece o principio[153] capaz de assegurar o uso das verdades matemáticas na física. Assim, Descartes chegou a ver a metafísica como o fundamento da física, onde 'fundamento' não significa que o conhecimento sobre a natureza deveria ser extraído da metafísica, mas denota a necessidade de recorrer a princípios metafísicos capazes de garantir a superação da lacuna entre a geometria e a natureza. A física não pretende a buscar por essências das coisas (*quad),* pertinentes à metafísica, para chegar à explicação da natureza, mas se concentra as quantidade e características geométricas dos fenômenos naturais. Nesta investigação, a física precisa da metafísica para assegurar a aplicação da geometria à natureza, fixar a associação da geometria com a natureza.

A idéia da fundamentação metafísica da física emergiu na época da virada metafísica de Descartes, ocorrida entre 1628-30. Mas temos de lembrar que o motivo pelo qual Descartes se tornou à metafísica, não veio da física. As cartas escritas entre 8 de outubro de 1629 e 27 de maio de 1630 (AT, I, p. 22-156) mostram que ele foi motivado a considerar as questões metafísicas graças a seu amigo Mersenne e aos debates, dos quais participava após a volta da viagem a Paris em 1625. Na realidade, assim motivado, e considerando as questões metafísicas, ele começou ver a física da nova perspectiva. Metafísica. Ele ligou a teoria das verdades eternas à busca da nova ciência sobre a natureza e chegou a assumir a idéia de que ela precisaria ser fundada na metafísica. A partir daí, viu o problema do uso da geometria na física à luz desta nova perspectiva, achando que a teoria das verdades eternas marcasse a direção possível da solução do problema em questão, a direção relacionada à garantia viesse de Deus, do "criador tanto da essência quanto da existência das criaturas",

[153] Dá-se a perceber que o termo 'principio' se refere a algo existente como um ser em garantir a veracidade das verdades eternas. Deus é o princípio no sentido do ser que garante a correspondência entre o *ingenium* e o mundo externo. Não se trata de uma proposição colocada como a premissa verdadeira da qual deve seguir o conhecimento sobre as coisas existentes.

onde “essências e verdades eternas são mesmas entre si” (Ibid., p. 152:3-5). Segundo Descartes, este é o sentido da fundamentação da física na metafísica. Este sentido pressupõe a nova definição da metafísica mesma.

A definição da metafísica. Na realidade, a fundamentação metafísica da física foi possível só porque Descartes mudou a definição da metafísica, dominante na sua época. Para conhecer a mudança mencionada, vamos recorrer para *Meditações* (1641) e uma carta de Descartes, escrita ao amigo Mersenne um ano de publicar Meditações. Eles mostram como Descartes mudou a definição da metafísica.

Quanto às Meditações, o seu título é *Meditações metafísicas*, mas *Meditationes de prima Philosophia*. O motivo pelo qual ele usou este título foi explicado na carta a Mersenne de 11 de novembro de 1640. Esta explicação é importante desde que indique como Descartes entendeu a metafísica, mudando a sua definição. Nesta carta, Descartes escreveu, falando da metafísica:

> Ontem, mandei minha Metafísica a M. de Zuylichem... não lhe dei título nenhum, mas me parece que seria mais apropriado *Renati Descartes Meditationes de prima Philosophia*. Pois não se trata apenas de Deus e da Alma, mas investigam todas as primeiras coisas que se possam conhecer filosofando. (AT, III, p. 235:10-16)

Como se vê, Descartes definiu a metafísica como a *prima Philosophia*. É uma definição anunciada em 1640, antes de serem publicadas as *Meditações*. Porém, a sua origem se estende até a adoção da teoria das verdades eternas em 1629, anunciada na carta de 15 de abril de 1630, ligando estas verdades à questão da possibilidade do conhecimento matemático sobre a natureza e vendo estas verdades como a ponte que poderia atravessar a lacuna entre a geometria e o mundo externo. A definição de Descartes explica que a metafísica investiga “as primeiras coisa que se possam conhecer” pelo homem, não somente Deus e o espírito humano. E tal definição é diferente daquela que trata apenas Deus e alma, o que foi o caso da definição dos escolásticos.

A definição de tal metafísica se encontra na *Summa philosophiae quadripartita* de Eustachius a Santo Paulo. A definição é esta: “a vista mais adequada é que o completo objeto da metafísica em si é o ser real, completo em si e comum a Deus e as coisas criadas” (in ARIW, R.; COTTINGHAM, J.; SORREL, T., 1998, p. 92). A metafísica assim definida se identifica com a consideração sobre Deus, alma e a sua relação. Descartes recusou tal definição (mas não negou a teologia) e apresentou a interpretação que surgiu em 1630, com a adoção e a interpretação das verdades eternas, e foi confirmada na carta acima citada

(1640). Para ele, a metafísica[154] é a *prima Philosphia*.

Porem, como Descartes viu a *prima Philosophia*? Da citação acima apontada, vê-se que a *prima Philosophia,* a metafísica, investiga "todas as primeiras coisas" de tudo existente, inclusive a matéria, o conhecimento e a relação corpo-espírito. Não fica limitada na consideração sobre Deus e a alma humana. Tal investigação é realizada "pela razão humana" (AT, I, p. 144:2). Da sua capacidade de conhecer coisas depende a construção da metafísica. Finalmente, ela se constrói de acordo com a ordem do conhecimento, onde ela mesma faz o primeiro elo da ordem. Justamente como explica a regra VI das *Regulae* e como mostra a árvore do conhecimento: "Toda filosofia é como uma árvore, cujas raízes são a Metafísica, o tronco é a Física e os ramos que saem deste tronco são todas as outras ciências" (AT, IX, p. 14:24-27). Para a metafísica se tornar o fundamento de todas as ciências foi necessário defini-la no sentido de incluir nela "todas as primeiras coisas" e constituí-la de acordo com a ordem do conhecimento. É a sua definição bem diferente daquela dos escolásticos.

Em face daquilo que foi dito, vimos que a operacionalização da *mathesis universalis* empurra para a questão da analogia, resolvida por ser adotada a teoria das verdades eternas. A questão da analogia é da metafísica. Dito de outra maneira, a operacionalização em questão empurra para a metafísica, entendida por Descartes como a *prima Philosophia*. Então, tanto a idéia da *mathesis da universalis* quanto a sua operacionalização conduzem à questão da analogia. Descartes enfrentou este fato e a questão da analogia foi resolvida por aceitar a teoria das verdades eternas. O caminho para a metafísica foi aberto.

Com a abertura deste caminho, Descartes passou a ver, também, a *mathesis universalis* sob nova perspectiva. É provável que ele pensasse que a metafísica poderia cumprir a tarefa, uma vez atribuída à *mathesis universalis* (1619). Isto não deve ser entendido que a metafísica eliminou a idéia da *mathesis universalis,* mas sim compreender que a mesma idéia foi vista da maneira diferente. Vista sob a nova perspectiva em que Descartes largou a intenção de construir a *mathesis universalis* como uma ciência, mas não abandonou a idéia mesma. Esta permaneceu viva como a idéia que lembrava ter havido um problema a ser considerado por aqueles que pretendessem edificar a ciência matemática sobre a natureza, a relação entre o objeto ideal da matemática e a natureza, e que deveria ser resolvido (princípios válidos para a geometria e a natureza). Que Descarte viu assim a

[154] Ver; Marion, Jean-Luc (1999), *On Descartes' Metaphysical Prism*. O capítulo I é um estudo preciso e detalhado sobre a concepção de Descartes da metafísica.

mathesis universalis após a virada metafísica comprova o *Mundo*. E mais do que isto, o *Mundo* foi escrito para Descartes mostrar como a idéia da nova física e a idéia da *mathesis universalis* poderiam ser realizadas na tentativa de explicar o mundo em termos geométrico-mecaniscistas.

Portanto, vamos considerar o *Mundo* em função de saber como Descartes mostrou a possibilidade de construir uma nova física geométrico-mecanicista, cujo problema central, quer dizer, o uso da geometria na investigação da natureza, pressupunha a operacionalização da idéia da *mathesis universalis*.

4.3. *O MUNDO*

O *Mundo* mostra como é possível construir a nova ciência sobre a natureza e "moldar o mundo pela nova física matemática" (COLLINS, 1971, p. 6). O *Mundo* mira, ao mesmo tempo, ao mundo identificado com a extensão e à física geométrico-mecanicista. Desde Descartes pretendeu, no Mundo, mostrar como é isto possível, é óbvio que a idéia da *mathesis universalis* ficou por trás do *Mundo.* Não é mencionada explicitamente, mas parece presente por todos os lados do *Mundo*.

Como o tema deste estudo é a relação entre a nova física e a *mathesis universalis*, temos mencionar, em primeiro lugar, que se podem achar, no Mundo, vários tópicos cuja explicação pressupõe a *mathesis universalis*. Esta fica apoiando a abertura do *Mundo,* onde se enfatiza a diferença entre a coisa em si e "a idéia dela que se forma na imaginação" (AT, XI, p. 4:4). A idéia formada na imaginação se refere a alguma figura reconhecida graças ao uso da geometria, assegurado pela *mathesis universalis*. Também, no capítulo VII, podemos ler a observação de Descartes sobre o movimento: este é "fácil para conhecer" da maneira como fazem "os Geômetras mesmos" (Ibid., p. 39:15) que explicavam "a linha pelo movimento do ponto e a superfície por aquele de uma linha" (Ibid., p. 39: 31-32). Em outras palavras, a geometria se usa na explicação do movimento na natureza. Então, de novo parece necessário olhara para a mathesis universalis. Ainda, falando das leis do movimento, Descartes explicou que todas as outras regras da Natureza podem ser necessariamente deduzidas delas em forma de *mathematica demonstrari* (Ibid., p. 47:11-12). Aplicar a *mathematica demonstrari* à investigação da natureza significa usar a geometria e assim pressupor a *mathesis universalis*. Para finalizar, lembramos da observação de Descartes sobre Deus, dizendo que "nos ensinou que ele expôs todas as coisas em número, a posição e medida, cujo conhecimento é natural para a nossa alma" (Ibid., p. 47:17-18). Quer dizer, é o conhecimento alcançado pelo uso da geometria. Portanto, resta apenas concluir que a idéia da *mathesis universalis* fica por trás do *Mundo*: invisível, mas presente em cada momento e em cada lugar.

