

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS  
NATURAIS

**A HISTÓRIA DA CIÊNCIA VIABILIZANDO A  
CONTEXTUALIZAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA**

**RICARDO FIGUEIREDO SANTOS**

**PROF. DR. FREDERICO AYRES DE OLIVEIRA NETO**  
ORIENTADOR

Cuiabá, MT  
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS  
NATURAIS

**A HISTÓRIA DA CIÊNCIA VIABILIZANDO A  
CONTEXTUALIZAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA**

**RICARDO FIGUEIREDO SANTOS**

*Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Ensino de Ciências  
Naturais da Universidade Federal de Mato  
Grosso, como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Mestre em Ensino de  
Ciências Naturais.*

**PROF. DR. FREDERICO AYRES DE OLIVEIRA NETO**  
ORIENTADOR

Cuiabá, MT  
2017



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS  
Avenida Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Boa Esperança - Cep: 78060900 - CUIABÁ/MT  
Tel : (65) 3615-8768 - Email : ppgecn.ufmt@gmail.com

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**TÍTULO : "A História da Ciência viabilizando a contextualização do ensino de Física"**

AUTOR : Mestrando Ricardo Figueiredo Santos

Dissertação defendida e aprovada em 21/08/2017.

Composição da Banca Examinadora:

---

Presidente Banca / Orientador	Doutor(a)	Frederico Ayres de Oliveira Neto
Instituição :		UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
Examinador Interno	Doutor(a)	Iramaia Jorge Cabral de Paulo
Instituição :		UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
Examinador Externo	Doutor(a)	Marcos Roberto da Rocha Gesualdi
Instituição :		UFABC

CUIABÁ, 21/08/2017.

### **Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

F475h Figueiredo Santos, Ricardo.  
A História da Ciência Viabilizando a Contextualização do Ensino de Física /  
Ricardo Figueiredo Santos. -- 2017  
v. 104 f. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Frederico Ayres de Oliveira Neto.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física,  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Cuiabá, 2017.  
Inclui bibliografia.

1. História da Ciência. 2. Leis do Movimento. 3. Matemática. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe, a minha filha e ao meu irmão, pelo apoio, compreensão e companheirismo. Ao meu orientador, pela paciência; aos professores, pelo conhecimento compartilhado; à secretária do programa, pelo carinho; aos colegas, pela amizade; aos amigos que por mim torceram.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela oportunidade de vida e conhecimento.

Ao Prof. Dr. Fred, pelo apoio durante todo o processo e a orientação.

A Universidade Federal de Mato Grosso, que, através do Instituto de Física, oportunizou a realização do curso de mestrado.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	i
LISTA DE TABELAS .....	ii
LISTA DE QUADROS .....	iii
RESUMO .....	iv
ABSTRACT .....	v
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	05
2.1. A Teoria da Aprendizagem Significativa e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica .....	05
2.2. A História da Ciência.....	09
2.3. A História da Ciência na formação docente .....	10
2.4. O Ensino de Física a partir da Abordagem Histórica .....	11
2.5. O Livro Didático e a História da Ciência. ....	13
2.6. Thomas Kuhn sobre a História da Ciência .....	15
2.7. A descrição das teorias e seus autores .....	18
2.7.1. Princípio do movimento – Idade Antiga.....	18
2.7.2. Tales de Mileto .....	19
2.7.3. Eratóstenes .....	21
2.7.4. Arquimedes .....	22
2.7.5. Nicolau Copérnico .....	24
2.7.6. Galileu Galilei.....	28
2.7.7. Johannes Kepler.....	29
2.7.8. Isaac Newton.....	30
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	31
3.1. A formação do professor que ministra Física. ....	31
4. METODOLOGIA.....	34
4.1 Procedimentos Metodológicos.....	34
4.2. Universo da Pesquisa .....	36
4.3. O Evento .....	38
4.4 O Produto Educacional .....	39
5. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	40
5.1. O Estudo Dirigido .....	40
5.2. A Oficina.....	49
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	62
7. REFERÊNCIAS .....	66
APÊNDICE A – TEOREMA DE TALES .....	71

