



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA PLENA EM FÍSICA**

**DAVIANE JESUINO FARIAS**

**FLUXO E REFLUXO DAS ÁGUAS: UM ESTUDO DE GALILEU E NEWTON  
SOBRE AS MARÉS**

**CAMPINA GRANDE – PB  
2011**

**DAVIANE JESUINO FARIAS**

**FLUXO E REFLUXO DAS ÁGUAS: UM ESTUDO DE GALILEU E NEWTON  
SOBRE AS MARÉS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento do Curso de Física da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial à obtenção do título parcial de licenciado em Física.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ana Paula Bispo da Silva

**CAMPINA GRANDE – PB  
2011**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

F224f Farias, Daviane Jesuino.  
Fluxo e refluxo das águas [manuscrito] : um estudo de galileu e newton sobre as marés / Daviane Jesuino Farias. - 2011.  
30 p. : il. colorido.

Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2024.  
"Orientação : Profa. Dra. Ana Paula Bispo da Silva, Coordenação do Curso de Licenciatura em Física - CCTS. "

1. Teoria das máres. 2. Galileu Galilei. 3. Ensino de ciências . I. Título

21. ed. CDD 530.7

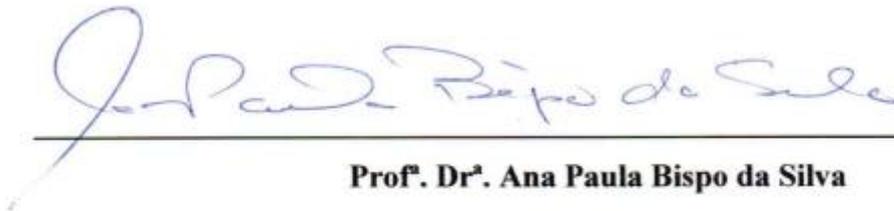
**DAVIANE JESUÍNO FARIAS**

**FLUXO E REFLUXO DAS ÁGUAS: UM ESTUDO DE GALILEU E NEWTON  
SOBRE AS MARÉS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento do Curso de Física da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial à obtenção do título de licenciado em Física.

Aprovada em : 25/11/2011

**BANCA EXAMINADORA**

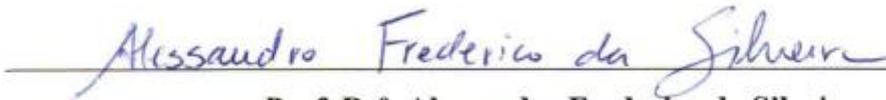


---

**Prof. Dr.ª Ana Paula Bispo da Silva**

**(Orientadora)**

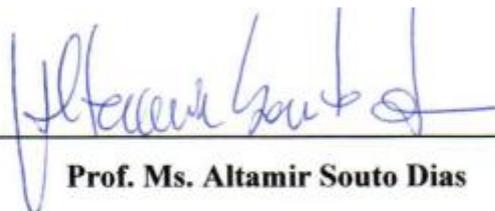
**DF - UEPB**



---

**Prof. Dr.º Alessandro Frederico da Silveira**

**DF – UEPB**



---

**Prof. Ms. Altamir Souto Dias**

**DF - UEPB**

*Ao meu noivo e futuro esposo, Valfredo Januário,  
pelo companheirismo, amor e dedicação; ao longo  
de toda essa jornada, DEDICO.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, acima de tudo, pela vida que me concedeu.

À meu Pai e minha Mãe, que cuidaram de mim e me ofereceram oportunidades para estar completando mais um ciclo de minha vida.

À minha orientadora, ANA PAULA, que acreditou, confiou e acompanhou meu crescimento, meu muito obrigada.

Obrigada ao grupo GHCEN, por estar presente em vários momentos importantes em minha vida.

À meus irmãos: Poliana (em especial), Valeska, Wanessa, Walwênia , Mayara e Zuderli; que em algum momento me ajudaram nesta realização.

À meus amigos pelos momentos de estudos: Hery, Igor, Mikael, Gio, Bebel; vocês são especiais.

Obrigada Praxedes, por ter me dado uma importante dica.

## **RESUMO**

O fluxo e refluxo do mar foram tema de muitas controvérsias durante os séculos XVI e XVII. Da hipótese de Galileu para as suposições de Newton, o movimento das marés esteve associado a causas diferentes que ainda podem ser encontradas como senso comum. Neste trabalho apresentamos um estudo das teorias das marés discutidas por Galileu e Newton. Nosso principal objetivo é, através do estudo histórico, compreender os conceitos envolvidos nos fenômenos astronômicos como marés e fases da lua, a partir disto, tentar desmistificar as concepções do senso comum e da genialidade dos cientistas.

**Palavras-chave:** teoria das marés; Galileu Galilei; ensino de ciências.

## **A B S T R A C T**

The flux and reflux of the seas were subject of many controversies during the XVI and XVII centuries. From Galileo's hypothesis to Newton's assumptions, the movement of the seas was associated to different causes which still can be found as common sense. In this work we intend to present a study of the theories of tides presented by Galileo and Newton. Our main goal is to approximate the historical study to the concepts taught in classroom to desmytify the common sense conceptions and the geniality of scientists.

**Keywords:** theory of the tides; Galileu Galilei; science teaching.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE CIÊNCIAS</b> .....	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e Ensino de Ciências</b> .....	<b>10</b>
<b>2.2</b>	<b>As pesquisas atuais na área: História da Ciência (HC) e Ensino</b> .....	<b>12</b>
<b>2.3</b>	<b>Justificativa do tema</b> .....	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>A TEORIA DAS MARÉS DE GALILEU</b> .....	<b>14</b>
<b>3.1</b>	<b>Origem e causa dos estudos das marés</b> .....	<b>14</b>
<b>3.2</b>	<b>As hipóteses de Galileu</b> .....	<b>16</b>
<b>3.3</b>	<b>Explicação de Newton e considerações atuais sobre as marés</b> .....	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>27</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>29</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho de conclusão de curso, será apresentada a importância de estudarmos história da ciência na graduação, assim como levar estes estudos para a sala de aula, no intuito de aperfeiçoar nossos estudos e melhorar a visão de uma história da ciência simplista e ingênua. É importante buscarmos novos conhecimentos, para no futuro, não muito distante, podermos repassar esses conhecimentos para nossos alunos; pois estando num curso de licenciatura, devemos terminá-lo com uma visão geral da ciência, para não cometer absurdos que irão gerar visões distorcidas sobre a ciência e os conceitos discutidos.