Ora**,** o *Mundo* mostra, como já foi dito, como é possível a física matemática sobre a natureza geométrica como tal. A forma de mostrar isto é a fábula. Porque a fábula? A resposta vem do Descartes. Ele disse que pretendia apresentar as suas "opiniões mais verdadeiras" sobre o mundo geométrico e a ciência capaz de explicá-lo em termos geométrico-mecanicista. A intenção era explicá-las de tal forma que "a extensão deste discurso não fosse tão grande" (Ibid., 32, p. 16-17). A forma em questão é a fábula. Descartes disse que pretendesse falar do novo mundo pela "invenção de uma fábula, através da qual espero que a verdade apareça suficientemente" (Ibid., p. 17-20). A fábula serve para compreender melhor e mais facilmente a nova física. É a forma de apresentar o novo mundo identificado com a extensão e completamente reduzido nela e suas características geométricas, e de mostrar como é possível explicá-la em termos geométrico-mecanicistas. Assim, tanto o mundo geométrico em si quanto a física matemática se tornam facilmente compreensíveis por aqueles que de uma forma ou de outra negaram o conhecimento matemático sobre a natureza, caracterizado pela certeza de demonstrações matemáticas. São os céticos e os escolásticos. Os primeiros rejeitaram a idéia do "conhecimento certo e indubitável" sobre a natureza, entretanto, os escolásticos negaram qualquer possibilidade de construir a física como uma ciência matemática.

A fábula é a forma capaz de mostrar aos céticos (COLLINS, 1977; VERBEEK, in GAUKROGERr, S.; SCHUSTER J.; SUTTON., 2000) que é possível edificar a ciência cuja certeza seria igual àquela das *mathematice demonstrari*[155]. Descartes ficou interessado em mostrar isto porque a rejeição da possibilidade de alcançar o conhecimento certo e indubitável significava negar a própria razão, vista como a luz natural responsável pela produção da ciência; tal rejeição significou negar a toda concepção da ciência exposta nas regras I, II, III e IV. Mais especificamente, se trata de negar a possibilidade de perpassar a

---

[155] Como foi dito, os céticos negaram a possibilidade da certeza do conhecimento que para eles não parecia possível superar o hiato entre o próprio conhecimento e o conjunto de princípios que o fundasse. O que acaba na possibilidade de afirmar proposições contraditórias sobre o objeto investigado. É a prova mais forte de que não há certeza do conhecimento.

Descartes negou isto afirmando que as verdades eternas são a ponte que atravessa o hiato apontado. As verdades matemáticas, vistas como as verdades eternas, têm a veracidade garantida por Deus que assegura o seu uso tanto na geometria quanto na investigação da natureza.

lacuna entre a geometria e a natureza. Para Descartes, o ceticismo acaba por negar a própria física matemática. Foi algo, inaceitável por ele.

Quanto aos escolásticos, eles acreditaram na certeza do conhecimento, porém, negaram a física matemática. Nesse caso, a fábula pareceu forma proposta para eles mesmos imaginar o outro mundo, diferente daquele em que acreditavam. Precisamente, Descartes propôs: “Permitam que vocês saiam dos seus pensamentos fora deste Mundo, para ver um outro totalmente novo” (AT, XI, p. 31:22-24). A intenção foi convencer os escolásticos (os filósofos como ele disse em seguida no mesmo parágrafo do *Mundo*) tentar pensar de um mundo visto como geométrico-mecânico em si e explicável em termos de geometria. O capítulo VI do *Mundo* começa com tal proposta direcionada aos Filósofos, quer dizer, àqueles que defendiam a física escolástico-aristótelica.

Conclui-se que Descartes quis mostrar aos céticos que é possível o conhecimento certo e indubitável, e conduzir os escolásticos a ver o mundo de maneira diferente. São os motivos pelos quais Descartes decidiu que as suas opiniões sobre a física matemática fossem expostas através da “invenção de uma Fábula”. O *Mundo* tomou a forma de fábula capaz de mostrar aos céticos e escolásticos, como é possível a ciência certa e matemática sobre a natureza.

À luz daquilo que foi dito, é conveniente perguntar sobre a intenção de Descartes de escrever o *Mundo* como a fábula, para disfarçar a nova física diante da Igreja. Temos de mencionar que ele tinha consciência da diferença entre a sua física e a doutrina da Igreja. Ele disse isto claramente na carta a Mersenne, de 18 de dezembro de 1629, falando do seu “pequeno tratado”, relacionado à física, a qual não queria ligar ao nome dele (AT, I, p. 85:8-13). Ele decidiu assim, “principalmente por causa da Teologia... tanto sujeita a Aristóteles” (Ibid,, p. 85:20-21). Isto é, a sua nova ciência sobre a natureza se diferencia da física escolástico-aristótelica. É possível que Descartes pensou neste fato quando escreveu o *Mundo*. Mas, não foi o motivo principal para escrever o *Mundo* como uma fábula. Concordamos com Verbeek ((in GRAUKOGER, J., SCHUSTER, John, SUTTON John, 2000b) que “não é provável que antes de 1633 Descartes precisava de tal estratégia”. A fábula, como o modo de disfarçar a física veio à tona após a condenação de Galileu pela Igreja em 1633. Como se sabe, Galileu foi condenado em 1633, por afirmar o movimento da Terra. Depois de 1633, Descartes podia realmente pensar no sentido de ver a fábula como algo usável para disfarçar a sua concepção da física. Vale pena destacar de novo que ele sabia antes da condenação de Galileu, de que a sua concepção incluísse vários pontos contrários à doutrina aprovada pela Igreja no Concílio de Trento (1545-63). São: a interpretação da analogia em termos da correspondência entre o *ingenium* e o mundo, a idéia de identificar a natureza com a quantidade, o corpuscular ismo, o uso da matemática na investigação da natureza, a concepção do *ingenium.* Tudo isto contraria a doutrina oficial da Igreja. O ponto da contradição maior se refere à concepção da matéria. Descartes a considerou em relação às leis mecânicas do movimento, não à luz do ato de criação divina. Simplesmente, ele a identificou como a extensão completamente compreensível pelo *ingenium mathematicum*. Sua compreensibilidade matemática cabe dentro do escopo do *ingenium* capaz de conhecê-la por usar a geometria na investigação da natureza. Na física, a matéria fica definida em termos de extensão distinguida pelas características geométricas compreensíveis para o homem em termos de matemática. Ela é considerada como uma questão da física. Não é considerada como algo em que se manifesta o ato da criação divina.

Falando no sentido filosófico, a diferença da física de Descartes em relação à doutrina da Igreja diz respeito à questão da possibilidade de conhecer inequivocamente o mundo, e da necessidade de recorrer às considerações que ultrapassam a ciência para poder alcançar o conhecimento do mesmo mundo. Frankfurt destacou (in MOYAL, 1991, p. 31, v. 3) que tal questão foi envolvida também na disputa entre Galileu e a Igreja sobre a teoria heliocêntrica. A questão foi de insistir em algo, fora da ciência, capaz de fundar o conhecimento cientifico. Segundo a Igreja, isto a teologia. À diferença da Igreja, Descartes e Galileu acreditavam que a ciência é autônoma na busca pelo conhecimento sobre o universo. Assim, conforme Descartes, a teoria heliocêntrica é dedutível de acordo com *matemática demonstra ri,* quer dizer, de acordo com a capacidade da razão, definida como faculdade cognitiva responsável pela produção do conhecimento certo e indubitável. Na realidade, Descarte resolveu a questão citada insistindo que tanto a ciência (a razão) quanto à teologia (a revelação) atuassem dentro dos seus domínios respectivos. Ele acreditou que elas ficariam assim salvas das disputas e confrontos (FRANKFURT, Ibid. p. 32).

Não há duvida nenhum, Descarte sabia tudo isto. Neste sentido, a redação do *Mundo* foi compartilhada pela consciência sobre a diferença em relação à doutrina da Igreja. Tudo isto se mostrou importante em 1633. Sabendo que Galileu foi condenado pela Igreja, Descartes, consciente da diferença em relação à doutrina da Igreja desistiu da publicação do *Mundo.* A decisão de não publicar o *Mundo,* Descartes expressou na carta a Mersenne escrita no fim de novembro de 1633: “eu quase decide queimar todos meus papéis ou pelo menos não deixá-los serem vistos por ninguém" (AT, I, p. 270:18-271:1). O que significou que o *Mundo* não iria se tornar conhecido para o publico. A pergunta é: o que pode causar tal comportamento? Na tentativa de responder esta questão, Beyssade (2001, p. 37) assinalou: "As razões de Descartes são complexas". Especialmente quando souber que a condenação da Igreja não tinha valor jurídico nenhum nas Províncias Unidas, onde Descartes estava após 1629. Com isto em mente, vamos apontar as duas causas mencionadas por Descartes na carta de final de novembro de 1633. São as causas que aparecem mais importantes quanto à desistência da publicação do *Mundo*.