APÊNDICE B – O CÁLCULO DO RAIOS DA TERRA (ERATÓSTENES).....	76
APÊNDICE C – CENTRO DE GRAVIDADE E ALAVANCA (ARQUIMEDES).....	78
APÊNDICE D – GALILEU E A QUEDA DOS CORPOS .....	83
APÊNDICE E – AS TRÊS LEIS DE KEPLER .....	87
APÊNDICE F – FORÇA GRAVITACIONAL E AS LEIS DO MOVIMENTO (NEWTON) .....	92
APÊNDICE G – MEDINDO A TERRA.....	98
APÊNDICE H – PÊNDULO SIMPLES .....	100
APÊNDICE I – CARRINHO NA RAMPA .....	102

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Análise para a medição da altura da Pirâmide de Quéops, com foco na semelhança de triângulos;
- Figura 2 - Cálculo do Meridiano Terrestre;
- Figura 3 - Sistema de Ptolomeu;
- Figura 4 - Modelo Heliocêntrico de Copérnico;
- Figura 5 - Planetas internos e externos na concepção de Copérnico;
- Figura 6 - Movimento da órbita de Marte;
- Figura 7 - Representação geométrica do triângulo apresentado na Pirâmide de Quéops (triângulo maior) e o bastão (triângulo menor);
- Figura 8 - Retas paralelas com segmentos congruentes;
- Figura 9 - Ilustração da prova da Proposição;
- Figura 10 - Segmentos proporcionais;
- Figura 11 - Esquema Geométrico da Prova do Teorema de Tales;
- Figura 12 - Centro de Gravidade das figuras planas: círculo, retângulo, paralelogramo e triângulo;
- Figura 13 - Encontrando o *CG* de um círculo com dobraduras;
- Figura 14 - Determinando o *CG* de um paralelogramo com dobraduras;
- Figura 15 - Determinando o *CG* de um triângulo;
- Figura 16 - O *CG* do João bobo (brinquedo);
- Figura 17 - Alavanca;
- Figura 18 - Máquina Simples;
- Figura 19 - Plano inclinado de Galileu;
- Figura 20 - Excentricidade de uma elipse (1ª Lei de Kepler);
- Figura 21 - Leis das Áreas (Segunda Lei de Kepler);
- Figura 22 – Lei dos Períodos (Terceira Lei de Kepler);
- Figura 23 - Dois discos colidindo em velocidades opostas;
- Figura 24 - Colisão entre os dois discos;
- Figura 25 - Os discos após a colisão.

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Porcentagem de professores da Educação Básica com curso superior

Tabela 2: Disciplina de Física

Tabela 3: Professores formados em Física

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Apresentação do Questionário de entrada aplicado no Estudo Dirigido

Quadro 2 - Apresentação do Questionário de saída aplicado no Estudo Dirigido

Quadro 3 - Apresentação do Questionário de entrada na oficina da VII Semana de Investigação

Quadro 4 - Apresentação do Questionário de saída aplicado na oficina da VII Semana de Investigação

Quadro 5 - A disciplina e o tempo em que o docente leciona (Estudo dirigido)

Quadro 6 - O contato com a História da Ciência na formação (Estudo dirigido)

Quadro 7 - Descrição do quanto estudou da História da Ciência (Estudo dirigido)

Quadro 8 - O uso da abordagem histórica na prática docente (Estudo dirigido)

Quadro 9 - As possíveis colaborações pós oficina na prática docente

Quadro 10 - A história e o uso da matemática como ferramenta para a interpretação de fenômenos (Estudo dirigido)

Quadro 11 - A visualização do fenômeno e o método a partir do contexto histórico (Estudo dirigido)

Quadro 12 - A história e o despertar para descoberta

Quadro 13 – Uma proposta de ensino a partir da História da Ciência (Estudo dirigido)

Quadro 14 - A disciplina e o tempo em que o docente leciona (Oficina)

Quadro 15 - O contato com a História da Ciência na formação (Oficina)

Quadro 16 - Descrição do quanto estudou da História da Ciência (Oficina)

