

ANDRÉ KOCH TORRES ASSIS

Instituto de Física da Unicamp

Arquimedes, o Centro de Gravidade e a Lei da Alavanca



EDITORIAL

Editora Livraria da Física
São Paulo – 2011

Copyright © 2011 André Koch Torres Assis

1ª Edição

Editor: José Roberto Marinho

Editor-assistente: Victor P. Marinho

Revisão: Fabrícia Carpinelli

Diagramação: Arnaldo Gomes de Oliveira Filho

Capa: Editora Globaltec

Texto em conformidade com as novas regras ortográficas do Acordo da Língua Portuguesa.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Assis, André Koch Torres

Arquimedes, o centro de gravidade e a lei da alavanca / André Koch Torres Assis. –
São Paulo : Editora Livraria da Física, 2011.

Bibliografia

ISBN 978 - 85 - 7861 - 105 - 7

1. Arquimedes, 287 A.C.-212 A.C. 2. Ciência - Filosofia 3. Ciência - História 4. Cientistas
- Biografia 5. Física 6. Física - Experiências 7. Matemática I. Título

CDD - 501

11 - 03677

- 509

Índices para catálogo sistemático:

1. Ciência : Filosofia 501
2. Ciência : História 509
3. Ciência : Física 530
4. Ciência : Mecânica clássica 531

ISBN 978 - 85 - 7861 - 105 - 7

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra poderá ser reproduzida sejam quais forem os meios empregados sem a permissão da Editora. Aos infratores aplicam-se as sanções previstas nos artigos 102, 104, 106 e 107 da Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.

Impresso no Brasil

Printed in Brazil



Editora Livraria da Física
Tel./Fax.: +55 11 3459-4327 / 3936-3413
www.livrariadafisica.com.br

EDITORIAL

*Este livro é dedicado a todos que têm trabalhado pela
preservação, tradução, interpretação e divulgação da obra de
Arquimedes ao longo dos séculos.*

Nota sobre a Edição Brasileira

Este livro foi publicado originalmente em inglês e em português pela Editora Apeiron, estando disponível tanto no formato impresso quanto em PDF [8, 9]. Esta nova edição está sendo publicada para facilitar a aquisição deste livro no formato impresso pelos leitores brasileiros.

Além deste objetivo principal, foram incorporadas nesta nova edição algumas pequenas alterações, a saber: foram corrigidos alguns erros tipográficos e acrescentadas algumas referências bibliográficas.

Capa da frente: perfil de Arquimedes como apareceu na capa de uma coleção dos trabalhos de Arquimedes editada por Joseph Torelli em 1792.

Capa de trás: fotografias de algumas experiências descritas neste livro. Um retângulo e um fio de prumo suspensos por uma agulha. Um triângulo de cartolina em um plano horizontal apoiado por uma vareta vertical colocada sob seu baricentro. Um equilibrista de cabeça para baixo apoiado em sua cabeça, com massa de modelar nas mãos. Uma alavanca em equilíbrio com pesos diferentes em cada braço.

Apresentação e Agradecimentos

A motivação para escrevermos este livro surgiu de cursos para aperfeiçoamento de professores de ensino fundamental e médio que ministramos nos últimos anos dentro do projeto Teia do Saber da Secretaria de Educação do Governo do Estado de São Paulo. Foi um privilégio muito grande termos sido convidados a atuar neste programa. O apoio que recebemos por parte da Secretaria de Educação e do Grupo Gestor de Projetos Educacionais da UNICAMP, assim como o contato com os alunos que participaram de nossas aulas, foram extremamente enriquecedores para nós. Também foram muito proveitosas as trocas de experiências com os colegas da UNICAMP que participaram deste projeto.

A inspiração para a maior parte das experiências relacionadas com o equilíbrio e o centro de gravidade dos corpos veio dos excelentes trabalhos de Norberto Ferreira e Alberto Gaspar. [23–25]. Foram extremamente valiosas as trocas de ideias com eles e com seus alunos, dentre os quais Rui Vieira e Emerson Santos.