A partir da carta citada, é possível dizer que uma das causas foi à intenção de evitar o confronto com a Igreja. O próprio Descartes escreveu na mesma carta: "Não queria, nem por nada que saísse do meu discurso alguma palavra que pudesse ser desaprovada pela Igreja. Gosto muito mais de suprimir que aparecer estropiado" (AT, I, p. 271:15-18). O discurso em questão concerne ao *Mundo.* Mas, além disso, se encontra mais uma causa: para o *Mundo* não aparecer estropiado, ele decidiu não o publicar. O que está em jogo mostra a consideração da idéia do movimento da Terra. Quanto a esta idéia, Descartes aponta que: "se ela for falsa, todos os fundamentos da minha Filosofia serão também" (Ibid., p. 271:1-11). Em seguida, ele explica isto dizendo que esta idéia "é tanto ligada com todas as partes do tratado (O *Mundo*), que afirmar a sua falsidade significa considerar todas as outras partes defeituosas" (Ibid., p. 271:12-14). Todas as partes do *Mundo* são ligadas em forma de *mathematice demonstrari*[156], onde dependem uma da outra de tal forma que não se possa mudar uma sem mudar a outra (429:16-19). Para que isso não acontecer, Descartes resolveu não publicar o *Mundo*. Por não publicá-lo, ele achou que a concepção da física exposta no *Mundo* não seria estropiada, quer dizer, ficaria preservada da mesma forma como foi desenvolvida nos anos 1620. Ora, aqui assinalamos as duas principais causas da desistência de Descartes de editar o *Mundo*: a intenção de não falar não brigar com a Igreja e não estropiar a concepção exposta no *Mundo* (a concepção geométrico-mecanicista da natureza).

Então, como mostra a discussão sobre a forma da redação (a fábula) e a desistência da publicação do *Mundo*, o principal interesse de Descartes foi relatar a concepção da nova física. Esta concepção foi elaborada do fim do ano de 1618, até o surgimento da idéia de fundar a física na metafísica e construir um sistema do conhecimento sobre a natureza

[156] Na carta de 25 de fevereiro de 1630, Descartes escreveu: "no Mundo, meu Tratado no qual estou trabalhando" (AT, I, p. 120:2-3), todas as coisas são apresentadas de acordo com *mathematice demonstrari* (penso as conhecer por demonstração").

(1628-1630). O *Mundo* apresenta tal concepção com o objetivo de mostrar como é possível a explicação geométrico-mecanicista da natureza. A partir daí, o *Mundo* deve ser visto como um texto que apresenta a concepção da nova física, cuja realização envolve a operacionalização da *mathesis universalis.* É a perspectiva da qual vamos o considerar.

4.3.1. O *ingenium*, o mundo e Deus

Visto desta perspectiva, o *Mundo* focaliza três temas: (i) o *ingenium* responsável pela ciência, (ii) o mundo e (iii) Deus. Ele é constituído em torno destes temas.

(i) Descartes começou o *Mundo*[157] com a "diferença que há entre nossos sentimentos e as coisas que os produzem" (AT, XI, p. 4). Ele iniciou a exposição com a questão do *ingenium,* dizendo, como na regra I das *Regulae*: *o ingenium* produz a ciência. Isto pode ser comprovado pela explicação da diferença acima mencionada. Descartes explicou:

> Quando me propondo tratar da Luz, a primeira coisa sobre a qual vou vos advertir é que haver a diferença entre o sentimento que temos dela, quer dizer, a idéia que se forma sobre ela na nossa imaginação através de nossos olhos e aquilo que fica nos objetos que produzem em nós este sentimento (Ibid. p. 4:1-6)

Estas palavras visam ao cerne da concepção do *ingenium* responsável pela produção da ciência, elaborada entre 1619 e 1630 e exposta na regra XII das *Regulae*. Elas miram a relação imaginação-razão a partir da qual o *ingenium* produz o conhecimento certo e indubitável. A razão a produz a partir das figuras da imaginação, ou seja, das idéias da imaginação formadas em nós, que não semelhem as coisas representadas por elas. O sentido científico da dessemelhança é que a ciência lida não com coisas em si, mas sim, com suas representações na imaginação a partir das quais a razão produzirá as idéias claras e distintas sobre os fenômenos naturais. Faz isto pelo uso da geometria, assegurado por princípios da *mathesis universalis*. Esta será operacionalizada no processo da figuração do fenômeno apresentado pela figura na imaginação, a qual a razão aplica os conceitos da geometria para que chegue à construção da figura usada como a base da explicação matemática.

Pensando na *ingenium* responsável pela ciência, Descartes começou o *Mundo*: "propondo-me a tratar da Luz". Deste modo, ele designou assim o tema central do *Mundo*: a luz. O *Mundo* é organizado em torno do tema da luz. Antes do *Mundo,* nas *Cogitationes*

[157] O titulo do texto é: *Le monde ou Traité de Lumiere* (*O mundo ou o tratado sobre a luz*). Descartes começa o texto dizendo que tratará a luz. Tratando a luz, ele achou que conseguisse explicar como o homem alcançar o conheciemnto matemático sobre o mundo exetrno.

privatae e na *Regulae,* foi tratado o problema da refração da luz. A regra VIII trata ainda o problema da curva anaclástica, também ligado à luz. Por que a luz? A resposta vem da luz: ela é parte do mundo físico; atravessa a lacuna entre o mundo e nós mesmos; é tratável e compreensível em termos de geometria. Para Descartes, ela aparece como o exemplo perfeito de que a natureza pode ser explicada com base na geometria. A luz corresponde perfeitamente à idéia de usar a matemática na investigação dos fenômenos naturais. A percepção visual e seu objeto são facilmente tratados e explicados através de conceitos de geometria.

(ii) O capítulo II do *Mundo* explica que todas as características do mundo físico são explicadas a partir do movimento de "partes pequenas" que constituem coisas materiais. Estas partes são caracterizadas pelo tamanho e forma (figura). Todas as coisas do mundo material são explanadas como efeitos produzidos por arranjos de "partes pequenas" em movimento, partes que têm tamanhos (grandezas) e formas (figuras) diferentes[158].

Descartes explicou isto nos capítulos V e VI do *Mundo*. Do capítulo V, chega-se a

---

[158] Como foi dito no primeiro capítulo, a idéia de tal explicação da natureza foi considerada por Descartes ainda nas discussões com Beeckman, no inverno de 1618-19. Foi elaborada ao longo dos anos 1620, com a acentuação do aspecto matemático da explicação, apresentada no *Mundo* (1629-33), incluída no sistema da filosofia (a arvore do conheciemnto) nos *Princípios* (1641) e metafisicamente fundada nas *Meditações* (1644). O seu desenvolvimento do fim de 1618 até 1644 é seguinte:

Explicar a natureza em termos de geometria e corpúsculos cuja interação causa o fenômeno observado.
A natureza = a quantidade geométrica.
Physica-mathematica
O fim de 1618

A natureza = a quantidade = a extensão.
A regra XIV das *Regulae*
1628

Os fenômenos naturais se tornam explicados com base no movimento, tamanho, figura e arranjo de suas partes.
O capítulo II do *Mundo*
1629-1633

Existe "uma matéria estendida em comprimento, largura e profundidade, cujas partes... tem figuras e movimentos diferentes" (AT, IX, p. 63)
Os p*rincípios,* a segunda parte, o artigo 1.
1641

"Em primeiro lugar, imagino distintamente esta quantidade chamada vulgarmente por Filósofos de quantidade continua, ou a extensão em comprimento, largura e profundidade...Ainda, eu posso numerar nela várias partes e atribuir a cada destas partes grandezas, figuras, situações e movimentos" (Ibid., p. 50).
As meditações, a meditação V.
1644

Este é o caminho que deve ser seguido na tentativa de entender a idéia mencionada. Daí, é possível afirmar a sua continuidade da *Physica-mathematica* à *Meditaçõ*es.

entender que todas as coisas do mundo externo:

> ... podem ser explicadas sem pressupor alguma coisa diferente daquilo que permanece na sua matéria, quer dizer, o movimento, o tamanho, a figura e o arranjo de suas partes (AT, XI, p. 26:5-8).

Ou, na investigação do mundo material, "nos concentramos nosso pensamento" (Ibid, p. 33:25) nestas características geométricas, reconhecíveis nas "coisas sensíveis". Falando assim, Descartes visou ao modo de explicar o mundo material em termos geométrico-mecanicistas. Tal explicação pressupõe o uso da geometria, assegurado e clarificado pela operacionalização da *mathesis universalis*. Mas, o mundo mesmo? O seu modo de ser? Descartes respondeu a estas questões no capitulo VI, dizendo:

> ... a matéria pode ser dividida em partes de acordo com todas as figuras que podemos imaginar; cada destas partes é capaz de receber todos os movimentos que nos podemos conceber. Ainda, pressupomos que Deus a divide em partes, maiores ou menores, e em figuras diferentes (Ibid., p. 34: 4-8).

Em outras palavras, o mundo material se compõe de partes distinguidas por movimento, grandeza e figura, cujas interações, determinadas pelas leis do movimento, acabam por produzir as coisas existentes no mesmo mundo. É o seu modo de ser, o modo fundado em Deus. Este faz o mundo existir dividido em partes determinadas pelas características geométricas e submetidas às leis do movimento (ou da natureza).

(iii) No *Mundo*, Deus aparece como o principio capaz de assegurar a fundamentação metafísica da ciência matemático-mecanicista sobre a natureza. Trata-se da fundamentação no sentido de garantir a veracidade das verdades matemáticas e ultrapassar a lacuna entre a geometria e a natureza. O principio que pode fazer isto é Deus, desde ele:

criou todas as criaturas "há cinco ou seis mil anos" [159] (Ibid., 32:7);
dividiu a matéria "em numerosas partes" (Ibid., p. 34:6-7);
"estabeleceu maravilhosamente as leis do movimento (Ibid., p. 34:19;
conserva a matéria "da mesma maneira como a cria" (Ibid., p. 37:6: 7);
"não muda nunca" (Ibid., p. 37:10-11).