Quadro 17 - O uso da abordagem histórica na prática docente (Oficina)

Quadro 18 – A abordagem histórica e a contextualização na prática docente

Quadro 19 - A história e o uso da matemática como ferramenta para a interpretação de fenômenos (Oficina)

Quadro 20 - A visualização do fenômeno e o método a partir do contexto histórico (Oficina)

Quadro 21 - A história possibilitando o desejo por descoberta

Quadro 22 – O despertar pela descoberta a partir da abordagem histórica em sala de aula

Quadro 23 - Uma proposta de ensino a partir da História da Ciência (Oficina)

## RESUMO

SANTOS, R.F. *A História da Ciência Viabilizando a Contextualização do Ensino de Física*. Cuiabá, 2017. 104p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Universidade Federal de Mato Grosso.

O estudo realizado neste trabalho usou da abordagem histórica sobre eventos que influenciaram nas leis do Movimento de Newton, com o intuito de proporcionar uma melhor compreensão dos fenômenos relacionados à Cinemática, conteúdo estudado no primeiro ano do Ensino Médio. Nessa perspectiva, a necessidade da proposta se deu devido à falta de docentes licenciados em Física, ou seja, os professores que participaram da pesquisa, em sua totalidade, são formados em outras licenciaturas, principalmente em Matemática. Assim, ao conhecer este público de licenciados em Matemática lecionando Física, surgiu a ideia de utilizar a História como forma de mediar a compreensão entre o fenômeno estudado e a matemática usada para compreendê-lo, possibilitando, a partir destas abordagens históricas, o entendimento, por parte do discente, de que a Física não é uma extensão da Matemática. Em relação ao embasamento teórico para o estudo, foram abordados Tales de Mileto, Eratóstenes, Arquimedes, Nicolau Copérnico, Galileu Galilei, Johannes Kepler, sendo estes sábios e estudiosos que antecederam a Isaac Newton e usaram a Matemática como ferramenta para seus estudos e experimentos que, de certa maneira, contribuíram para a formalização das três Leis de Movimento e a Lei de Gravitação Universal. O desenvolvimento da pesquisa se deu a partir de um estudo dirigido e uma oficina. Nestes dois momentos, foram apresentados os objetivos e disponibilizados os materiais para o desenvolvimento de experimentos relacionados à Cinemática, mas coube a cada grupo definir quais materiais seriam utilizados para qualquer experimento apresentado. Dessa maneira, tanto no estudo dirigido quanto na oficina, a abordagem histórica subsidiou a introdução das teorias e postulados tratados nos experimentos. Esta metodologia nos permitiu perceber que a História da Ciência pode ser uma ferramenta didática aplicável em sala de aula, a fim de proporcionar estímulo ao aprendizado.

**Palavras-chave:** História da Ciência, Leis do Movimento, Matemática.

## ABSTRACT

SANTOS, R.F. The History of Science enabling the Contextualization of Physics Teaching. Cuiabá, 2017. 104p. Dissertation (Masters) – Post Graduation Program in Natural Science Teaching, Federal University of Mato Grosso.

The study carried out in this paper used the historical approach on events that influenced Newton's Laws of Motion, aiming at providing a better understanding of the phenomena related to Kinematics, content studied in the first year of High School. In this perspective, the need for this proposal was due to lack of teachers with a degree in Physics, that is, the teachers who participated of the research, in their totality, are graduated in other degrees, mainly in Mathematics. Meeting this public of graduates in Mathematics teaching Physics, led us to think of History as a way to mediate the understanding between the phenomenon studied and the Mathematics used to understand it. Thus, making it possible from these historical approaches, for the students to understand that Physics is not an extension of Mathematics. In relation to the theoretical basis for the study, Tales of Miletus, Eratosthenes, Archimedes, Nikolaus Copernicus, Galileo Galilei, Johannes Kepler were addressed, and they were wise men and scholars that preceded Isaac Newton and used Mathematics as a tool for their studies and experiments that, in a way, contributed to the formalization of the three Laws of Motion and the Universal Gravitation Law. The development of the research arose from a directed study and a workshop. In these two moments, the objectives were presented and the materials made available for the development of experiments related to Kinematics, but it was up to each group to define which materials would be used for any experiment presented. Therefore, both in the directed study and in the workshop, the historical approach supported the introduction of the theories and postulates addressed in the experiments. This methodology allowed us to perceive that History of Science can be a didactic tool applicable in the classroom, in order to provide stimulus to learning.