Agradecemos ainda por sugestões e referências a Norberto Ferreira, Alberto Gaspar, Rui Vieira, Emerson Santos, Dicesar Lass Fernandez, Silvio Seno Chibeni, César José Calderon Filho, Pedro Leopoldo e Silva Lopes, Fábio Miguel de Matos Ravanelli, Juliano Camillo, Lucas Angioni, Hugo Bonette de Carvalho, Ceno P. Magnaghi, Caio Ferrari de Oliveira, J. Len Berggren, Henry Mendell e Steve Hutcheon, assim como aos meus alunos do Instituto de Física com quem trabalhei este tema. Minha filha e Eduardo Meirelles ajudaram com as figuras da versão em inglês [8]. Todas as figuras desta versão em português foram feitas por Daniel Robson Pinto, através de uma Bolsa Trabalho concedida pelo Serviço de Apoio ao Estudante da UNICAMP, ao qual agradecemos.

Agradeço ainda ao Instituto de Física e ao Fundo de Apoio ao Ensino, à Pesquisa e à Extensão da UNICAMP, que forneceram as condições necessárias para a realização deste trabalho.

André Koch Torres Assis
Instituto de Física
Universidade Estadual de Campinas — UNICAMP
13083-859 Campinas, SP, Brasil
E-mail: assis@ifi.unicamp.br
Homepage: <http://www.ifi.unicamp.br/~assis>

Sumário

Nota sobre a Edição Brasileira	v
Apresentação e Agradecimentos	vii
I Introdução	1
1 – Vida de Arquimedes	5
2 – Obras de Arquimedes	15
2.1 – OBRAS CONHECIDAS DE ARQUIMEDES	15
2.2 – <i>O Método</i> DE ARQUIMEDES	24
II O Centro de Gravidade	29
3 – Geometria	31
3.1 – OBTENDO OS CENTROS DE CÍRCULOS, RETÂNGULOS E PARALELOGRAMOS	31
3.2 – OS QUATRO PONTOS NOTÁVEIS DE UM TRIÂNGULO	33
4 – Experiências de Equilíbrio e Definição do Centro de Gravidade	37
4.1 – PRIMEIRO PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL PARA SE ENCONTRAR O CENTRO DE GRAVIDADE: EXPERIÊNCIAS COM FIGURAS PLANAS	37
4.2 – EXPERIÊNCIAS COM FIGURAS CÔNCAVAS OU COM BURACOS	48
4.3 – EXPERIÊNCIAS COM CORPOS VOLUMÉTRICOS	55
4.4 – FIO DE PRUMO, VERTICAL E HORIZONTAL	56