Tenta-se mostrar como pequenas mudanças que podem gerar um maior interesse dos alunos e dos professores; tendo como principal recurso a história da ciência. Durante os estudos realizados para este trabalho, o envolvimento com o tema e os desdobramentos da pesquisa histórica, trouxeram um novo olhar para a profissão docente. Sem o intuito de generalizar, foi possível perceber o conhecimento das concepções históricas sobre os fenômenos astronômicos permitem compreender melhor as hipóteses (falsas) que existem sobre o tema, bem como ajudaram a desmistificá-las. Assim, de uma experiência prática, pessoal e positiva de que uma abordagem histórica é importante na formação do professor, para que ele possa lidar melhor com as concepções prévias de seus alunos, e também adquira conhecimento geral sobre o assunto a ser tratado.

Depois de analisar alguns trabalhos sobre o ensino de ciências em geral e sua relação com os estudos de história e filosofia da ciência, foi feito um estudo sobre um episódio histórico de Galileu, na tentativa de mostrar que não existem gênios, e que qualquer ser humano é passível de erro. Buscar mostrar não a perfeição, mas os estudos que levaram àquele conhecimento, pois é importante que o aluno perceba que a história da ciência não se desenvolve de forma linear, mas que a construção de um conhecimento pode levar anos e não será definitivo, ocorrendo sempre pequenas ou grandes mudanças que modificam teorias.

Durante o estudo da obra de Galileu, será possível observar que ele desenvolveu sua teoria porque tinha um propósito, que era explicar as consequências da teoria heliocêntrica de Copérnico. Além de nos aprofundarmos na hipótese de Galileu foi realizado um estudo sobre a teoria de Newton, mais aceita até o momento para a explicação das marés.

Assim, este trabalho de conclusão de curso, foi desenvolvido com intuito de melhorar a visão sobre os cientistas, tanto de professores quanto de alunos. Também foi desenvolvida uma maquete para mostrar melhor as explicações que se desenvolveram ao longo deste trabalho,

na tentativa de esclarecer melhor a Teoria das Marés e que o leitor possa realmente observar o fenômeno e compará-lo com o seu cotidiano.

Este estudo é de cunho historiográfico, baseado em fontes primárias e secundárias. Neste sentido, não pretende ser inédito, mas sim um aprofundamento em um episódio histórico que pode trazer contribuições para a compreensão de conceitos e fenômenos físicos e da própria natureza da ciência.

## **2 A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE CIÊNCIAS**

Este capítulo vai tratar sobre ensino de ciências e história da ciência, como a importância de realizarmos mudanças no método de ensino, na tentativa de chegarmos a um conhecimento mais amplo e satisfatório tanto para o corpo docente como para o discente. Serão apresentadas as pesquisas atuais na área de ensino e história, a importância de se usar a história para formar cidadãos mais críticos e formadores de opinião, assim como justificativas para a escolha do tema e sua importância na sala de aula.

### **2.1 Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e Ensino de Ciências**

Para que possam ocorrer mudanças no sistema de educação do nosso país, torna-se necessário estudarmos novos métodos para ensinar ciência, levando assim os alunos a desejarem aprender ciência e associa-la ao seu cotidiano de maneira adequada. Para começarmos esta mudança, deve-se iniciar com a formação dos docentes, despertando neles o desejo de aprender cada vez mais e buscar novos conhecimentos para suas aulas tornarem-se mais interessante para os alunos.

Podemos observar que os professores de ciências possuem uma necessidade formativa, uma vez que na maior parte dos casos os professores não ensinam de uma forma diferente porque aprenderam de uma maneira tradicional (CARVALHO e GIL-PEREZ, 1995, p. 14). Para dar início a um novo modo de ensinar é necessário fazer algumas mudanças básicas. Podemos começar não divulgando uma visão simplista do ensino de ciência, pois muitos educadores acreditam que os professores devem saber apenas sobre a matéria que ele mesmo ensina, ter prática de sala de aula e saber um pouco sobre a parte pedagógica. Sabemos que não pode ser desta forma: o trabalho docente não pode ser algo isolado, o professor tem que promover a construção do conhecimento juntamente com os alunos.

Para realizar essa construção do conhecimento o professor deve ser conhecedor da matéria a ser ensinada, mas deve conhecer e entender os problemas epistemológicos que levaram a formulação de tal conhecimento; para não levar aos alunos uma visão estática e dogmática da ciência. Os alunos devem entender a ciência de maneira complexa, evitando assim a ideia de que a ciência esta pronta e acabada e o corpo docente esta presente apenas pra transmitir o conhecimento. Para isso, temos que gerar situações problemáticas para nossos

alunos, fazendo com que ele se questione sobre certos fenômenos e busque respostas (CARVALHO e GIL PEREZ, 1995, p. 20).

Além disso, deve-se considerar sempre o caráter social da construção do conhecimento, podendo assim fazer críticas e gerar suas próprias opiniões sobre o assunto. Temos que saber analisar criticamente o ensino tradicional, pois não podemos dizer que está completamente errado, assim como não podemos dizer que essas inovações são completamente corretas. Existem vários métodos que podem ser utilizados e a escolha do método vai depender do corpo de discente alvo; às vezes uma aula tradicional facilita a aprendizagem dos alunos sobre um determinado conhecimento ou será necessário algo diferente para despertar os questionamentos nos alunos. E ainda, temos conhecer as limitações da escola em que ensino, para não fugir totalmente da realidade, pois se o ensino de ciências ficar muito longe do cotidiano dos alunos, os mesmos não utilizam esses conhecimentos no dia a dia, levando-os a pensar que o que aprendem na escola não vai servir em nada fora dela, desestimulando-os.

O professor deve saber preparar atividades que despertem o interesse dos alunos, assim como deve saber avaliar estas atividades de maneira a levar em consideração a aprendizagem que os mesmos obtiveram. No caso do ensino de física, espera-se que professor e alunos associem fenômenos e conceitos de forma mais ampla, e não fiquem restritos apenas à manipulação algébrica de fórmulas. Mas para desenvolver trabalhos que se inicie com situações problemáticas o professor deve saber direcionar o estudo dos alunos, para que naquele momento a aula não saia do foco em questão. Também devemos levar em consideração tudo que foi dito pelos alunos, para mostrar a importância da construção do conhecimento em conjunto (CARVALHO e GIL PEREZ, 1995, p. 33).

No momento de avaliar os alunos, o professor deve também se avaliar para saber se conseguiu chegar no propósito que tinha estabelecido sobre aquele conhecimento; o professor ensina, mas ao mesmo tempo aprende junto aos alunos.