**Keywords:** History of Science, Motion Laws, Mathematics.

# 1. INTRODUÇÃO

A disciplina de Física, há algum tempo, vem sendo ministrada na Educação Básica por professores licenciados em Matemática, conforme censo de 2007 (SANTOS, CURI, 2012; MEC, 2007). Do convívio com docentes de Física, que não eram formados na disciplina, e com informações obtidas de tal censo, surgiu a ideia de elaborar uma proposta que possibilitasse a estes professores o estudo dos conceitos físicos a partir da abordagem histórica. Para elaborar esta proposta, fez-se necessário resgatar a perspectiva histórica de importantes filósofos e matemáticos que serviram de aporte a Isaac Newton na construção de suas Leis da Mecânica.

Para tanto, buscou-se fundamentos nas abordagens de Talles de Mileto (*Retas paralelas*), Eratóstenes (*Raio da Terra*), Arquimedes (*Lei do Empuxo ou Princípio de Arquimedes, o Centro de Gravidade e a Alavanca*), Nicolau Copérnico (*Modelo Planetário*), Galileu (*Queda dos Corpos*), Johannes Kepler (*Movimento dos Planetas*) e, finalmente, Isaac Newton (*Leis de Movimento*). O intuito foi, a partir da história, possibilitar a contextualização dos fenômenos e teorias dos conteúdos relacionados à disciplina de Física sobre os princípios do movimento, assim como a viabilização do entendimento de que a Matemática é fundamental para a estruturação e compreensão desta ciência.

A extensão e quantidade de conteúdos encontrados nos livros didáticos fazem com que o professor, devido ao pouco tempo de aula, aborde, de maneira rápida e superficial, temas que poderiam ser melhor explorados, não havendo consenso sobre os conceitos importantes para aquela série (MATO GROSSO, 2010). Assim, ao querer cumprir ou abordar o máximo de conteúdo de uma respectiva série, o professor acaba por valorizar a quantidade e deixa de abordar contextos que permitem ao discente a compreensão de que a Física estudada é uma criação humana e contínua.

A abordagem histórica aqui usada é sugerida como uma possibilidade de mudança da visão conteudista no Ensino de Física, ou seja, da prática de querer trabalhar todo o conteúdo proposto no livro didático, de modo que se possa trazer mais significado e aprendizagem, por qualidade e não por quantidade. Dessa maneira, será possível perceber que, mediante a abordagem das teorias do passado e relacionando-as com o presente (BRASIL, 2000), a concepção de que há continuidade na ciência possibilitará ao discente tornar-se pesquisador daquele conhecimento, de modo que o

mesmo deixe de viver limitações. Ao fazer uso da História da Ciência, entende-se que o despertar pela pesquisa pode acontecer.

Foi considerado que a prática docente faz uso de um ensino conteudista devido à fidelidade ao livro didático e que esta prática não atende mais a objetivos como uma aprendizagem significativa ou formação de um cidadão crítico e participativo na sociedade. Nesse caso, entende-se que a busca é pela reprodução dos conteúdos e não o aprendizado de forma significativa. Diante desta prática docente é que a proposta de usar a História da Ciência para responder a esta deficiência surge como uma opção que pode facilitar a aprendizagem. A emergência de uma nova proposta surge com a demonstração de insegurança profissional pronunciada, relacionada à obtenção de fracassos constantes na busca por resultados positivos (KUHN, 1998).