4.5 – SEGUNDO PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL PARA SE ENCONTRAR O CENTRO DE GRAVIDADE	60
4.6 – TERCEIRO PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL PARA SE ENCONTRAR O CENTRO DE GRAVIDADE	67
4.7 – CONDIÇÕES DE EQUILÍBRIO DE CORPOS APOIADOS	68
4.7.1 – EQUILÍBRIO ESTÁVEL, INSTÁVEL E INDIFERENTE	72
4.7.2 – ESTABILIDADE DE UM SISTEMA	72
4.8 – CONDIÇÕES DE EQUILÍBRIO DE CORPOS SUSPENSOS	77
4.8.1 – EQUILÍBRIO ESTÁVEL E INDIFERENTE	79
4.9 – CASO EM QUE O CENTRO DE GRAVIDADE COINCIDE COM O PONTO DE SUSPENSÃO	80
4.10 – RESUMO	88
5 – Explorando as Propriedades do Centro de Gravidade	89
5.1 – ATIVIDADES LÚDICAS COM O EQUILIBRISTA	89
5.2 – BRINQUEDOS DE EQUILÍBRIO	97
5.3 – EQUILÍBRIO DE BOTEQUIM	100
5.4 – EQUILÍBRIO DO CORPO HUMANO	102
5.5 – O EXTRATERRESTRE	107
6 – Alguns Aspectos Históricos sobre o Conceito do Centro de Gravidade	109
6.1 – COMENTÁRIOS DE ARQUIMEDES, HERON, PAPUS, EUTÓCIUS E SIMPLÍCIO SOBRE O CENTRO DE GRAVIDADE	109
6.2 – RESULTADOS TEÓRICOS SOBRE O CENTRO DE GRAVIDADE OBTIDOS POR ARQUIMEDES	117
III Balanças, Alavancas e a Primeira Lei da Mecânica	123
7 – Balanças e a Medida do Peso	127
7.1 – CONSTRUÇÃO DE UMA BALANÇA	127
7.2 – MEDIDA DO PESO	134
7.3 – MELHORANDO A SENSIBILIDADE DE UMA BALANÇA	139
7.4 – ALGUNS SITUAÇÕES ESPECIAIS	146
7.4.1 – CONDIÇÃO DE EQUILÍBRIO DE UM CORPO SUSPENSO	146
7.4.2 – BALANÇAS COM O CENTRO DE GRAVIDADE ACIMA DO FULCRO	149
7.4.3 – OUTROS TIPOS DE BALANÇA	150
7.5 – USANDO O PESO COMO PADRÃO DE FORÇA	150
8 – A Lei da Alavanca	155
8.1 – CONSTRUÇÃO E CALIBRAÇÃO DE ALAVANCAS	155
8.2 – EXPERIÊNCIAS COM ALAVANCAS E A PRIMEIRA LEI DA MECÂNICA	157
8.3 – TIPOS DE ALAVANCA	166
8.4 – DEFINIÇÃO MATEMÁTICA DO CENTRO DE GRAVIDADE	168
9 – Explicações e Deduções da Lei da Alavanca	175

9.1 – LEI DA ALAVANCA COMO UM RESULTADO EXPERIMENTAL	175
9.2 – LEI DA ALAVANCA DERIVADA A PARTIR DO CONCEITO DE TORQUE	177
9.3 – LEI DA ALAVANCA DERIVADA A PARTIR DO RESULTADO EXPERIMENTAL DE QUE UM PESO $2P$ ATUANDO À DISTÂNCIA d DO FULCRO É EQUIVALENTE A UM PESO P ATUANDO À DISTÂNCIA $d - x$ DO FULCRO, JUNTAMENTE COM UM PESO P ATUANDO À DISTÂNCIA $d + x$ DO FULCRO	180
9.4 – LEI DA ALAVANCA COMO DERIVADA POR DUHEM A PARTIR DE UMA MODIFICAÇÃO DE UM TRABALHO ATRIBUÍDO A EUCLIDES	183
9.5 – DEMONSTRAÇÃO DA LEI DA ALAVANCA A PARTIR DE UM PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL ATRIBUÍDO A EUCLIDES	185
9.6 – DEMONSTRAÇÃO TEÓRICA DA LEI DA ALAVANCA ATRIBUÍDA A EUCLIDES	190
9.7 – A DEMONSTRAÇÃO DA LEI DA ALAVANCA APRESENTADA POR ARQUIMEDES E O CÁLCULO DO CENTRO DE GRAVIDADE DE UM TRIÂNGULO	192
9.7.1 – A DEMONSTRAÇÃO DA LEI DA ALAVANCA POR ARQUIMEDES	192
9.7.2 – CÁLCULO DO CG DE UM TRIÂNGULO POR ARQUIMEDES	197

Apêndices

A – Tradução Comentada do “<i>Livro sobre a Balança</i>”, Atribuído a Euclides	201
A.1 – COMENTÁRIOS GERAIS SOBRE ESTA OBRA ATRIBUÍDA A EUCLIDES	201
A.2 – TRADUÇÃO DO <i>Livro sobre a Balança</i> , ATRIBUÍDO A EUCLIDES	201
B – Tradução Comentada da Primeira Parte do Trabalho de Arquimedes Intitulado <i>Sobre o Equilíbrio das Figuras Planas ou Sobre os Centros de Gravidade das Figuras Planas</i>	207
B.1 – COMENTÁRIOS GERAIS SOBRE ESTA OBRA DE ARQUIMEDES	207
B.2 – TRADUÇÃO DA OBRA DE ARQUIMEDES	214
Referências Bibliográficas	233

I

Introdução

Um dos objetivos deste livro é o de apresentar os fenômenos básicos da mecânica através de experimentos simples realizados com materiais de baixo custo. São apresentadas experiências elementares sobre queda de corpos, sobre equilíbrio estático e sobre oscilações ao redor das posições de equilíbrio. Além disso, chama-se atenção de como os conceitos teóricos vão sendo formados e modificados neste processo, o mesmo ocorrendo com a formulação das leis fundamentais da mecânica.