É neste sentido que os parâmetros curriculares nacionais (PCN) estabelecem algumas competências e habilidades esperadas para os alunos do Ensino Médio com relação a disciplina física.

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas (BRASIL, parte III, 2000, p. 24).

Portanto cabe ao professor conhecer a matéria a ser ensinar, as metodologias para seu ensino e avaliação, e também o processo histórico associado ao desenvolvimento de teorias. Pressupõe-se que desta maneira o ensino versará sobre conteúdos e também sobre o papel do conhecimento científico e tecnológico na sociedade.

## **2.2 As pesquisas atuais na área: História da Ciência (HC) e Ensino**

A discussão anterior nos leva a concluir que ao incluir o estudo de história da ciência na formação de professores, tais conhecimentos podem ajudar no desenvolvimento dos alunos de maneira a torná-los indivíduos mais humanos, reflexivos, desafiadores (MATTHEWS, 1995). Porém, para atingir tal objetivo, é preciso ater-se às possíveis deformações existentes sobre a natureza da ciência (GIL PEREZ *et al*, 2001).

Na inclusão da HC, defende-se que seja feita através de episódios históricos que permitam discutir conceitos e também questões epistemológicas que contribuam para conhecer a natureza do trabalho científico. Episódios históricos que tratem de controvérsias entre personagens (cientistas ou filósofos) ou teorias, podem contribuir pra desmitificar o senso comum da ciência e do cientista ideal e incapaz de erros (MATTHEWS, 1995).

Segundo GIL PEREZ *et al*. (2001), podemos observar algumas características comuns entre docentes quanto à NDC (natureza da ciência), como uma ciência atórica e indutivista; visão algorítmica da ciência; visão acumulativa de crescimento linear, acreditasse que a historia da ciência foi construída de forma linear e cumulativa, etc.

Um episódio histórico bem explorado, utilizando de fontes primárias e secundárias confiáveis – segundo critérios historiográficos – permite discutir essas e outras visões deformadas da ciência, tanto entre professores quanto entre alunos.

## **2.3 Justificativa do tema**

A escolha deste tema deveu-se a dois motivos principais: a genialidade atribuída a Galileu e a necessidade de entender melhor fenômenos como as marés e fases da lua.

A versão mais difundida de Galileu é de empirista, ou seja, todo o seu conhecimento partia inicialmente de observações e experimentações. Porém muitos de seus experimentos citados na sua obra “Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo Ptolomaico e

Copernicano” são experimentos imaginários, que na sua maioria não foram realizados (ZYLBERSZTAJN, 1988). Levar adiante essa visão puramente empirista-indutivista, causa uma grande preocupação, pois pode-se estimular o indutivismo ingênuo, em que os conhecimentos começam da observação e depois de uma teoria formulada vamos para a dedução de novos fenômenos (CHALMERS, 1993, p. 29).

Além desta versão empirista, temos outras versões de Galileu que dependem do pesquisador que irá apresentá-lo. Os problemas que qualquer uma dessas versões geram são os saltos na história e a criação de uma caricatura do cientista que não existe. Não existe apenas uma versão correta a ser ensinada, o que devemos fazer é mostrar para os alunos as várias versões existentes para que eles próprios cheguem às suas conclusões (ZYLBERSZTAJN, 1988).

Pode-se observar em sua obra que a linguagem mais utilizada por Galileu é geometria, na tentativa de tentar mostrar que o sistema de Copérnico estava correto (PENNEREIRO, 2009). A escolha de Galileu fundamenta-se no fato que apenas a matemática, e principalmente a geometria, poderia fornecer um conhecimento verdadeiro da natureza, segundo os filósofos seus contemporâneos. Portanto, considerar que suas conclusões partiram apenas de observação é ingenuidade. Além disso, é preciso considerar que Galileu também cometeu erros, e alguns muito óbvios (MARTINS, 1994), e portanto a ideia de “gênio” também é contestável.

Considerando uma concepção indutivista ingênua, Galileu partiu da observação do movimento da Terra, para explicar o movimento das marés, tentando mostrar um efeito causado pelo movimento de rotação e translação da Terra, e assim poder provar que o sistema heliocêntrico estava correto (CHALMERS, 1993, p. 31). Porém, esta afirmativa está carregada de pressupostos teóricos que precisam ser levados para a sala de aula, se o intuito for não apenas informar, mas também, formar, alunos.

Falando de Galileu, nunca poderemos saber se ele era totalmente empirista; suas obras podem ser interpretadas de várias formas, dependendo do propósito que se quer chegar (ZYLBERSZTAJN, 1988).

Assim o tema foi escolhido com a intenção de mostrar que não existem gênios, mostrar as dificuldades de Galileu na época em que tentava explicar as marés, e ainda explicar o fenômeno das marés que pode ser considerado um fenômeno pouco abordado em sala de aula, tanto no ensino médio como no curso superior.

### 3 TEORIA DAS MARÉS DE GALILEU

Este capítulo vai apresentar os motivos que levaram Galileu a desenvolver a teoria das marés, assim como explicar suas hipóteses, baseado em seu Diálogo, especificadamente a Quarta Jornada. Com a finalidade de comparar as diferenças entre as hipóteses de Galileu e uma explicação mais próxima do que entendemos hoje, também discutiremos a teoria desenvolvida por Newton.

#### 3.1 Origem e causa dos estudos das marés

A teoria das marés está descrita na Quarta Jornada do livro “Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo Ptolomaico e Copernicano”, que é composto por diálogos onde Galileu Galilei (1564-1642) irá tentar convencer o Aristotélico dos movimentos de rotação e translação da Terra. O sistema heliocêntrico de Copérnico não era aceito, pois não era aceitável que a Terra se movia, e para justificar que a Terra estava parada eram usados fenômenos observáveis no cotidiano. Como o próprio Copérnico não conseguiu mostrar matematicamente o fenômeno das marés e do movimento da Terra sua ideia não foi facilmente aceita (MARTINS, 1994).

Galileu começa a observar a veracidade dos estudos de Copérnico a partir das conclusões que ele mesmo chega sobre movimento circular, e partindo desse ponto vai começar a defender o modelo Copernicano e buscar explicações tanto matemáticas como experimentais para provar que tal modelo está correto (PENNEREIRO, 2009). Essa teoria exigia uma nova física, mas as ideias de Galileu estavam entre o aristotelismo e a mecânica clássica. Assim Galileu durante o diálogo sobre a teoria das marés tentar fazer uso de geometria para explicar alguns fenômenos (MARTINS, 1994), além do uso de experimentos que poderiam ser realizados por qualquer pessoa para verificar a veracidade do que ele dizia. Como Copérnico mantinha as concepções aristotélicas de movimentos naturais e violentos, algumas coisas no seu sistema heliocêntrico não eram possíveis compreender, nem tampouco observar, e portanto, a física continuava sendo aristotélica (MARTINS, 1994).