Na oportunidade de fazer uma nova proposta é que surgiu a ideia de oferecer uma formação contínua ao professor de Física, que não é formado em Física, cujo objetivo principal foi *estimular, a partir de abordagens históricas, a percepção do aluno, de modo que ele possa entender que a Física 'não é uma extensão da matemática' e permitir aos envolvidos serem críticos como cidadãos, a ponto de analisar as informações*. Para a eficácia deste estudo teremos como objetivos específicos: *evidenciar a necessidade que se faz a inserção da História da Ciência na Educação Básica e viabilizar, a partir do contexto histórico, aos discentes o entendimento de que a ciência está em contínua evolução e suas teorias estão sujeitas à falseabilidade*. Para a seleção e elaboração de materiais que possam subsidiar o sucesso desta proposta usaremos, como aportes, a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC).

A Física, percebida como uma construção histórica ou como uma atividade social humana, emerge da cultura e leva ao entendimento de que modelos explicativos não são únicos, promove a articulação de toda uma percepção de mundo e a compreensão dinâmica do universo, a fim de possibilitar a formação de uma cultura científica efetiva ao permitir que o indivíduo interprete fatos, fenômenos e processos naturais, compreendendo que o ser humano faz parte da própria natureza em transformação (BRASIL, 2000).

Ainda sobre o uso da história, Mato Grosso (2010) descreve que a História da Ciência tem a sua importância ao viabilizar uma melhor compreensão da natureza do conhecimento científico por mostrar como este tipo de conhecimento é construído,

evitando, assim, a impressão de que a ciência é compreendida apenas por gênios ao isentá-la de influências históricas ou culturais.

Os estudos relacionados à inserção da História da Ciência na formação docente são mencionados por Carvalho (2004), Gandolfi e Figueiroa (2013), Prado (1989), Rosa e Martins (2007) e Teodoro (2000) como necessários para formar pesquisadores e professores que contemplem os aspectos relacionados ao desenvolvimento da sua área.

O ensino da Física a partir de uma abordagem histórica surge não só como uma forma de possibilitar o entendimento da natureza, dos modelos físicos e do processo de construção de suas leis e teorias, mas, também, como uma maneira de viabilizar aos docentes fazerem com que os alunos entendam que a Matemática é usada para as interpretações dos fenômenos estudados.

A formação do professor que ensina Física nem sempre é em Física. Diante desta realidade, foi pesquisada, também, a formação do professor que leciona esta disciplina. Para tal, utilizou-se o sítio da Agência Brasil, assim como o Anuário Brasileiro (2016), Caniato (1973), Ostermann e Moreira (2001), Pietrocola (2002) e Santos e Curi (2012).

Ao abordar a História da Ciência na prática docente é preciso ter acesso a bons materiais. A respeito disso pesquisamos sobre esta abordagem nos livros didáticos, encontrando aportes em Demo (2002), Gatti (2005), Silva e Teixeira (2009) e Villatorre (2008). As pesquisas nos permitiram entender que é preciso, além de estudar, moderar com relação ao uso do livro didático (MOREIRA, AXT, 1986), pois este é escrito conforme a necessidade institucional e o sistema de exames preparatórios (JUNIOR, MATTOS, 2008).

Dois momentos foram necessários para que se fosse possível coletar as informações: o estudo dirigido e a oficina. O estudo dirigido foi realizado em uma Escola do Ensino Médio no município de Alto Paraguai – MT; e a oficina ocorreu durante a VII Semana de Investigação do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais do Instituto de Física – UFMT. Este trabalho está organizado em seis capítulos e sua estrutura é a seguinte:

- Capítulo 2 - Fundamentação teórica: neste capítulo há uma descrição sobre a TAS e a TASC, assim como a História da Ciência, a História da Ciência na formação docente, o Ensino de Física a partir da Abordagem Histórica, o Livro Didático e a História da Ciência, Thomas Kuhn e a apresentação das teorias e seus autores (Tales de Mileto, Eratóstenes,

Arquimedes, Nicolau Copérnico, Galileu Galilei, Johannes Kepler, e Isaac Newton);