Em seguida, são ilustrados como fenômenos mais complexos podem ser explicados e esclarecidos em termos das experiências elementares. São apresentadas também experiências lúdicas e curiosas que estimulam a criatividade, o pensamento crítico e o senso de brincadeira na ciência. Elas também buscam relacionar fenômenos do dia a dia das pessoas com as leis básicas da física.

A ênfase é colocada em atividades experimentais. A partir delas se formulam as definições, os conceitos, postulados, princípios e leis que descrevem os fenômenos. Os materiais utilizados são bem simples, facilmente encontráveis em casa ou no comércio, sendo todos de baixo custo. Apesar disto, são realizadas experiências bem precisas e construídos equipamentos científicos muito sensíveis. Com isto o leitor não vai depender de qualquer laboratório escolar ou de pesquisa, já que ele próprio construirá seus instrumentos e realizará as medidas. Para que este objetivo seja alcançado, apresentam-se várias montagens diferentes para cada aparelho e mais de uma maneira para serem realizadas as medidas.

Caso as experiências apresentadas aqui sejam feitas em sala de aula ou em cursos de aperfeiçoamento de professores, o ideal é que sejam realizadas individualmente por cada aluno, mesmo que as atividades sejam em grupo. Isto é, na medida do possível cada aluno deve construir seus próprios equipamentos (suporte, fio de prumo, alavancas, etc.), recortar suas figuras e depois levar o material para casa.

Este procedimento é bem mais enriquecedor do que a simples demonstração das experiências pelo professor, quando então o aluno apenas assiste aos fenômenos sem colocar a mão na massa.

Além da parte experimental, o livro é rico em informações históricas que fornecem o contexto do surgimento de algumas leis e também os diferentes enfoques ou pontos de vista relacionados a estas leis. É tomado um cuidado especial sobre a formação dos conceitos e princípios físicos, assim como sobre a apresentação e formulação destes conceitos e princípios. Mostra-se, por exemplo, como é difícil expressar em palavras uma definição precisa do centro de gravidade englobando o conjunto das experiências realizadas. Nesta obra, há um cuidado especial com as palavras que vão sendo utilizadas ao longo do texto, distinguindo-se claramente o que são definições, postulados e resultados experimentais, a diferença entre a explicação e a descrição de um fenômeno, etc. Estes cuidados ilustram os aspectos humanos e sociológicos embutidos nas formulações das leis da física.

O livro é voltado para professores e alunos dos cursos de física, de matemática e de ciências. É escrito de tal forma a poder ser utilizado no ensino médio e no ensino universitário, dependendo do grau de aprofundamento com que se vê cada fenômeno ou lei da natureza. Ele tem material experimental e teórico que pode ser desenvolvido em todos os níveis de ensino. Cada professor deve escolher o material contido aqui para adaptá-lo à sua realidade escolar. Várias das atividades podem ser utilizadas em cursos de formação ou de aperfeiçoamento de professores. Devido ao aprofundamento que o livro apresenta de diversos conceitos e princípios físicos, pode também ser utilizado com proveito em cursos de história e filosofia da ciência.

A melhor maneira de ler o livro é realizando em paralelo a maior parte das experiências aqui descritas. Não se deve simplesmente ler o relato destas montagens e atividades, mas sim tentar reproduzi-las e aperfeiçoá-las. Apesar da física conter aspectos filosóficos, teóricos e matemáticos, ela é essencialmente uma ciência experimental. É a junção de todos estes aspectos que a torna tão fascinante. Esperamos que o leitor tenha o mesmo prazer ao realizar as experiências aqui descritas que nós próprios tivemos ao implementá-las.