Assim, Descartes descreveu o papel de Deus na ordenação do Universo matematicamente compreensível pelo homem. Com tal pape, Deus se apresenta o principio, explicado na metafísica e visto como o fundamento da física. Em outras palavras, como o princípio fundador da física, Deus cria continuamente o mundo em forma de uma máquina constituída de corpúsculos geometricamente explicáveis a partir das leis do movimento.

[159] Descartes adotou a data do mundo de acordo com a Bíblia. Ele apresentou uma interpretação diferente daquela apresentada pela teologia e a física escolástico-aristótelica, mas aceitou a tese bíblica sobre a data da criação do mundo.

Deus é o princípio do mundo por criá-lo como uma estrutura geométrica, em si. É o mundo conhecido pelo *ingenium mathematicum.* Daí, física se funda na metafísica.

Ora, a fundamentação metafísica da física significa que Deus imutável cria as leis do movimento, capazes de regular as mudanças da natureza [160], "as leis que Deus as impõe" (Ibid., p. 36:27-28). Conforme Descartes, destas leis são dedutíveis todas as outras regras da natureza, de acordo com *mathematica demonstrari.* Desde são criadas por Deus, as leis do movimento admitem ligar natureza e geometria. Pela criação contínua do mundo, para Deus, "Autor de todas as coisas", não há a lacuna entre o mundo material e a geometria. Se a física puder explicar matematicamente a natureza, isto será por ter seu fundamento em Deus. Portanto, será possível edificar a física como a ciência matemática sobre a natureza. Este é o recado do *Mundo*.

O homem é capaz de conhecer matematicamente a natureza graças ao uso da geometria na física e à garantia de Deus que cria o Universo e as verdades matemáticas, existentes no espírito humano. O *Mundo* mostra isto e confirma a idéia de que a matemática pode ser usada na física, com base no envolvimento da idéia da *mathesis universalis* no processo da cognição da natureza. Este é o âmago da relação entre a nova física e a *mathesis universalis*.

[160] No *Mundo*, Descartes insistiu que Deus imutável produz as leis do movimento, também imutáveis, mas referentes às condições mutáveis da natureza. As leis imutáveis regulam mudanças da natureza. Nesse caso, a imutabilidade de Deus se mostra na preservação da mesma soma de todo movimento na natureza. Deus imutável mantém a mesma soma de todo o movimento na natureza. E todos os movimentos são regulados pelas leis imutáveis do movimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Exploramos a relação entre a física de Descartes e a *mathesis universalis.* A problemática envolvida com esta relação engloba quatro grupos de questões investigadas neste estudo. Como já foi apontado na Introdução, as questões se referem: ao objeto da física geométrico em si; ao *ingenium;* ao problema do uso da geometria na física e à idéia da *mathesis universalis*; e à operacionalização da *mathesis universalis*. Tratam-se das questões cuja investigação abre o caminho para saber como Descartes entendeu a relação entre a física e a *mathesis universalis.*

Pela investigação desses problemas, realizada ao longo do estudo, chegamos a concluir que os seguintes tópicos são decisivos para entender a referida relação: (i) a questão da abordagem da mesma relação; (ii) o entendimento do essencial da definição da *mathesis universalis*; (iii) a operacionalização da *mathesis universalis*. Então, em qual sentido (i), (ii) e (iii) são decisivos para a tentativa de desvendar como Descartes entendeu a relação da nova física com e a *mathesis universalis*?

(i) Antes de iniciar a investigação desta relação surge a questão da abordagem da relação a ser explorada. Ela diz respeito à escolha do tópico, do qual tem de iniciar a investigação. Espera-se que o tópico escolhido abre o caminho capaz de guiar o entendimento do assunto investigado. Qual tópico colocar como o ponto de partida da investigação? A pergunta é essa? É da importância decisiva para a investigação. O rumo e a problemática a ser considerada dependem da resposta desta questão. Esta é a conclusão da investigação realizada ao longo do estudo. Trata-se de uma conclusão de valor metodológico.

Os dois fatos fazem esta questão decisiva para o entendimento do tema principal do estudo. O primeiro fato é que Descartes não apresentou alguma consideração especificamente direcionada à relação da nova física com a *mathesis universaalis.* Mas, não há dúvida nenhuma de que o surgimento da idéia de uma ciência sobre a quantidade geral ficou ligado à questão da construção de tal física. O segundo é que ele falou explicitamente apenas uma vez sobre a *mathesis universalis*, na regra IV-B. Justamente na regra, cujo objetivo é estabelecer que "o método é <absolutamente> necessário" (371:2) para o *ingenium* alcançar a ciência. Em conjunto, esses dois fatos colocam a questão sobre o caminho capaz de assegurar o entendimento da relação entre a nova física e a *mathesis universalis*. E podem sugerir que o caminho para tal entendimento deve iniciar com o método ou a *mathesis universalis*. Alem disso, o fato de que Descartes não faz relato algum sobre a relação entre a física e a *mathesis universalis* fortalece ainda mais o dilema possível: o método ou a *mathesis universalis*. Este dilema pode surgir. Porém, da nossa investigação se conclui que ele é falso.

Simplesmente, no dilema não há nada haver com Descartes. Para explicar o que está em questão, lembramos do fato de que a sua volta à ciência e filosofia, no fim de 1618, não aconteceu por considerar o método aplicável em qualquer domínio da investigação científica nem pela idéia da *mathesis universalis*. Descartes começou com a idéia de usar a matemática na física. Ele discutiu com Beeckman esta idéia incluindo problemas matemáticos, físicos e da relação entre a física e a matemática. Como mostra o capítulo I, do nosso estudo, nestas discussões Descartes tentou explicar como é possível usar a geometria nos estudos dos problemas da física, como por exemplo, corpo em queda ou o paradoxo hidrostático. Seu amigo holandês lhe pediu que mostrasse como poderia ser possível formular problemas físicos em termos de matemática. Descartes respondeu que o caminho consiste em determinar o objeto da física em termos de quantidade e proporção (como mostra explicitamente o caso de queda do corpo). Á busca da nova física, designada ‘fisica-matemática’, ele começou com a questão de como seria possível determinar o objeto da física em termos de quantidade (geométrica) e suas proporções. É a questão da determinação do objeto da nova física. Esta questão é o ponto de partida da investigação da relação entre a física de Descartes e a *mathesis universalis*. Vamos ver o que está em jogo.

Como foi explicado nos capítulos I, II e III, do ponto de vista do *ingenium*, a determinação do objeto se resume no problema do uso da geometria na física. É um problema que se tornou central da nova física. Ele foi resolvido através da idéia da *mathesis universalis,* de uma ciência capaz de unir a física e a geometria no objeto da física determinado em termos de quantidade e proporção. Para assegurar isto, esta ciência se concentra nos princípios válidos tanto para a geometria quanto para a natureza. São princípios que admitem determinar e explicar o objeto da física em termos de quantidade e proporção, pensava Descartes. Serem descobertos e estabelecidos pela *mathesis universalis*. Esta se apresenta como a solução do problema do uso da geometria na física. Como foi dito, ainda na Introdução, esta é a tese defendida neste trabalho, cuja comprovação procede da investigação do surgimento da idéia da *mathesis universalis*. Este surgimento se torna compreensível à luz da explicação do problema do uso da geometria na física. Uma das conclusões mais importantes é que a investigação deste problema é chave para entender tanto o surgimento quanto a definição da idéia da *mathesis universalis*.

Não há dúvida, o problema do uso da geometria na física deve ser investigado para se saber como Descartes viu a relação entre a física e a *mathesis universalis*. Esta foi concebida para solucioná-lo. A solução do problema consiste em unir a física e *mathesis universalis* no objeto da investigação, através da operacionalização da *mathesis universalis* no processo da figuração matemática dos fenômenos investigados. Daí resulta que o objeto da nova física é o ponto central da relação entre a física e a *mathesis universalis*. Justamente pela investigação do problema do uso da geometria, pode-se comprovar que a *mathesis universalis* a ser entendida como a sua solução.

Ora, a física, a geometria e a *mathesis universalis* se interligam no objeto matematicamente determinado da nova física. A partir daí se chega a concluir que o caminho da compreensão da relação entre a física e a *mathesis universalis* tem seu começo na questão da determinação do objeto da física. Matematicamente determinado, o objeto se apresenta como geométrico em si, cabendo dentro da capacidade do *ingenium mathematicum* de conhecer a natureza.

(ii) Na regra IV-B, a investigação do significado dos termos *mathesis*' e '*universalis*' acaba por estabelecer a definição da *mathesis universalis.* Do significado do termo '*mathesis*', conclui-se que o essencial desta definição é: a ordem e a medida não são o objeto da *mathesis universalis,* já este objeto compreende princípios capazes de assegurar que os conceitos de ordem e medida sejam aplicados a cada objeto que envolve qualquer quantidade. Tal conclusão ensina que temos de distinguir: os conceitos de ordem e medida (a matemática), princípios que asseguram sua aplicação a qualquer quantidade investigada (*a mathesis universalis*), e as regras metodológicas que conduzem o *ingenium,* quando usar a geometria na investigação (o método). Esta distinção é decisiva para argumentar a tese de que a *mathesis universalis* e o método não são a mesma coisa.

(iii) Descartes tentou operacionalizar a *mathesis universalis.* A operacionalização deve ocorrer através do processo da formulação matemática dos problemas investigados, ou seja, do processo da sua figuração.