- Capítulo 3 - Revisão de Literatura: neste capítulo foi abordada a formação do professor que ensina física;
- Capítulo 4 – Metodologia: descrevemos, aqui, os procedimentos metodológicos, o Universo da pesquisa, o Evento e o Produto Educacional;
- Capítulo 5 - Resultado e Discussão: nele, encontram-se os questionários de entrada e saída respondidos e as discussões dos mesmos, tanto do estudo dirigido quanto da oficina;
- Capítulo 6 - Considerações Finais: está a interpretação/reflexão do pesquisador após a aplicação do estudo.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Apresentamos, nesse capítulo, as teorias utilizadas desde a elaboração do produto educacional até a sua aplicação no Estudo Dirigido e na Oficina, com professores da Educação Básica e professores dos demais níveis de ensino (graduação e pós-graduação). Na oportunidade, abordamos estudos relacionados à História da Ciência como ferramenta didática para o Ensino de Física. Com o intuito de potencializar o contexto histórico no desenvolvimento da pesquisa, usou-se a Teoria da Aprendizagem Significativa e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica.

### 2.1. A Teoria da Aprendizagem Significativa e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica

Neste trabalho, usamos a *Teoria da Aprendizagem Significativa* (TAS) de David Ausubel (2000) e a *Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica* (TASC) de Marco Antonio Moreira (2000). As duas teorias nos permitiram usar importantes subsídios para atingir os objetivos propostos para abordar o conceito de mecânica na Educação Básica.

Em Moreira (2009, p. 31), lê-se:

Aprendizagem significativa é aquela em que o significado do novo conhecimento vem da interação com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do aprendiz com um certo grau de estabilidade e diferenciação. Nesta interação, não só o novo conhecimento adquire significado, mas também o conhecimento anterior fica mais rico, mais elaborado, adquire novos significados. *Interação* (entre conhecimentos novos e prévios) é a característica chave da aprendizagem significativa.

Todavia, no momento em que o *novo aprendizado* ganha significado, a partir do conhecimento primário que o aluno (neste caso, os professores) já possui, as novas informações encontrarão na estrutura cognitiva semelhanças ou sinônimos, fazendo com que aquele conhecimento primário se fortaleça, tornando-se mais sólido e ganhando novos significados. Segundo Valadares (2011, p. 36),

a aprendizagem significativa é substantiva porque é uma ‘substância’, o ‘recheio’ do conceito é aprendido e não apenas um nome e (ou) um enunciado sem qualquer significado para quem aprende.

Sobre a Aprendizagem Significativa, Tavares (2004, p. 56) descreve:

Quando se dá a aprendizagem significativa, o aprendente transforma o significado lógico do material pedagógico em significado psicológico, à medida que esse conteúdo se insere de modo peculiar na sua estrutura cognitiva, e cada pessoa tem um modo específico de fazer essa inserção.

A aprendizagem significativa não está condicionada ao uso exclusivo de determinados signos ou grupos de signos particulares, mas implica em que o mesmo conceito possa ser expresso através de uma linguagem diferente, sinônima, sem reverter o seu significado (PRAIA, 2000).

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel é cognitivista e busca explicar os mecanismos internos da mente humana com relação ao aprendizado e à estruturação do conhecimento. Em um primeiro momento, subentende-se que a aprendizagem mecânica está no extremo oposto da aprendizagem significativa, porém a mecânica não é descartada no processo de ensino, sendo uma técnica bastante utilizada, principalmente, para novos conceitos.

Sobre a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa, Valadares (2011, p. 36 – 37) descreve que:

A antítese da aprendizagem significativa é a *aprendizagem mecânica*, literal, ou memorística em que a nova informação que se apresenta ao aluno não interage com qualquer subsunçor adequado previamente existente na estrutura cognitiva, ou porque este não existe mesmo, ou porque o aluno não quis desenvolver o esforço de confrontar a nova informação com o subsunçor, analisar diferenças e semelhanças, estabelecer as pontes entre ambos, no fundo desencadear o processo de assimilação com significado.

Para Ausubel, a aprendizagem mecânica é aquela em que as novas informações têm pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, ou seja, a nova informação é armazenada de maneira arbitrária, não havendo interação entre esta e a já armazenada (MOREIRA, 1999).