Quando Galileu começa a aceitar o modelo do Sol no centro do universo, ele busca mostrar esse efeito por observações citadas durante o Diálogo, assim como fazer uso de geometria para justificar o movimento das marés. Porém é possível observar erros em suas explicações geométricas, erros que poderiam ser observados na época (MARTINS, 1994). Mas

como Galileu queria utilizar o efeito das marés para justificar o movimento da Terra, ele não observou esses erros. É possível notar esses erros sem fazer uso de anacronismos: na época Mersenne (1588-1648) mostrou erros da teoria de Galileu com relação a rotação da Terra, mas não deve ter sido levando em consideração (MARTINS, 1994).

Para Galileu o movimento das águas é decorrente do movimento da Terra, tornando assim impossível explicar as marés se a Terra estivesse parada. Ele tenta explicar as marés com causas mecânicas; a composição dos dois movimentos, rotação e translação, formariam as marés. Então para Galileu as marés eram a prova que a Terra possuía estes dois movimentos (MARTINS, 1994). Assim, depois que ele faz explicações sobre os movimentos da Terra em seu livro, a Quarta Jornada é utilizada para justificar esse movimento e não restar nenhuma dúvida sobre o assunto, ou seja, uma relação causa e efeito, se temos as marés (um efeito), a causa é o movimento de rotação e translação da Terra.

As maiores dificuldades de Galileu na sua teoria das marés podem ser observadas durante o Diálogo. Algumas de suas observações são inconsistentes, ou seja, não é possível observá-las da maneira que ele descreve. Outro ponto: é inadmissível de acordo com a mecânica do próprio Galileu, já que ele foge de alguns princípios que havia determinado antes (MARTINS, 1994). Se Galileu fosse tão observador, teria se dado conta que as marés acontecem de 12 em 12 horas; não em 24 horas como ele afirma no Diálogo<sup>1</sup>. E pela sua teoria esse ciclo seria constante, ou seja, aconteceria todos os dias no mesmo horário, o que é possível comprovar apenas com observações, o que não acontece (MARTINS, 1994).

Se for realizada uma análise geral sobre todo o livro, é possível observar que o próprio Galileu entra em conflito com teorias diferentes sobre o mesmo assunto (MARTINS, 1994), Galileu queria tanto provar que a teoria do heliocentrismo estava correta, que acabou cometendo erros perceptíveis até mesmo em sua época sobre a teoria das marés. É importante que o professor faça a abordagem desses pontos fracos de Galileu em sua aula, para mostrar que “Gênios” também erram, e que não podemos acreditar em tudo que se lê, antes de fazer uma boa pesquisa sobre o assunto (PENNEREIRO, 2009).

Estes pontos fracos devem ser utilizados pelo professor na intenção de, junto com os alunos chegarem a explicações corretas sobre a teoria das marés, ajudando assim o aluno a não cometer os mesmo erros que foram cometidos na época (PENNEREIRO, 2009). Podemos ainda afirmar que não foi Galileu quem “derrubou” o sistema de Ptolomeu, pois além de cometer erros na explicação das marés suas explicações geométricas, assim como muitas de sua

---

<sup>1</sup> As hipóteses de Galileu serão detalhadas no próximo item deste trabalho.

observações não eram coerentes com o movimento previsto no sistema de Copérnico (MARTINS, 1994).

### 3.2 As hipóteses de Galileu

Neste item, é feita uma análise da Quarta Jornada do livro: “Dialogo sobre os dois máximos sistemas do mundo Ptolomaico e Copernicano” (2001, p. 459-546) que é composto por diálogos entre três personagens:

SALVIATI: representante das ideias de Galileu;

SIMPLICIO: representante das ideias de Aristóteles;

SAGREDO: pessoa que esta presente tentando entender as explicações.

Na Quarta Jornada, todo o diálogo é desenvolvido para explicar a teoria das marés que Galileu propôs.

Galileu inicia fazendo a afirmativa de como é importante o fenômeno do fluxo e refluxo do mar, principalmente para confirmar que a Terra está em movimento. Ele usa a justificativa que a água é o único artifício para provar que a Terra gira em torno do Sol, e não o inverso, pois a água com, sua fluidez, pode se mover juntamente com o movimento da Terra.

Continua, afirmando que se a Terra fosse imóvel, não se poderia estudar o fluxo e refluxo do mar, gerando assim a primeira conclusão: que a Terra não poderia estar parada. É feita a afirmativa que efeitos são o que nos fazem buscarmos as causas; porém adverte que podem ocorrer alguns erros, pois ele está dependendo do que os outros lhe falam sobre o fluxo e refluxo das águas.

Ainda, diz que será o primeiro a tratar algo novo, que irá abrir caminhos para muitas outras descobertas (GALILEI, 2001 [1632], p. 444.):

SALVIATI: [...] uma chave que abre a porta de um caminho nunca antes percorrido por outros, com a firme esperança de que engenhos mais especulativos que o meu estejam em condição de ampliar e penetrar ainda mais o que eu tiver feito nesta minha primeira descoberta [...]

Tenta justificar possíveis erros, argumentando que as marés de outros lugares podem ser diferentes do Mediterrâneo (onde fez seus estudos), afirmando que existe apenas uma *causa* verdadeira para os fenômenos do mesmo gênero.

Afirma termos três efeitos sobre as águas:

- 1º efeito: o diurno - as águas sobem e baixam com intervalos de seis horas (passa seis horas baixa e seis horas alta);
- 2º efeito: é mensal e parece ter origem no movimento da Lua e que vai influenciar apenas na intensidade das marés, dependendo das fases da Lua cheia, nova e da quadratura com o Sol;
- 3º efeito: é anual que mostra ser dependente do Sol, alterando assim os movimentos diurnos, utilizando dos equinócios e solstícios.