A conclusão geral é que a operacionalização conduz inevitavelmente à metafísica. Se a *mathesis universalis* oferecer os princípios validos para a natureza e a geometria, surgirá a questão de explicar, desta vez, como é possível os mesmos principios valer para os dois níveis diferentes do ser, o pensamento e o corpo. A resposta desta questão cabe na metafísica. Esta não foi considerada por Descartes até adotar a teoria das verdades eternas, em 1629. Quando fizer isto, ele começou pensar em fundar a física na metafísica.

Descartes usou o princípio da metafísica para fundar a nova física: Deus. Na realidade, Deus apareceu como a garantia do uso das verdades matemáticas na investigação da natureza, no sentido de assegurar a travessia da lacuna entre a geometria e o mundo, entre o objeto ideal da matemática e a natureza. No caso em que podemos compreender claramente e distintamente quantidades e características geométricas na natureza, e do fato de que Deus não é enganador, Descartes concluiu que o objeto ideal da matemática ficasse associado a fenômenos naturais, no sentido de que os conceitos da geometria poderiam ser usados na investigação física. É a conclusão de Descartes surgida depois de adotar a teoria das verdades eternas.

Então, pela introdução de Deus, como o princípio fundador da física, é provável que Descartes tenha desistido da operacionalização da *mathesis universales* vista como uma ciência *sui generes*. Por insistir na fundamentação metafísica da física, ele passou a olhar a *mathesis universalis* apenas como uma idéia. Após de 1629, a *mathesis universalis* permanece viva em forma de uma idéia, cujo sentido consiste em lembrar que, na investigação da natureza, haver o problema do uso da geometria na física quanto a sua solução parecer a condição da construção da nova física. Como tal, ela fica presente por trás da tentativa de edificar a física matemática. Como comprova o *Mundo.*

A conclusão mais estrita é que Descartes especificou a operacionalização, mostrando que ela deve acontecer no processo da figuração geométrica de problemas investigados. A especificação ficou mais precisa por explicar como a razão produz as idéias claras e distintas, atuando na forma da intuição e dedução, alcançando naturezas simples, e usando o método da analise e a geometria. Por outro lado, ele encontrou a dificuldade de identificar os princípios da *mathesis universalis* e explicar a relação entre eles e suas aplicações especificas nos estudos de problemas singulares. Foram as dificuldades insuperáveis. O que motivou Descartes desistir da *mathesis universalis* entendida como a ciência *sui generis.* Porém, não abandonou a idéia da *mathesis universalis,* como uma idéia, ligada à idéia da física matemática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. EDIÇÕES DA OBRA DE DESCARTES

DESCARTES, René. **Oeuvres complètes**. Edição de Charles ADAM e Paul TANNERY. Paris: Vrin, 1996. 11 v.

--------------------------. **Règles utiles et claires pour la direction de l'esprit en la recherche de la vérité**. 1. ed. Paris: Archives internationales d'histoire des ideas, 1977. La traduction: Jean-Luc Marion.

--------------------------. **Compendium of Music**. 1.ed. Rome: American Institute of Music, 1961.

--------------------------. **Oeuvres et Lettres**. Paris: Galimard, 1953.

2. ESTUDOS SOBRE DESCARTES E OUTROS TEXTOS UTILIZADOS

ACZEL, D., Amir. **O caderno secreto de Descartes**. 1. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2007.

ALANEN, Lilli. Reconsidering Descartes's notion of the mind-body unión. **Synthese.** Dordrecht**,** v. 106, p. 3-20, 1996.

---------------------. **Descartes's Concept of Mind**. 1. ed. Cambridge, Massachusetts and London: Harvard University Press, 2003.

ALLARD, Jean-Luis. **Le Mathématisme de Descartes**. 1. ed. Otawa: Université d'Otawa, 1963.

ALQUIÉ, Ferninand. **La découverte métaphysique de l'homme chez Descartes**. 1. ed. Paris: PUF, 1987.

ARIEW, Roger. Descartes as critic of Galileo's Scientific methodology. **Synthese**. Dordrecht, v. 67, p. 77-90, 1986.

----------------------. Descartes and the tree of knowledge. **Synthese.** Dordrecht, v. 92, p. 101-116, 1992.

----------------------; GRENE, Marjorie. Ideas, in and before Descartes. **Journal of the History of Ideas.** Philadelphia, v. 56, n. 1, p. 87-116, Jan., 1995.

----------------------; Cottingham, John; Sorell, Tom (org.). **Descartes' Meditations***:* **Background source materials.** 1. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.

ARIEW, Roger**. Descartes and the Last Scholastics**. 1. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1999.

---------------------. Descartes´s Fable and Scientific Methodology. **Archives Internacionales d'Histoire des Sciences**. Rome/Turhot, v. 55, n° 154, p.127-138, June 2005.

ARISTOTLE. **La Physique**. Paris: Vrin, 1999.

ARISTÓTELES. **Metafisica**. 1. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2002.

---------------------. **Tópicos** 1. ed. Lisboa: Centro de filosofía da Universidade de Lisboa, 2007.

ARISTÓTELES. **De anima**. 1. ed. São Paulo: 34 Ltda, 2007.

ARTHUR, Richard. Beeckman, Descartes and the Force of Motion. **Journal of the History of Philosophy.** Philadelphia, v. 45, n. 1, p. 1-28, 2007.

ARTIGAS, Mariano. **Filosofia da natureza**. 1. ed. São Paulo: Instituto brasileiro de filosofía e ciência "Raimundo Lúlio", 2005.

AUGUST, Brtrand. Descartes's Compendium on Music. **Journal of the History of Ideas**. Philadelphia**,** v. 26, n. 1, p. 119-132, Jan-Mar. 1965.

BACHELARD, Gaston. **A Epistemología**. 1. ed. Lisboa: Edições 70, 2006.

BAILLET, Adrien. **Vie de Monsieur Descartes**. Ed. abreviada, 1692. Paris: Table Ronde, 1972.

BAILER-JONES, Daniela. Scinetists' Thoughts on Scientific Models. **Perspective on Science.** Boston, v. 10, n. 3, p. 275-301, 2002.

BARBIN, Évelyn. Descartes et les mathématiques. In BARBIN, Évelyn e COVEING, Maurice. **Les philosphes et les mathématiques**. 1. ed. Paris: Ellipser, 1996, p. 43-64.

BASHMAKOVA, I.G., **Diophantus and Diophantus Equations**. 1. ed. Washington, D.C.: The Mathematical Association of America, 1997.

BASSLER, O. Bradley. The surveyability of mathematical proof: a historical perspective. **Synthese**. Dordrecht, v. 148, p. 99-133, 2006.

BERMUDÉZ, Jose Luis. Scepticism and Science in Descartes. **Philosophy and Phenomenological Research.** Providence, v. 57, n. 4, p. 743-772, Dez., 1997.

BECK, L.J. **The Method of Descartes: A Study of the Regulae**. 1. ed. Oxford: Clarendonb Press, 1952.

BEECKMAN, Isaak. **Journal tenu par Isaak Beeckman** de 1604 à 1634. Ed. C. Edition: C . de Waard. The Hague: Nijhoff, 1939-53. v. 1.

BEYSSADE, Jean-Marie. **La philosophie première de Descartes**. Paris: Flammarion.

BEYSSADE, Jean-Marie. **Études sur Descartes**. 1. Ed. Paris: Seuil, 2001.

BEYSSADE, Michel**. Descartes**. 1. ed. Rio de Janeiro: EDIÇÕES 70, 1991.

BLAIR, Ann. Mosaic Physics and the Search for a Pious Natural Philosphy in the Late Renaissance. **Isis**, vol. 91, no. 1. p. 32-58, Mar. 2000

BLUM, Richard, Paul (org). **Filósofos da Renascença**. 1. ed. São Leopoldo: UNISINOS, 2000.

BOYER, B. Carl. **História da Matemática**. 1. Ed. São Paulo: Blücher, 2008

BRÉHIER, Émile. **Histoire de la philosophie**. Paris: PUF, 2004, v. 4.

BROWN, Deborah. Augustine and Descartes on the function of attention in perceptul awareness. In Heinamaa, Sara; Reuteur, Martina (ed**.). Psychology and Philosophy.** Dordrecht: Springer, 2007, p. 153-175.

BROWNE, Alice. Descartes's Dreams. **Journal of the Warburg and Courtauld Institutes.** London**,** v. 40, p. 256-273, 1977.

BRUNSCHVICG, Leon. Mathématique et métaphisique chez Descartes. **Revue de métaphysique et de morale.** Paris, n. 34, p. 277-324, 1927.

--------------------------------. **Écrits philosophique**, 1 ed. Paris: PUF, 1951, v. 1 e 3.

BUNNIN, Nicholas; TSUI, JAMES, E.P. **Compêndio de Filosofia**. 1 ed. São Paulo: Edições Loyola, 2007.

BURKHARAT, Hans. Modalities in language, thought and reality in Leibniz, Descartes and Crusius. **Synthese**, vol. 75, p. 183-215, 1988.

BURNETT, D., Graham. **Descartes and the Hyperbolic Quest: Lens Making Machines and their Significance in the Seventeenth Century**. 1 ed. Philadelphia: American Philosophical Society, 2005.

CAHNÉ, Pierre-Alain, Ordre et désordre dans les Olympica. **Archives de philosophie.** Paris, v. 46, n. 4, p. 627-636, Oct.-Dec. 1983.

CELLUCCI, Carlo. The nature of mathematical explanation. **Studies in History and Philosophy of Science**.v. 39, p. 202-210, 2008.

CARLONI, Daria. Pensée mathématique et génération chez Descartes. **Analecta Husserliana.** Dordrecht, v. L, p. 143-154, 1997.

CAVAILLÉ, Jean-Pierre, Descartes. **A Fábula do mundo**. Lisboa: Instituto Piaget, 1991.