A existência de uma aprendizagem mecânica nos permite acreditar que algum subsunçor há no cognitivo do aprendente. Com isso, é dada a condição do uso de organizadores prévios. Praia (2000, p. 129) esclarece que:

Os organizadores prévios, quer sejam orais ou escritos, são introduções que pretendem favorecer a fixação das novas informações nos conhecimentos existentes. São materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido, estando revestidos de uma maior generalidade, abstração e inclusividade, relacionando-se que às ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva, quer à tarefa de aprendizagem propriamente dita. Muitas vezes,

mesmo tendo as ideias-âncora apropriadas o educando não chega a compreender a sua relação com as novas informações.

Em sua teoria, Ausubel descreve a aprendizagem por descoberta e aprendizagem por recepção, assim como não é estabelecida a distinção entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica como sendo uma dicotomia e sim como contínuas. As aprendizagens por descoberta e por recepção, da mesma forma, não devem ser confundidas entre si.

As aprendizagens por recepção e por descoberta são definidas em Ausubel (2000, p. 5) da seguinte forma:

*Na aprendizagem por recepção, o conteúdo é apresentado sob a forma de uma proposição substantiva ou que não apresente problemas, que o aprendiz apenas necessita de compreender e lembrar;*

*Na aprendizagem por descoberta, o aprendiz deve em primeiro lugar descobrir este conteúdo, criando proposições que representem soluções para os problemas suscitados, ou passos sucessivos para a resolução dos mesmos.*

Entende-se que tanto a aprendizagem receptiva como a por descoberta pode ser mecânica ou significativa. O que determina a compreensão ou significado da aprendizagem do novo conhecimento não é a maneira como o aprendiz tem acesso, por recepção ou por descoberta, ao suposto conhecimento, mas, sim, o modo como ele é relacionado – literal ou substantivo, arbitrário ou não – à estrutura cognitiva do mesmo.

O relacionar de modo substantivo e não arbitrário são características básicas do processo de Aprendizagem Significativa. Segundo Praia (2000, p. 124-125):

A não arbitrariedade, [...], implica que o material potencialmente significativo se relacione de modo não arbitrário (não aleatório), com os conhecimentos, especificamente relevantes, já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo.

A substantividade, outra característica básica do processo de ensino-aprendizagem refere que o que é incorporado na estrutura cognitiva é o significado propriamente dito da nova informação e não as palavras exatas usadas para expressá-las.

De maneira que possamos possibilitar a eficácia da *Aprendizagem Significativa*, é preciso que o material a ser usado seja potencialmente significativo e o aprendiz deva manifestar uma predisposição para aprender.

Para suplementar a TAS faremos uso dos princípios facilitadores, propostos para facilitar a abordagem e aplicação da TASC. Segundo Moreira (2000), é através desta aprendizagem que o aprendiz poderá lidar de maneira construtiva com a mudança

sem se deixar ser dominado por ela, uma forma de tornar-se crítico com relação ao que se aprende em sala de aula. Os princípios facilitadores são:

- Princípio do conhecimento prévio: aprende-se a partir do que já se sabe;
- Princípio da interação social e do questionamento: ensinar/aprender perguntas, em vez de resposta;
- Princípio da não centralidade do livro de texto, do uso de documentos, artigos e outros materiais educativos, da diversidade de matérias instrucionais;
- Princípio do aprendiz como perceptor/representador, i.e, tudo o que o aluno recebe ele percebe;
- Princípio do conhecimento como linguagem: aprendê-la de maneira crítica é perceber essa nova linguagem como uma nova maneira de perceber o mundo;
- Princípio da consciência semântica: o significado está nas pessoas, não nas palavras;
- Princípio da aprendizagem pelo erro: buscar sistematicamente o erro é pensar criticamente, é aprender a aprender, é aprender criticamente rejeitando certezas, encarando o erro naturalmente e aprendendo por intermédio de sua superação;
- Princípio da desaprendizagem: aprender a distinguir o relevante do irrelevante, no conhecimento prévio, e libertar-se do irrelevante;
- Princípio da incerteza do conhecimento: aprender que as perguntas são instrumentos de percepção, as definições e as metáforas são igualmente instrumentos que usamos para pensar;
- Princípio da não utilização do quadro-de-giz, da participação ativa do aluno;
- Princípio do abandono da narrativa: deixar o aluno falar.