Ele ainda continua dizendo que esses efeitos das águas do mar devem resultar do movimento da Terra. Pode-se confirmar isto no seguinte trecho:

SALVIATI: Como esses efeitos devem resultar, em consequências, dos movimentos que pertencem naturalmente à Terra, é necessário que não apenas eles não encontrem repugnância ou obstáculo, mas que se produzam com facilidade, e não só que se produzam com facilidade, mas com necessidade, de modo que seja impossível que aconteçam de outra maneira; porque tal é a propriedade e a condição das coisas naturais e verdadeiras. Estabelecida, portanto, a impossibilidade de dar razões dos movimentos que observamos nas águas, e ao mesmo tempo manter a imobilidade do vaso que as contém [...] (GALILEI, 2001 [1632], p. 450)

Ele então tenta explicar que a Terra possui dois movimentos: o primeiro anual, do ocidente para o oriente; o segundo em torno de si mesma, em vinte e quatro horas de ocidente para oriente. A união destes dois movimentos regulares forma um movimento irregular.

Segue sua explicação e mais uma vez afirma que as águas se movem devido ao movimento de aceleração e retardamento de determinadas partes da Terra e também a gravidade das águas do seguinte modo: o movimento da Terra move as águas e a gravidade tenta colocá-las de volta no lugar inicial, indo para um lado e retornando a origem e descem para o outro lado oposto. Esses movimentos não possuem um intervalo de tempo fixo para acontecer.

Galileu afirma também em que é possível observar, no cotidiano, que mares pequenos podem ter grandes fluxos e refluxos, assim como marés grandes podem ter poucas movimentações e isso é justificado apenas com o movimento disforme da Terra.

Ainda com relação ao movimento de aceleração e retardamento da Terra gerarem as marés, ele conclui que se o impulso primário (aceleração e retardação) coincidem com o secundário (a gravidade da água), o fluxo seria grande, mas se forem contrários teremos pequenos fluxos (quase imobilidade). E ainda, se não se encontrarem completamente, acontecerão outras mudanças no fluxo e refluxo das águas.

SALVIATI: ...Quanto ao ar que circunda o globo terrestre, direi que, por sua aderência, é levado pela rotação não menos que a água, e principalmente aquela parte que esta contida nos vasos, os quais são as planícies circundadas pelas montanhas; e podemos muito mais razoavelmente afirmar que essa tal porção é levada na rotação, raptada pela aspereza da Terra, que afirmar, como vós peripatéticos, que parte superior do ar seja raptada pelo movimento celeste. (GALILEI, 2001 [1632], p. 463)

Questionado se a Terra estaria imóvel e o céu que faria o movimento, Galileu afirma que podemos provar melhor os movimentos do céu e da água se a Terra for móvel, assim o céu não pode promover o fluxo e refluxo do mar.

Como o fluxo e refluxo são movimentos disformes, é necessário um movimento disforme para explicar tal situação. Galileu dá continuidade explicando agora os movimentos mensal e anual das águas e afirma que sempre que ocorrer alterações nos efeitos serão alteradas as causas desse efeito. Então, como as mudanças no fluxo e no refluxo mensais e anuais acontecerão, as causas sempre serão distintas. Assim, naquele período o fenômeno que causa a movimentação das águas terá uma força maior ou menor em relação a outro período e estaria relacionado com acréscimos e subtrações do período diurno sobre o anual. Galileu afirma claramente que a Lua e Sol não têm influência nesses movimentos.

SALVIATI: [...] Seguem-se agora os outros dois períodos, mensal e anual, os quais não aportam acidentes novos e diferentes, além dos que foram considerados no período diurno, mas operam sobre os mesmos, tornando-os maiores ou menores nas diferentes partes do mês lunar e nos diferentes tempos do ano solar, quase como se a Lua e o Sol tivessem parte na obra e na produção de tais efeitos: coisa que é totalmente contrária a meu intelecto, o qual, vendo como este dos mares é um movimento local e sensível, feito numa mole imensa de água, não se pode induzir a subscrever lumes, calores temperados, predomínios de qualidades ocultas ou semelhantes imaginações fúteis [...] (GALILEI, 2001 [1632], p. 470).

Galileu afirma que os acréscimos da rotação sobre o movimento anual da Terra podem ser maiores ou menores e podem ser produzidas de três maneiras:

- 1ª Aumento e diminuição da velocidade do movimento anual;
- 2ª Fazer acréscimos no movimento diurno e deixar a mesma velocidade anual;
- 3ª Combinação da 1ª e 2ª: diminuir o movimento anual e aumentar os acréscimos e subtrair os diurnos.

Depois da explicação dos três movimentos ele argumenta que é difícil compreender esses movimentos, mas para a natureza é fácil fazê-los. Coloca em questão que se não houvesse o movimento anual, acabaria com o período mensal e se não houvesse o movimento diurno

acabaria o período anual. Galileu afirma que se pode então confirmar que o movimento da Terra pelo Orbe magno e sob a eclíptica não é uniforme, e essa diferença deriva da Lua e tem mudanças de períodos mensais.

Justamente por este motivo citado acima, que o fluxo e refluxo das águas têm diferenças mensais (por conta do movimento disforme mensal da Lua): durante esse período podemos ter fluxos e refluxos maiores ou menores.

Afirma que o movimento de fluxo e refluxo pode ser grande para as pessoas que os observam, mas para a vastidão das marés e movimentos do globo terrestre tornam-se pequenos para ser observados.

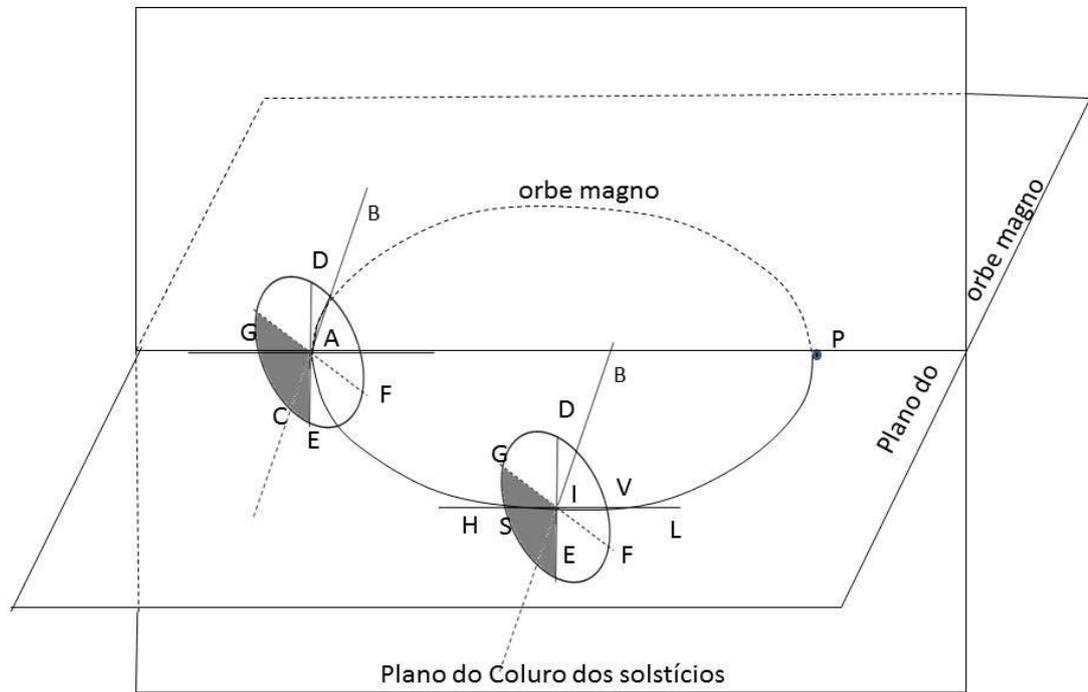
Afirma também que as águas do mar possuem grande velocidade, mas como as pessoas que estão, na Terra que possuem, a mesma velocidade, não notam tal diferença e essa velocidade não é a mesma que chega nos estreitos( praia).