CHAPELL, Vera. Descarte’s ontology. **Topói.** Dordrecht, v. 16, p. 111-127, 1997.

CHAPELL, Vera (ed.). **Descartes's Meditations: Critical essays.** Lanham: Rowman and Littlefield, 2000.

CHAVES, Alvar; SAMPAIO, J.F. **Física básica: Mecânica**. Rio de Janeiro: LAB, 2007.

CLARKE, M., Desmond. The Ambiquous Role of Experience in Cartesian Science. In **Procedings of of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Associations**. *v*ol. 1, p. 151-164, 1976.

--------------------------------. The Impact Rules of Descartes' Physics. **Isis.** Chicago, v. 68, n. 1, p. 55-66, Mar. 1977.

--------------------------------. **Descartes' philosophy of science.** 1. ed. Manchester: Manchester University Press, 1982.

--------------------------------. **Occult Powers and Hypotheses**. 1. ed. Oxford: Clarendon Press, 1989.

--------------------------------. **Descartes's Theory of Mind**. 1. ed. Oxford: Clarendon Press, 2003.

COLLINS, James. **Descartes' Philosophy of Nature. Oxford**. American Philosophical Quarterly, Monograf Series, 1971.

CONTESSA, Gabriele. Scientific models, partial structures and the new received view of theories. **Studies in History and Philosophy of Science.** v. 37, p. 370-377, 2006.

COSTABEL, Pierre. Essai critique sur quelques concepts de la mécanique cartésienne. **Archives internationals d'historie de science**. Paris, n. 20, p. 235-252, 1967.

----------------------------. L'intuition mathématique de Descartes. **Archives de philosophie**. tome. Paris, v. 46, n. 4, p. 37-46, Oct.-Dec. 1983.

----------------------------. **Démarches originales de Descartes savant**. 1. ed. Paris: Vrin, 1981.

COTTINGHAM, John. Descartes on 'Thought', **The Philoosphical Quarterly**, Glasgow, v. 28, n° 112, p. 208-214, Jul. 1978.

-----------------------------. Cartesian Trialism. Mind, **New Series**. v. 94, n. 374, p. 218-230, Apr., 1985.

----------------------------- (org.). **The Cambridge Companion to Descartes**. 10. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

CRAPULLI, Giovanni. Introduction, Appendice. In Descartes, Rene, **Regulae ad directionem ingenii**. 1. ed. La Haye: Martinus Nijhoff, 1966, p. V-XXXIII, 93-116.

DELLA ROCCA, Michael, Descartes. the Cartesian Circle, and Epistemology Without God. **Philosophy and Phenomenological Research.** Dordrecht, v. LXX, n. 1, p. 1-33, Jan. 2005.

DE BUZON, Frederic. Fonctions de la mémorie dans les traités théoriques au XVII siècle. **Revue musicologie.** Paris**,** v. 76e, n. 2e, p. 163-172, 1990.

DE DAINVILLE, François. **L'Education des Jésuites**. 1. ed. Paris: Minuit, 1987.

DENISSOFF, Élie. **Descartes, premier théoricien de la physique mathematique**. 1. ed. Louven: Université catholique de Louven, 1970.

DE ROSA, Raffaella. The Mith of Cartesian Qualia. **Pacific Philosophical Quarterly. v. 88, p. 181-207, 2007.**

DES CHENE, Dennis. **Physiologie: Natural Philosophy in late Aristotelian and Cartesian Thought**. 1. ed. Ithaca and London: Cornell University Press, 1996.

-------------------------------. Spirits and Cloks: Machine and Organism in Descartes.1. ed. Ithaca and London: Cornell University Press, 2001.

-------------------------------. Mecanisms of life in the seventeenth century: Borelli, Peraults, Régis. **Studies in History and Philosphy of Biological and Biomedical Science**. v. 36, p. 245-260, 2005.

DEPRÉ, Olivier; LORIES, Danielle. **Lire Descartes aujourd'hui.** 1. ed. Louven-Paris: Peeters, 1997.

DONEY, Willis (org.). **Descartes: A Collection of Critical Essays.** 1. ed. New York: Doubleday&Co., 1967.

---------------------. Descartes's Conception of Perfect Knowledge**. Journal of the History of Ideas**. Philadelphia, n. 8, p. 387-403, 1970.

DUBARLE, D. L'esprit de la physique cartésienne. **Revue des sciences Philosophiques et theologique.** Paris**,** n. 26, p. 213-243, 1937

DUPLEIX, Scipio. **La physique ou science des choses naturelles**. Paris: Fayard, 1990.

EDWARDS, Michael. Historiographical Reviews: Aristotelianism, Descartes, and Hobbes. **The Historical Journal**. Cambridge, n. 50, 2, p. 449-464, 2007.

ESCOBAR, M. Jorge. Kepler's Theory of the Soul: a Study on Epistemology. **Studies History and Philosophy Science.** Dordrecht, v. 39, p. 15-41, 2008.

FEDERICO, P.J. **Descartes on Polyedra. Stydy of the De Solidorum Elementis**. 1. ed. New York, Heidelberg, Berklin: Spring-Verlag, 1982.

FEYNMAN, P. Richard. **The Character of Physical Law**. London: Penguin Books, 1992.

FEYNMAN, P. Richard; LEIGHTMAN, Robertt; SANDS, Matthew. **Lições de Física.** Porto Alegre: ARTMED, 2008. v. 1.

FICHANT, Michel. **Science et métaphysique dans Descartes et Leibniz**. 1. ed. Paris: PUF, 1998.

FLORKA, Roger. Problems with the Garber-Dear yheory of the disappearance ofDescartes's method. **Philosophical Studies.** Dordrecht**,** v. 117, p. 31-141, 2004.

FONATAINEL, Joëlle; Simon, Arkan. **A imagem do mundo dos Babilônios a Newton**. 1. ed. São Paulo: Companhoa das Letras, 2003.

FORBES, G., Eric. Descartes and the birth of analytic geometry**. Historia mathematica**. v. 4, p. 141-151, 1977.

FRIEDMAN, Michael. Descartes on the Real Existence of Matter. **Topói**, n. 16, p. 153-162, 1997.

FOWLWR,AvC.F. **Descartes on the human solul**. Dordrecht: Springer, 1999.

GÄBE, Läuder. La Règle XIV. Lien entre géométrie et algèbre. **Archives de philosophie**. Paris, v. 46, n. 4, p. 647-653, Oct.-Dec. 1983.

GALILEI, Galileu. **Diálogo sobre os dois máximos sistemas**. 1. ed. São Paulo: Discurso Editorial, 2004.

------------------------. **Dialogo sobre duas novas ciências**. In HOWKING, Stephan. **Os gênios da ciência**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005, p. 87-334.

GALISON, Peter. Descartes's Comparisons: From the Invisible to the Visible. **Isis,** Vol. 75, n° 2, p. 311-326, Jun. 1984.

GARBER, Daniel. **Descartes' methaphysical physics**. 1.ed. Chicago and London: The University Chicago Press, 1992.

------------------------. Descartes and Method in 1637. In **Procedings of of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Associations.** v. 2, p. 225-236, 1998a.

------------------------. AYERS, Michael**. The Cambridge History of Seventeenth**-Century Philosophy. 1 ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1998b. v. 2.

------------------------. **Descartes Embodied**. 1. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2001a.

------------------------. Descartes and the Scientific Revolution: Some Kuhnian Reflections. **Perspective of Science.** Baltimore**,** v. 9, n. 4, p. 405-422, 2001b.

------------------------. Descartes, Mechanics, and the Mechanical Philosophy. **Midwest Studies in Philosophy**, vol. XXVI, p. 185-204, 2002.

GARE, Arran. Mathematics, Explanation and Reductionism: Exposing the roots of the Egyptianism of European Civilization. **Cosmos and History: The Journal of Natural and Social Philosophy**. Howthorn, v. 1. n. 1, p. 54-89, 2005.

GAUKROGER, Stephen (org.). **Descartes: Philosophy, Mathematics and Physics**. 1. ed. Hassocks, Sussex: Harvester Press, 1980.

----------------------------------. The Role of Matter Theory in Baconian and Cartesian Cosmologies. **Perspective on Science**, vol. 8, n° 3, p. 201-222, 2000a.

----------------------------------. SCHUSTER, John, SUTTON John, **Descartes'Natural Philosophy**. 1. ed. London and New York: Routledge, 2000b.

----------------------------------. **Descartes, uma biografia intelectual**. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto. 2002a.

----------------------------------; SCHUSTER, John, The hydrostatic paradox and the origins of Cartesian dynamics. **Studies in History and Philosophy of Science.** Dordrecht, v. 33. p. 535-572, 2002b.

---------------------------------- (ed). **Descartes' Meditations**. 1. e. Oxford: Blackweel, 2006.

GÉRARD, Vincent, La mathesis universalis est-elle l'ontologie formelle? JOURNÉES D'ÉTUDES "CATEGORIAL MATTERS: HUSSERLIAN LOGIC THEMES", 4, 2001, Paris.

GERD, Buchdahl. The relevance of Descartes' philosophy for modern philosophy of science. **British Journal for the History Science**, n.1, p. 227-249, 1963.

GIBSON, C.G. **Elementary Euclidean Geometry: An Introduction**. Cambridge: Cmbridge University of Press, 2004.

GILSON, Étienne. **Études sur l'histoire de la formation du système cartésiene**. 1. ed. Paris: Vrin 1930.

GORHAM, Geoffrey. **Études sur la role de la pensée médiévale dans la formation du system cartésien.** 1.ed. Paris: Vrin, 1967.

-----------------------------. Cartesian Causation: Continuous, Instantaneous, Overdetermined. **Journal of the History of Philosophy**. Baltimore, 42, p 389–423, 2004.
GORHAM, Geoffrey. The Metaphysical Roots of Cartesian Physics: The Law of Rectilinear Motion. **Perspective of Science.** Baltimore, v. 13, n. 4, p. 431-451, 2005.