Uma versão em inglês deste livro foi publicada em 2008, *Archimedes, the Center of Gravity, and the First Law of Mechanics* [8]. Em 2010 publicamos em português e inglês o livro *Os Fundamentos Experimentais e Históricos da Eletricidade*, estando disponível em formato impresso e em PDF [10, 11]. Este livro sobre eletricidade segue o mesmo enfoque de nosso livro sobre Arquimedes e a lei da alavanca, apresentando as bases da eletricidade através de experiências com materiais de baixo custo e incorporando os principais desenvolvimentos históricos do tema.

Caso você, leitor, goste deste material, ficaria contente se recomendasse estes livros a seus colegas e alunos. Gostaria de saber como foi a realização destas atividades, a reação dos alunos, etc.

Quando necessário usamos no texto o sinal \equiv como símbolo de definição. Utilizamos o sistema internacional de unidades SI.

1

Vida de Arquimedes

As principais informações que estão contidas aqui foram tiradas essencialmente de Plutarco [39], Heath [4] e [26], Dijksterhuis [16], assim como de Netz e Noel [36] e [37]. Todas as traduções são de nossa autoria.

Arquimedes viveu de 287 a 212 a.C., tendo nascido e vivido a maior parte de sua vida na cidade de Siracusa, na costa da Sicília, atual Itália, que naquela época era parte do mundo grego. Era filho do astrônomo Fídias, que obteve uma estimativa para a razão dos diâmetros do Sol e da Lua. A palavra “Arquimedes” é composta de duas partes: *arché*, que significa princípio, regra, domínio, causa original ou número um; e *mêdos*, que significa mente, pensamento, intelecto, sabedoria ou inteligência. Se interpretarmos seu nome da esquerda para a direita ele poderia significar algo como “a mente principal” ou “a primeira mente.” Mas na Grécia antiga era mais comum interpretarmos o nome da direita para a esquerda. Neste caso seu nome significaria ([36, págs. 59-60] e [37, pág. 44]) “a mente do princípio,” assim como o nome Diomedes significaria “a mente de Deus.”

Arquimedes passou algum tempo no Egito. É provável que tenha estudado na cidade de Alexandria, que era então o centro da ciência grega, com os sucessores do matemático Euclides, que viveu ao redor de 300 a.C. Euclides publicou o famoso livro de geometria *Os Elementos*, entre outras obras [22]. Vários dos trabalhos de Arquimedes eram enviados a matemáticos que viviam ou que estiveram em Alexandria. O famoso museu de Alexandria, que incluía uma enorme biblioteca, uma das maiores da Antiguidade, havia sido fundado por volta de 300 a.C. Algumas estimativas afirmam que em seu auge esta biblioteca chegou a ter mais de 500 mil rolos de papiro (com umas 20.000 palavras, na média, em cada rolo). A cidade de Alexandria ficou sobre o domínio romano de 30 a.C. até 400 d.C. Quando César ficou sitiado no palácio de Alexandria, houve um incêndio que atingiu um depósito de livros. Em 391 da nossa era, ocorreu um grande incêndio nesta biblio-

teca e não se falou mais do museu e da biblioteca a partir do século V. O Império Romano foi fragmentado em duas partes, ocidental e oriental, em 395. Muitas obras de Arquimedes devem ter sido irremediavelmente perdidas neste período.

Arquimedes é considerado um dos maiores cientistas de todos os tempos e o maior matemático da antiguidade. É comparável nos tempos modernos apenas a Isaac Newton (1642-1727) não apenas por desenvolver trabalhos experimentais e teóricos de grande alcance, mas pelo brilhantismo e influência de sua obra. Utilizando o método da exaustão, que é um meio de se fazer integrações, Arquimedes conseguiu determinar a área, o volume e o centro de gravidade, *CG*, de muitos corpos importantes, resultados que nunca haviam sido obtidos antes dele. É considerado um dos fundadores da estática e da hidrostática.