A diferença poderia ser notada ou em uma viagem de navio contra ou favor da correnteza. Neste caso, não se perceberia a diferença nas águas, mas gastaria mais tempo se for contra a correnteza, e analogamente, gastaria bem menos tempo para fazer a mesma viagem se for a favor da correnteza, ou seja, torna-se difícil notar algo tão pequeno numa grande vastidão.

Através de uma figura, ele tenta explica geometricamente (já dizendo que seria melhor vista se fossem sólidos em vez de desenhos), a rotação da Terra no plano Magno. Mostra que, por esse movimento da Terra ser sempre pela tangente, isso levava ao movimento das águas, afirmando novamente que as marés possuem três períodos gerais de fluxo e refluxo, que dependem de causas naturais.

SALVIATI: [...] como são os três períodos gerais dos fluxos e refluxos, enquanto dependem de causas invariáveis, únicas e eternas. Mas, porque a estas causas primárias e universais misturam-se depois as secundárias e particulares, capazes de provocar muitas alterações, e estas secundárias são em parte inobserváveis e inconstantes, como é, por exemplo, a alteração dos ventos [...] e para concluir este nosso raciocínio, colocarei em consideração como os tempos precisos dos fluxos e refluxos não somente são alterados pelos comprimentos das enseadas e pelas varias profundidades, mas penso também que a uma alteração notável possa provir da junção dos diferentes trechos de mar, que diferem em grandeza e em posição, ou melhor dizendo em inclinação[...] (GALILEI, 2001 [1632], p. 485)

**Figura 1:** Movimento da Terra no Orbe Magno.



Fonte: GALILEI, 2001, p. 825

Os planos servem para dividir a esfera celeste em quatro partes iguais, para que possamos notar os efeitos do movimento de rotação e translação. Suponha que o ponto A é o centro do universo, e o ponto I também será o centro da Terra afastando-se um quadrante do ponto A; a linha inclinada do ponto B representa o eixo que indica o movimento de rotação da Terra em torno de si mesma. Os demais pontos são a representação da divisão da Terra em quatro partes iguais, para poder visualizar melhor o movimento de rotação da Terra.

Galileu então conclui dizendo que durante os Diálogos ele explicou sobre (GALILEI, 2001 [1632], p. 544):

- Estações e retrogradações dos planetas;
- Revolução do Sol sobre si mesmo;
- Fluxo e refluxo do mar;

E que ainda poderia acrescentar mais duas explicações, que seriam:

- As estrelas são fixas (possuem mínimas variações, que são consideradas por Copérnico, segundo Galileu, insensíveis.);
- A linha do meridiano é móvel (descoberta feita por Sr. Cesar).

Apartir do Diálogo podemos concluir a hipótese de Galileu como sendo:

- A Lua e o Sol não têm influência nas marés;
- Na sua teoria só existe uma maré alta por dia;
- O fluxo e o refluxo são explicados a partir da aceleração e retardamento da Terra;
- As causas para as mudanças das marés no período mensal e anual serão sempre distintas;
- Diferenças mensais serão por causa do movimento disforme mensal da Lua;
- A velocidade das ondas está relacionada também à força dos ventos;
- Tudo aquilo que não for possível explica geometricamente, são formado por causas naturais.

### 3.3 Explicação de Newton e considerações atuais sobre as marés

Neste item discutimos a teoria das marés como descrita por Newton. O objetivo é mostrar os pontos os pontos que contradizem as hipóteses de Galileu e que são adotados atualmente em livros texto para explicar o efeito das marés.

Como a teoria da gravitação universal explica as marés pelos efeitos de atração entre a Terra e a Lua, sentiu-se a necessidade de fazer uma representação tridimensional do movimento destes corpos celestes em relação ao Sol.

Assim, foi feita a montagem de uma maquete Terra-Lua-Sol que permite visualizar as fases da Lua e explicar melhor os efeitos sobre as marés.

A explicação de Isaac Newton (1643-1727) para o fluxo e refluxo dos marés está descrita no livro 3 (*Sistema dos mundos*) do *Principia*, é nesta obra que Newton consegue explicar vários fenômenos físicos decorrentes do sistema heliocêntrico. Porém, devido à sua complexidade, a obra de Newton só pôde ser compreendida e aceita pelos demais estudiosos da filosofia natural em sua totalidade, na metade do século XVIII quando tornou-se fundamental para aceitação do sistema Copernicano.

Newton vai mostrar uma ligação gravitacional entre: Terra-Lua-Sol; pois dependendo da posição da Lua, teremos as variações das marés. De modo geral, em seu livro *O Sistema do Mundo*, explica que o movimentos dos corpos celestes é regido pela gravitação universal, ou seja, todos os corpos se atraem com uma força proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa. Podemos dizer que as marés é fruto da força de ação e reação entre os corpos (MARINCONDA, 1999).