-----------------------------. Descartes on Time and Duration. **Early Science and Medecine**, Nijmegen, v. 12, p. 20-54, 2007.

-----------------------------. Descartes on God's relation on time. **Religious Studies.** Cambridge**,** v. 44, p. 413-431, 2008.

GOUHIER, Henry. **Les Preémiers Pensées de Descartes**. 1 ed. Paris: Vrin, 1958.

GRABINER, Judith. Descartes and Problem-Solving. **Mathematics Magazine.** Washington, v. 68, n. 2, p. 83-97, Apr. 1995.

GREENBERG, Sean. Descartes on the Passion: Function, Representation, and Motivation. **Noûs**, Hoboken, v. 41, n. 4, p. 714-734, 2007.

GRENE, Marjorie. **Descartes**. 1 ed. Indianopolis: Hackets, 1998.

GRIESMAIER, Franz-Peter. Causality, Explanatoriness, and Understanding as modeling. **Journal for General Philosophy of Science.** Dordrecht**,** v. 37, p. 41-59, 2006.

GRIMALDE, Nicolas. **Études cartésiennes**. Paris: Vrin, 1996.

GUEROULT, Martial. **Descartes selon l'ordre dês raisons**, Paris: Montaigne, 1968. 2 v.

HANSON, Karen. On "the truths of experience upon which philosophy is founded. **Journal of philosophical research.** NotreDame, Indiana**,** p. 55-70, 2003.

HATFIELD, Gary. Force (God) in Descartes physics. **Studies in History and Philosophy of Science.** vol. 10. no. 2, p. 113-140, 1979a.

---------------------; EPSTEIN, William. The Sensory Core and the MedievalFoundations of Early Modern Perceptual Theory. **Isis.** Chicago, v. 70. N. 2. p. 364-386, 1979b.

---------------------. Science, Certainty, and Descartes. **PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association.** Chicago**,** v. 2, p. 249-262, 1988.

---------------------. Descartes and the Meditations. 1. ed. London and New York: Routledge, p. 1-68, 2002.

----------------------. The Passions of the soul and Descartes' machine psychology. **Studies in History and Philosophy of Science.** n. 38, p. 1-35, 2007.

HATTAB, Helen. Concurrence or Divergence? Reconciling Descartes's Physics with Metaphysics. **Journal History of Philosophy**. Baltimore, v. 45, n. 1, p. 49-78, 2007.

HESSE, Mary. **Models and Analogies in Science**. 1. ed.Notre Dame, Indiana: University of Notre Dame Press, 1966.

HILL, K., David. Dissecting Trajectories: Galileo's Early Experiments on Projectile Motion. **Isis**. Chicago, v. 79, n. 4, p. 646-668, 1988.

HINTIKKA, Jaakko. **Analyses of Aristotle**. 1. ed. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publisher, 2004.

HOOKER, Michael (org). **Descartes: Critical and Interpretive Essays**. 1 ed. Baltimore: John Hopkins University, 1978.

HUSSERL, Edmund. **Kartesijanske meditacije**. Zagreb: Izvori i tokovi, 1977.

HUYGENS, Christian. **Treatise of light**. London: Encyclopedia Britannica, Inc, 1971

JESSEPH, M. Douglas, Descartes, Pascal, and the Epistemology of Mathematics: the Case of The Cicloide**. Perspective on Science**. Baltimore, v. 15, n. 4, 410-433, 2007.

JONATHAN, Lear. Aristoteles, **O desejo de entender**. 1. ed. São Paulo: Discurso editorial, 2006.

JONES, L., Matthew. Descartes's Geometry as Spiritual Exercise. **Critical Inquiry.** Chicago, v. 28, n. 1, p. 40-71, Autumn 2005.

KEEFER, H., Michael. The Dreamer's Path: Descartes and the Sixteenth Century. **Renaisance Quarterly.** Chicago, v. 49, n. 1, p. 30-76, Spring 1996.

KENNINGTON, Richard. **On Modern Origins: Essays in Early Modern Philosophy.** 1. ed. Lanham: Lexington Books, 2004.

KIRKEBOEN, Geir. Descartes's Regulae. Mathematics, and Modern Psychology. **History of Psychology**. Stockhlom, vol. 3, nº 4, p. 299-325, 2000.

KLEIN, Jacob. **Greek Mathematical Thought and the Origino of Algebra**. 1. ed. New York: Dover Publications, Inc, 1969.

KNOBLOCH, Eberhard. Beyond Cartesian limits: Leibniz's passage from algebraic to "transcendental" mathematics. **Historia Mathematica**. vol 33, p, 113-131, 2006.

KOBAYASHI, Michio. **La philosophie naturelle de Descartes**. 1. ed. Paris: Vrin, 1993.

KOYRÉ, Alexandre, Galileo and Plato. **Journal of the History of Ideas**. Philadelphia, v. 4, n. 4, p. 400-428. 1943.

---------------------------. **Études d'histoire de La pensée scientifique**. Paris: Gallimard, 1973.

--------------------------. Études galiléennes. Paris: Hermann, 1986.

KREIMDDAHL, Lothar (org.). **Filósofos do século XVII**. 1. ed. São Leopoldo: UNISINOS, 2000.

KVASZ, Ladislav. The Mathematization of Nature and Cartesian Physics**. Philosphia naturalis**, Frankfurt am Main, v. 40, n. 2, p. 157-182, 2003.

--------------------------. Form of Transcendence in Science and in Religion. **Theology and Science.** Berkeley**,** v. 6, p. 89-106, 2008.

LAPORTE, Jean-Luc. **Le rationalisme de Descartes**. 4. ed. Paris: PUF, 2000.

LENOIR, Timothy. Descartes and the geometrization of thought: the methodological background of Descartes' Géométrie. **Historia Mathematica.** v. 6, p. 355-379, 1979.

LENNON, Thomas. The Eleatic Descartes. **Journal of the History of Philosophy.** Baltimore**,** v. 45, n. 1, p. 29-47, 2007.

LIARD, L. La méthode et la mathématique universelle de Descartes**. Revue philosphique.** Louven, v. X, p. 560-690, 1880.

LIU, C. Aproximation, Idealization, and Laws of Nature. **Synthese.** Dordrecht, v. 118, p. 229-256, 1999.

LOEB, E., Louis. The Priority of Reason in Descartes. **The Philosophical Review**. Chicago, *v.* 99, n. 1, p. 3-43, Jan. 1990.

LUTHY, Christoph.The Fourfold Democritus on the Stage of Easrly Modern Science. **Isis**. Chicago, v. 91, n. 3. p. 443-479, Set. 2000.

LYONS, D., John. Descartes and Modern Imagination. **Philosophy and Literature.** Baltimore, v. 23.2, p. 302-312, 1999.

MACBETH, Danielle. Viète. Descartes, and the Emergence of Modern Mathematics. **Graduate Faculty Philosophy Journal**. New York, v. 25, n. 2, p. 87-117, 2004.

MACDONALD, S. Paul. The Lost Episodes. **Journal of the History of Philosophy**. Baltimore, *v.* 40, n. 4, p. 437-60, 2002.

MACHAMER, Peter; McGUIRE, J., E. Descartes' changing mind. **Studies in History and Philosophy of Science.** v. 37, p. 398-419, 2006.

MAHONEY, S. Michael. Changing Canons of Mathematical and Physical Intelligibility In the Later 17^{th} Century. **Historia Mathematica.** v. 11, p. 417-423, 1984.

MENN, Stephen. Descartes and some predecessors on the divine conservation of motion. **Synthese.** Dordrecht, v. 83, p. 215-238, 1990.

MARCISZEWSKY, Witold. The Principle of Comprehension as a Present-Day Contribution to Mathesis Universalis. **Philosophia naturalis.** Frankfurt am Main, v. 21, p. 522-537, 1984.

MARION, Jean-Luc. **Sur l'ontologie grise de Descartes. Science cartésiene e savoir aristotélicien dans les Regulae**. Paris: Vrin, 1975.

-------------------------. Sur l'ontologie blanche de Descartes. Paris: PUF, 1991.

--------------------------. On Descartes Metaphysical prism. 1. ed. Chicago and London: The University of Chicago, 1999.

MAULL, Nancy. Cartesian optics and the geometrization of nature. **Review of Metaphysics**. Paris, n. 32, p. 253-273, 1978.

MAZLIAK, Paul. **Descartes. De la science universelle à la biologie**. Paris: PUF, 2005.

MEINEL, Christoph. Early Seventeenth-Century Atomism: Theory, Epistemology and the Insufficiency of Experiment. **Isis**, v. 79, n. 1, p. 68-103, Mar. 1988.

MOLLAND, A.G. Shifting the foundations: Descartes's transformation of ancient Geometry. **Historia mathematica**. v. 3, p. 21-49, 1976.

MONTAIGNE, de Michel. **Les Essais**. Paris: PUF, 2004.

MORRIS, John. Descartes and Probable Knowledge**. History of Philosophy.** n. 8, p. 303-323, 1970.

--------------------. Cartesian certainty. **Australasian Journal of Philosophy. Abingdon**, n. 47, p. 168-168, 1969.

MOUY, Paul. **Le Développement de la physique cartésienne**, 1646-1712. 1. ed. Paris: Vrin, 1934.

MOYAL, J. D. Georges (org.). **René Descartes: Critical assessments.** 1 ed. London and New York: Routledge, 1991. v. 4.

MANDERS, Kenneth. Algbra in Roth, Faulhaber, and Descartes**. Historia Mathematica,** v. 3, p. 184-209, 2006.