A capacidade de concentração de Arquimedes é bem descrita nesta passagem de Plutarco (c. 46-122):

Muitas vezes os servos de Arquimedes o levavam contra sua vontade para os banhos, para lavá-lo e untá-lo. Contudo, estando lá, ele ficava sempre desenhando figuras geométricas, mesmo nas cinzas da chaminé. E enquanto estavam untando-o com óleos e perfumes, ele desenhava figuras sobre seu corpo nu, de tanto que se afastava das preocupações consigo próprio, e entrava em êxtase ou em transe com o prazer que sentia no estudo da geometria. [39]

Esta preocupação de Arquimedes com assuntos científicos em todos os momentos de sua vida também aparece em uma história muito famosa contada por Vitrúvio (c. 90-20 a.C.) em seu livro sobre arquitetura. Ela está relacionada ao princípio fundamental da hidrostática, o qual lida com a força de empuxo exercida por um fluido sobre um corpo imerso total ou parcialmente no fluido. Ela ilustra a maneira como Arquimedes chegou a este princípio ou ao menos como teve a intuição inicial que desencadeou a descoberta. Citamos a partir de Mach:

Embora Arquimedes tenha descoberto muitas coisas curiosas que demonstram grande inteligência, aquela que vou mencionar é a mais extraordinária. Quando obteve o poder real em Siracusa, Hierão mandou, devido a uma afortunada mudança em sua situação, que uma coroa votiva de ouro fosse colocada em um certo templo para os deuses imortais, que fosse feita de grande valor, e designou para este fim um peso apropriado do metal para o fabricante. Este, em tempo devido, apresentou o trabalho ao rei, lindamente forjado, e o peso parecia corresponder com aquele do ouro que havia sido designado para isto. Mas ao circular um rumor de que parte do ouro havia sido retirada, e que a quantidade que faltava havia sido completada com prata, Hierão ficou indignado com a fraude e, sem saber o método pelo qual o roubo poderia ser detectado, solicitou que Arquimedes desse sua atenção ao problema. Encarregado deste assunto, ele foi por acaso a um banho e, ao entrar na banheira, percebeu que na mesma proporção em que seu corpo afundava, saía água do recipiente. De

onde, compreendendo o método a ser adotado para a solução da proposição, ele o perseguiu persistentemente no mesmo instante, saiu alegre do banho e, retornando nu para casa, gritou em voz alta que havia encontrado o que estava procurando, pois continuou exclamando, eureka, eureka (encontrei, encontrei)! ([30, pág. 107] e [6])

Os trabalhos de Arquimedes que sobreviveram eram endereçados ao astrônomo Conon de Samos (na época vivendo em Alexandria), ao discípulo de Conon depois de sua morte, Dositeu de Pelúsia, ao rei Gelon, filho do rei Hierão de Siracusa, assim como a Eratóstenes, bibliotecário do museu de Alexandria e famoso por sua estimativa precisa do raio da Terra.

Arquimedes tinha o costume de mandar seus trabalhos juntamente com alguns textos introdutórios. Através destes textos conseguimos descobrir a ordem de algumas de suas descobertas, assim como um pouco de sua personalidade. Por exemplo, na introdução de seu famoso trabalho *O Método*, ele afirma:

Arquimedes para Eratóstenes, saudações.

Enviei a você em uma ocasião anterior alguns dos teoremas que descobri, apresentando simplesmente os enunciados e convidando-o a descobrir as demonstrações, as quais não forneci naquela época. (...) Escrevi as demonstrações destes teoremas neste livro e agora o envio a você. (...) [4, Suplemento, págs. 12-13]

Este hábito que tinha de enviar inicialmente apenas os enunciados de alguns teoremas, mas sem as demonstrações, pode ter levado alguns matemáticos a roubar os resultados de Arquimedes, afirmando que eram seus. Talvez por isso Arquimedes tenha enviado dois resultados falsos em uma ocasião, como afirma no prefácio de seu trabalho *Sobre as Espirais*:

Arquimedes para Dositeu, saudações.