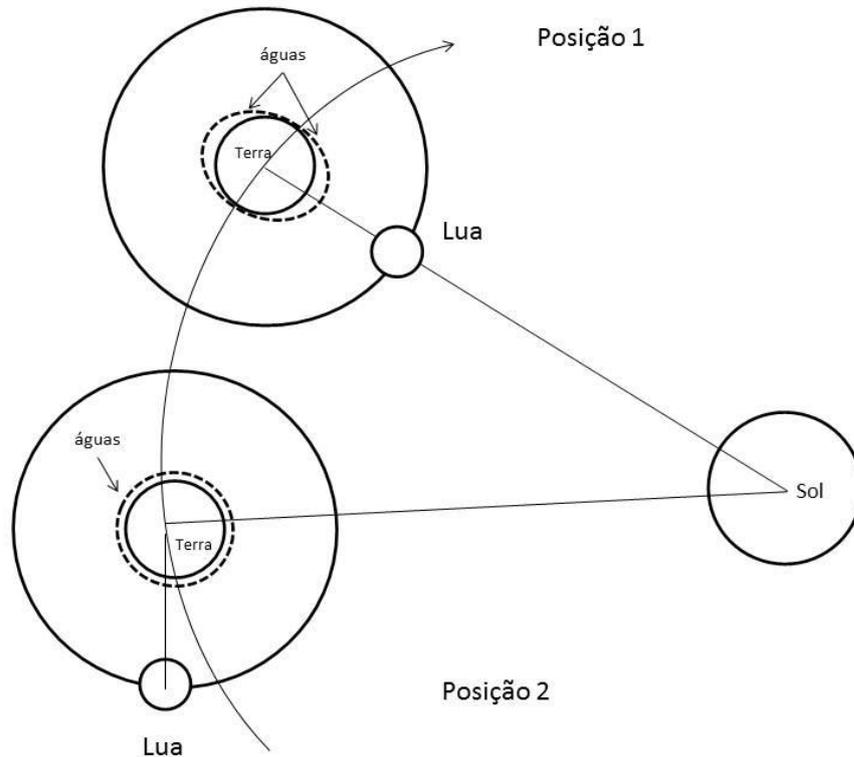
. **Figura 2:** Atração das águas pela Lua



Fonte: MARICONDA, 1999.

Com base na figura acima, supondo que a Terra é totalmente coberta de água, quando acontece a força de ação e reação entre a Lua e a Terra, a Lua puxa a massa de água que está do seu lado, assim como também vai puxar a Terra para o seu lado. Mas a superfície de água oposta à posição da Lua será atraída com menor intensidade por esta bem mais distante, gerando um aumento relativo também do lado oposto da Terra (MOYSÉS, 2002, p. 203). Assim vamos ter duas marés cheias por dia, que irão mudar de local de acordo com o movimento de translação da Terra. Mas é importante lembrar que as marés são causadas pela variação dessa força nos diferentes pontos da Terra (MARINCONDA, 1999). Também não podemos esquecer que o Sol vai influenciar na intensidade das marés, em menor escala (apesar de ser maior), pois esta mais longe da Terra (MOYSÉS, 2002, p. 202).

**Figura 3:** movimento de translação da Terra



Fonte: MARICONDA, 1999

Observando a figura 3 podemos notar que dependendo da posição Terra-Lua-Sol, variará a intensidade das marés, pois quando o Sol e a Lua estiverem em conjunção (posição 1) teremos uma maré bem mais cheia, do que quando esses astros estiverem em quadratura (posição 2)<sup>2</sup>. Então podemos fazer o inverso, e a partir das observações das marés relacionarmos a posição Lua-Sol.

Explicando o período diário, Newton afirma que teremos duas marés cheias ao dia: “as águas do mar deve subir e cair duas vezes a cada dia [...]”<sup>3</sup> (NEWTON, 1952, p. 296)

Sabemos que enquanto a Lua faz o movimento ao redor da Terra, a Terra também faz o movimento de rotação sobre si mesma, então será necessário mais de 24 horas para que a Lua chegue novamente ao mesmo ponto vertical do meridiano (NEWTON, 1952, p. 296).

“[...] Para voltar ao lugar específicos, acontece um retardado a quinta, sexta ou sétima hora, ou mesmo mais tarde [...]”<sup>4</sup> (NEWTON, 1952, p. 296)

<sup>2</sup> Este fenômeno será melhor visto quando apresentar as fases da Lua.

<sup>3</sup> [...] the Waters of the sea ought twice to rise and twice to fall every day [...]

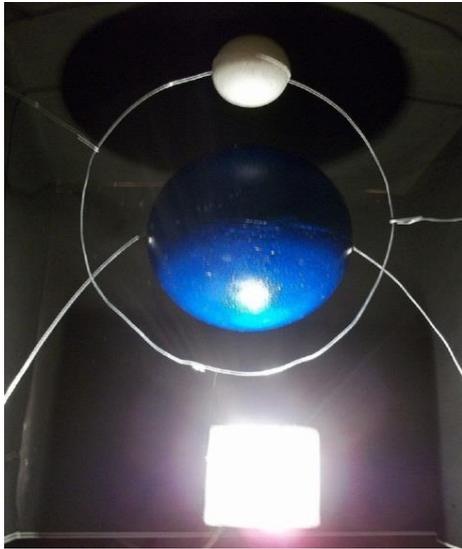
<sup>4</sup> [...] through which it passes to some particular places, retarded to fifth, sixth, or seventh hour, and even later [...]

Com isso, as marés cheias nunca serão no mesmo horário, acontecendo uma diferença de aproximadamente 50 minutos de um dia para outro. Sendo assim o ciclo lunar leva mais tempo pra se completar.

Para explicar o período mensal, temos que entender as fases da Lua, pois como já foi citado está relacionado à posição Terra-Lua-Sol. Assim teremos:

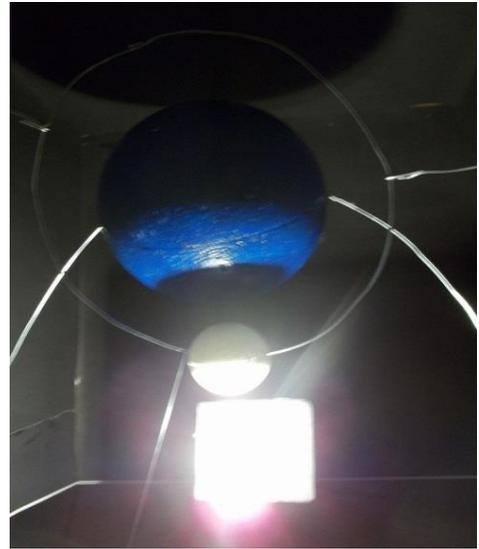
- Figura 4: acontece quando a Lua e o Sol estão em conjuntura, ou seja, na mesma linha, mas neste caso se encontra em lados opostos. Teremos marés cheias dos dois lados que se opõem;
- Figura 5: acontece quando a Lua e o Sol estão em conjuntura, mas neste caso se encontram do mesmo lado; assim suas forças se somam, gerando maré alta de máxima intensidade;
- Figura 6: acontece quando a Lua e o Sol estão em quadratura, ou seja, em quadrantes diferentes. Neste caso as forças do Sol e da Lua vão se opor, fazendo com as mares sejam de intensidade mínima;
- Figura 7: acontece quando a Lua e o Sol estão em quadratura. Neste caso as forças do Sol e da Lua também vão se opor , fazendo com que as marés sejam de intensidade mínima.