MARTINET, M. Science et Hypothesis chez Descartes. **Archives internationales d'histoire dês sciences**. Paris, n. 24, p. 319-339, 1974.

MAZLIAK, Paul. **Descartes, de la science universelle à la biologie**. 1. ed. Paris: PUF, 2005

MURDOCH, Dugald. The Cartesian Circle. **The Philosophical Review**. Ithaca, v. 108, n. 2, p. 221-244, Abr. 1999.

NEWMAN, Lex. Descartes on Unknown Faculties and our Knowledge of the external world. **Philosophical Review**. Ithaca, v. 103, n. 3, p. 489-531, Jul. 1994.

NELSON, Alan. Micro-chaos and idealizations in Cartesian physics. **Philosophical Studies**. Dodrecht, n. 77, p. 377-391, 1995.

NOLAN, Lawrence. Reductionism and Nominalism in Descartes's theory of Attributes. **Topói**, Dordrecht, v. 16, p. 121-140, 1997.

PEREBOOM, Derk. **The rationalist: critical essays on Descartes, Spinoza and Leibniz**. 1. ed. Oxford, New York, London: Rowman & Littlefield Publichers, 1997.

PLATON. **Timée, Critias**. Paris: Flammarion, 2001.

PORTIDES, P., Demetris. A theory of scientific model construction: the conceptual Process of abstraction and concretization. **Foundations of Science.** Dordrecht, v. 10, p. 67-88, 2005.

POSER, Hans. Mathesis universalis and scientia singularis, connection and disconnections between scientific disciplines. **Philosophia naturalis**. Frankfurt na Main, v. 35, p. 3-21, 1998.

PROCLUS. **A Commentary on the first book of Euclid's elements**. Princton, New Jersey: Princton University Press, 1970.

RABOUIN, David. La "mathematique universal" entre mathématique et philosophie. **Archives de Philosophie**. Paris, v. n. 2, p. 249-268, 2005.

RAFTOPOULOS, Athanassios. Cartesian analysis and Synthesis. **Studies in History and Philosophy of Science**. n. 34, p. 265-308, 2003.

RALPH, Blake. The role of experience in Descartes' theory of method. **Philosophical Review**. n. 38, p. 125-143, 1929.

RIBE, M., Neil. Cartesian Optics and the Mastery of Nature. **Isis**, v. 88, n. 1, çop. 42-61, Mar., 1991.

ROBINET, André. Descartes, **La lumière naturelle, intuition, disposition, complexion**. Vrin: 1999.

RODIS-LEWIS, Geneviève. Qualques questions disputées sur la jeunesse de Descartes. **Archives de philosophie**. Paris, v. 46, n. 4, p. 613-619, Oct-Dec. 1983.

RODIS-LEWIS, Geneviève. **Le developmente de la pensée de Descartes**. Paris, Vrin, 1997.

------------------------------------. D**escartes: His life and thought**. Ithaca and London: Cornell University Press, 1998.

RORTY, Amélie Oksenberg. **Essays on Descartes' Meditations**. 1 ed. Berkly, Los Angeles and London: University of California Press, 1986.

SAKELLARIADIS, Spyros. Descartes's Use of Empirical Data to Test Hypotheses. **Isis**. Chicago, v. 73, n. 1, p. 68-76, 1982.

SARKAR, Husain. **Descartes' Cogito**. 1. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

SARTRE, Jean-Paul. **A imaginação**. 1. ed. Porto Alegre: L&PM, 2008.

SASAKI, Shikara. **Descartes' Mathematical Thought**. 1. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003.

SCHMALTZ, M., Tod. What Has Cartesianism To Do with Jansenism? **Journal of the History of Ideas**. Baltimore, v. 60. N. 1, p. 37-56, 1999.

SCHOULS, A., Peter. **Descartes and the Possibility of Science**. 1. ed. Ithaca: Cornell University Press, 2000.

SCHUSTER, John. ‘Waterworld’: Descartes’ vertical celestial mechanics. In Schuster, J.A.; Anstey, P.R., **The science of nature in the Seventeenth Century**. Dordrecht: Springer, p. 35-79, 2005.

SCHWYZER, Hubert. Subjectivity in Descartes and Kant. **The Philosophical Quarterly.** v. 47, n. 188, p. 343-357, 1997.

SEPPER, Denis. Descartes and the eclipse of imagination. **Journal of the History of Philosophy**. v. 27, p. 397-403, 1989.

---------------------. **Descartes's Imagination**. 1 ed. Berkeley, Los Angeles, London: University of Caligfornia Press, 1996.

SHEA, R. William. Descartes: Methodological Ideal and Actual Procedure. **Philosophia naturalis.** Frankfurt am Main, v. 21, p. 577-589, 1984.

SIMMONS, Alison. Descartes on the Cognitive Structure of Sensory Experience. **Philosophyb and Phenomenological Research.** v. 67, n. 1, p, 549-579, Nov. 2003a.

--------------------------. Spatial Perception from a Cartesian Point of View. **Philosophical Topics**, Fayettevilee, n. 31, p. 395-424, 2003b.

--------------------------. Guarding the Body: A Cartesian Phenomenology of Perception. PACIFIC DIVISION MEETING OF THE AMERICAN PHILOSOPHICAL ASSOCIATION, 2005.

SIRVEN, Joseph, **Les annés d'aprentissage de Descartes**. 1.ed. Albi: Emprimerie cooperative du sud-ouest, 1928.

SIORVINS, Lucas. **Proclus: Neo-Platonics philosophy and science**. 1.ed. Edinburgh: Edinburgh University Press, 1996.

SKIRRY, Justin. Descartes’s Conceptual Distinction and its Ontologicle Importance. **Journal of the History of Philosophy.** Baltimore, v.. 42, n. 2, p. 121-144, 2004.

SLOWIK, E., Cartesian Spacetime: Descartes’ Physics and the Relational Theory of Space and Motion. **The British Journal for the Philosophy of Science.** Oxford**,** v. 55, p. 189-193, 2004

SMITH, Kemph, Norman. **New studies in the philosophy of Descartes**. 1. ed. London: Macmillan & Co. Ltd, 1952.

SMITH, C. U. M., Descartes' Pineal Neuropsychology. **Brain and Cognition. v**. 36, p. 57-72, 1998.

SORELL, Tom. Cartesian Method and the Self. **Philosophical Investigations.** v. 21, Nº 1, Jan. 2001.

---------------------. Descartes reinvented. 1. ed. Cambrifge: Cambridge University Press, 2005.

SOSA, Ernest. How to resolve the pyrrhonian problematica: A lesson from Descartes.**Philosophical Studies.** v. 85, p. 229-249, 1997.

---------------------; KIM, Jaegwon. **Epistemology: An antolology**. 1. ed. Oxford: Blackwell Publichers Ltd, 2000.

STILLWELL, John. **The Four Pillars of Geometry**. New York, 2005.

TIMMERMANS, Benoît. The Originality of Descartes Conception of Analysis as Discovery. **Journal of the History of Ideas.** Philadelphia, v. 60, n. 3, p. 433-447, 1999.

VAN BERKEL, Klaas. Beeckman, Descartes et La philosophie physico-matematique. **Archives de philosophie**. Paris, v. 46, n. 4, p. 620-626, Oct-Dec. 1983.

VAN CLEVE, James. Foundationalism, Epistemic Principles, and the Cartesian Circle. **The Philosophical Review**. Ithaca, v. 88, n. 1, p. 59-91, Jan. 1979.

VAN DE PITTE Fredrick. Descartes' *Mathesis Universalis*. **Archiv für Göscihte der Phislosophie,** v. 61, n. 2, p. 154-174, 1979.

-----------------------------------. The dating of Rule IV-B in Descartes's Regulae and directionem ingenii. **Journal of the History of Philosophy**. Philadelphia, v. 24, n 3, p. 373-395, July. 1991.

VACARIU, Gabriel. Mind. Brain and Epistemologically different worlds. **Synthese.** Dordrecht: v. 147, p. 515-548, 2005.

VOSS, Stephen (org.), **Essays of the Philosophy and Science of René Descartes**. 1. ed. Oxford: Oxford University Press, 1993.

VUILLEMIN, Jules. **Mathématiques et métaphysique chez Descartes**. 1. ed. Paris: PUF, 1960.

WALTER, Ott. Régis scholastic mechanism. **Studies in History and Philosophy of Science**. v. 39, p. 2-14, 2008.

WARDHAUGH, Benjamin. Musical logarithms in the seventeenth century: Descaartes, Mercator, Newton. **Historia Mathematica**. v. 35, p. 19-36, 2008.

WATSON, Richard. **Breakdown of Cartesian Metaphysics**. Indianpolis: Hackets, 1998.

WEBER, Jean-Paul. **La constitution du texte des Regulae**. Paris: Sociéte d'edition D'eseignement supérieur, 1964.

WHITEHEAD, North, Alfred. **Science and the Modern World.** Cambridge: Cambridge University Press, 1953.

WILSON, Margaret Dauler. **Ideas and Mechanism: Essays on Early Modern Philosphy.** Princeton: Princeton University Press, 1999.

WILLIAMS, Bernard. **Descartes: The Project of Purê Inquiry.** Harmondsworth: Penguin, 1978.

WILLIS, N. Bernard. **17th century Platonism: John Norris on Descartes and eternal truth**. The Heythorp Journal, vol. XLIX, p. 964-979, 2008.

WITHERS, Robert. Descartes' dreams. **Journal of Analytical Psychology.** v. 53, p. 691-709, 2008.

WESTERHOFF, C., Jan. Poeta Calculans: Harsdörffer, Leibniz, and the "Mathesis Universalis". **Journal of the History of Ideas.** Baltimore**,** v. 60, n. 3, p. 449-467, July, 1999.