As demonstrações da maior parte dos teoremas que enviei a Conon, e dos quais você me pede de tempos em tempos para lhe enviar as demonstrações, já estão com você nos livros que lhe enviei por Heracleides; e [as demonstrações] de alguns outros estão contidas no livro que lhe envio agora. Não fique surpreso por eu levar um tempo considerável antes de publicar estas demonstrações. Isto aconteceu devido ao meu desejo de comunicá-las primeiro a pessoas engajadas em estudos matemáticos e ansiosas de investigá-las. De fato, quantos teoremas em geometria que inicialmente pareciam impraticáveis, no tempo devido foram solucionados! Mas Conon morreu antes que tivesse tempo suficiente para investigar os teoremas acima; caso contrário teria descoberto e demonstrado todas estas coisas e, além disso, teria enriquecido a geometria com muitas outras descobertas. Pois sei bem que ele possuía uma habilidade incomum em matemática e que sua capacidade de trabalho era extraordinária. Mas, embora tenham passado muitos anos desde a morte de Conon, não vi qualquer

um dos problemas ter sido resolvido por uma única pessoa. Desejo agora resolvê-los um por um, particularmente por haver dois dentre eles que são de realização impossível [errados], [o que pode servir como um aviso] para aqueles que afirmam descobrir tudo, mas não produzem demonstrações de suas afirmações, pois podem ser refutados como tendo de fato tentado descobrir o impossível. [4, pág. 151]

Muitas vezes Arquimedes passava anos até conseguir demonstrar algum teorema difícil. Ao expressar as dificuldades que encontrou podemos ver outra característica sua, a grande perseverança até conseguir alcançar seu objetivo. Por exemplo, na introdução de *Sobre Conoides e Esferoides*, afirma:

Arquimedes para Dositeu, saudações.

Neste livro apresentei e enviei para você as demonstrações dos teoremas restantes não incluídas no que havia lhe enviado anteriormente, e também [as demonstrações] de alguns outros [teoremas] descobertos mais tarde os quais, embora eu tivesse muitas vezes tentado investigá-los anteriormente, havia falhado em resolvê-los pois tive dificuldade em encontrar suas soluções. E este é o motivo pelo qual as próprias proposições não foram publicadas com o restante. Mas depois disto, quando os estudei com um cuidado maior, descobri as soluções onde antes havia falhado. [4, pág. 99]

Embora estes trabalhos que chegaram até nós sejam de matemática e de física teórica, a fama de Arquimedes na antiguidade deve-se aos seus trabalhos como engenheiro e como construtor de máquinas de guerra (catapulta, guindaste, espelhos ardentes, etc.). Entre as invenções atribuídas a ele encontra-se um sistema de bombeamento de água conhecido como cóclea, ou parafuso de Arquimedes, usado até os dias de hoje. A palavra cóclea tem origem grega, significando caracol. Acredita-se que ele inventou este sistema de bombeamento durante sua estadia no Egito. Eram tubos em hélice presos a um eixo inclinado, acoplado a uma manivela para fazê-lo girar. Era usado na irrigação dos campos e como bomba de água.

Também construiu um planetário que ficou famoso já que com um único mecanismo hidráulico movimentava simultaneamente vários globos reproduzindo os movimentos de rotação das estrelas, do Sol, da Lua e dos planetas ao redor da Terra. Também construiu um órgão hidráulico no qual o ar dentro dos tubos era comprimido sobre a água em uma câmara de ar. Atribui-se a ele a invenção da polia composta, do elevador hidráulico e de alguns outros instrumentos mecânicos como a balança romana, com braços de comprimentos diferentes.

Diversos autores mencionam uma frase famosa de Arquimedes em conexão com suas invenções mecânicas e sua capacidade de mover grandes pesos realizando pouca força:

Dê-me um ponto de apoio e moverei a Terra. [16, pág. 15]

Esta frase foi dita quando ele conseguiu realizar uma tarefa solicitada pelo rei Hierão de lançar ao mar um navio de muitas toneladas, movendo-o apenas com a