Figura 4: Maquete representando Lua Cheia (período mensal das marés).



Fonte: Elaborada pela autora, 2011.

Figura 5: Maquete representando a Lua Nova.



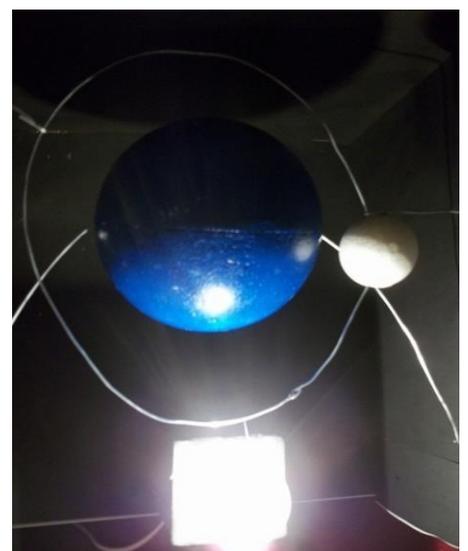
Fonte: Elaborada pela autora, 2011.

Figura 6: Maquete representando Lua Quarto Minguante.



Fonte: Elaborada pela autora, 2011.

Figura 7: Maquete representando Lua Quarto Crescente.



Fonte: Elaborada pela autora, 2011.

Temos que levar em consideração que como a órbita lunar tem uma inclinação com relação à Terra, então nem sempre teremos o alinhamento perfeito Terra-Lua-Sol (MARINCONDA, 1999).

Para a explicação do período anual, esse período irá depender do perigeu e apogeu da Lua, assim como do periélio e afélio da Terra. Quando a Lua e a Terra se afastarem do equador em direção ao pólo, aumentando assim sua distância angular; os efeitos devem diminuir pouco a pouco (NEWTON, 1952, p. 297). Deste modo, podemos dizer que nos equinócios o Sol se encontra no ponto em que a eclíptica se intercepta com o equador; tendo assim marés máxima anuais. Já no solstício, o Sol se encontra no maior afastamento angular do equador, tendo ação mínima gravitacional sobre as águas (MARINCONDA, 1999).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No desenvolvimento deste trabalho, foi possível aprender a importância da história da ciência no ensino de física, pois podemos utilizar deste recurso para mostrar aos alunos algo novo (para eles) que desperte seus interesses e curiosidades. Ao realizar estes estudos, pude colocar prática e observar realmente a importância de se estudar história da física, pois a partir em dela que desenvolvi todo meu trabalho. O acesso à fonte primária foi, apesar da dificuldade inicial com a linguagem, de extrema importância para a compreensão do papel que é atribuído à Galileu na história da ciência.

Da mesma forma, o acesso a diferentes fontes secundárias (historiadores que escreveram sobre Galileu e a teoria das marés) também possibilitou compreender quão complexo é discutir história da ciência de forma imparcial.

Neste sentido, foi possível observar que os historiadores acabam tendendo mais para uma das versões que é atribuída a Galileu e, com isso, transmitem uma visão distorcida do papel das observações na obra deste pensador.

Nos estudos realizados sobre a obra de Galileu, observamos que ele fez todo esse desenvolvimento da teoria das marés, com a intenção de provar que a Terra rotacionava e transladava, colocando o Sol como centro do universo. Por este motivo Galileu errou quando colocou a teoria das marés explicada pela junção dos movimentos de rotação e translação, tratando-a como efeito para a causa do heliocentrismo. Partindo deste ponto de vista, é possível afirmar que ele errou, pois os pressupostos que considerou na análise do movimento das marés eram contrários às suas explicações anteriores para outros fenômenos decorrentes da hipótese Copernicana.

Tal fato não diminui a importância de levar Galileu para a sala de aula mas mostra que a história da ciência deve ser utilizada no ensino para provocar discussões, e não como formar de reforçar dogmas, visões distorcidas ou como argumento de autoridade (MARTINS, 2006).

Fazendo a análise da obra de Newton, a mais aceitável até o momento, pode realizar a montagem de uma maquete que envolve o sistema Terra-Lua-Sol, e assim mostrar o movimento da Lua com relação ao Sol e observar realmente sua influências; utilizando de sua própria teoria de ação e reação, e a sua teoria de gravidade. Deste modo, além de compreender o fenômeno das marés, pode utilizar de outros conhecimentos, que podem ser repassados em sala de aula para outros alunos, mostrando assim que a história da ciência é importante no ensino e pode desenvolver vários outros conhecimentos na área.

O desenvolvimento deste TCC (trabalho de conclusão de curso) foi importante tanto para aprimorar meus conhecimentos na área, como também para desenvolver habilidades que poderão me ajudar enquanto futura docente, como o reconhecimento de diferentes versões sobre cientistas, filósofos e do próprio conhecimento científico e a importância de levar estas diferenças para a sala de aula.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, MEC, República Federativa do Brasil. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2000.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência, afinal?** Tradução: Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1993. 226 p.

GALILEI, G. Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo Ptolomaico e Copernicano / Galileu Galilei; Tradução: Pablo Rúben Marinconda. – São Paulo: Discurso Editorial, 2001, p.499-546.

GIL PEREZ, D; et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

MARINCONDA, P. R. Galileu e a teoria das marés. **Caderno de História e Filosofia da Ciência**. Campinas, Série 3, v. 9, n. 1-2, p 33-71, jan.- dez. 1999.

MARTINS, R. A. Galileu e a rotação da Terra. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 11, n.3: p.196-211, dez.1994.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

NEWTON, I. Mathematical Principles of Natural Philosophy, p. 269-314. Tradução: Andrew Motte, encyclopedia Britânica.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica- vol. 1**. 4º edição – São Paulo: Edgard blucher, 2002.

PENEREIRO, J. C. Galileu e a defesa da cosmologia Copernicana: a sua visão do universo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 1: p. 173-198, abr. 2009.

ZYLBERSZTAJN, A. Galileu – um cientista várias versões. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, 5 (Número Especial): p. 36-48, jun. 1988.