Ao fazer uso destes princípios, foi possível, no estudo dirigido e na oficina, propor aos docentes envolvidos experimentos dos quais os materiais foram dispostos de maneira aleatória sobre a mesa. Cada grupo precisou identificar/relacionar o material com o experimento proposto. Esses princípios facilitadores da aprendizagem significativa crítica, suplementando a *Teoria da Aprendizagem Significativa*, serviram como aporte metodológico de ensino e aprendizagem para a abordagem da História da

Ciência como ferramenta motivacional para a aprendizagem dos conteúdos relativos às Leis de Newton.

## 2.2. A História da Ciência

Para Monteiro e Martins (2015), na área de Ensino de Ciências, em geral, e de Ensino de Física, em particular, aspectos relacionados à inserção didática da história têm sido assuntos frequentemente discutidos. Argumentos como a contribuição para o ensino e aprendizagem dos conceitos científicos, contrapondo-se a uma visão excessivamente matematizada e descontextualizada das ciências, a possibilidade de diálogo sobre questões pertinentes ao desenvolvimento científico e a contribuição para o entendimento da relação entre ciência, tecnologia e sociedade foram feitos em defesa da abordagem histórica.

Mato Grosso (2010) descreve que a Física é uma ciência experimental, uma *construção humana*, e é esta visão que se pretende apresentar nesse trabalho, como um dos objetivos, na formação continuada proposta aos professores, fazer com que esta maneira de visualização da ciência possa ser abordada junto aos alunos. Ainda que no primeiro instante uma abordagem histórica esteja relacionada a uma aula aparentemente expositiva, não deve ser este o objetivo, mas, sim, mostrar que a ciência precisa ser ensinada de forma que o aprendiz entenda e relacione as fundamentações e teorias construídas ao longo do desenvolvimento da ciência.

Matthews (1995, p.165) afirma que tanto a teoria como, particularmente, a prática do ensino de ciências, está sendo enriquecida pelas informações colhidas da história e da filosofia da ciência. Considerando-se a largamente documentada crise no ensino contemporâneo de ciências, evidenciada pela evasão de alunos e de professores das escolas, encontrar na história da ciência uma ferramenta que auxilie na prática de ensino é uma oportunidade a ser analisada.

Em corroboração a esta afirmativa, feita por Matthews (1995), destacamos Castro e Carvalho (1992, p. 228) quando descrevem que:

A introdução da dimensão histórica pode tornar o conteúdo científico mais interessante e mais compreensível exatamente por trazê-lo para mais perto do universo cognitivo não só do aluno, mas do próprio homem, que, antes de conhecer cientificamente, constrói historicamente o que conhece.

Segundo Gagliari e Giordan (1986, p. 254),

A História da Ciência pode mostrar em detalhe alguns momentos de transformação profunda de uma ciência e indicar quais foram as relações sociais, econômicas e políticas que entraram em jogo, quais foram as resistências à transformação e quais setores trataram de impedir a mudança. Essa análise pode fornecer as ferramentas conceituais para que os alunos compreendam a situação atual da ciência, sua ideologia dominante e os setores que a controlam e que se beneficiam dos resultados da atividade científica.

Uma abordagem histórica possibilita a definição de quais foram os conceitos que estruturaram e estão presentes nos momentos da transformação de uma ciência, neste caso específico, a Física.

Teodoro (2000, p. 59) menciona que:

Buscar na História da Ciência subsídios para o ensino não significa encarar o aluno como um mero reprodutor dos caminhos percorridos pelos cientistas ao longo da história, mas sim reconhecer na ciência um processo de construção que encontrou inúmeros obstáculos em seu desenvolvimento.

Porém, ao fazer uso da abordagem histórica, é preciso observar a veracidade dos fatos relatados e a contribuição destes para o uso didático. Kuhn (1998, p.22) explica que:

Em vez de procurar as contribuições permanentes de uma ciência mais antiga para nossa perspectiva privilegiada, eles procuram apresentar a integridade histórica daquela ciência, a partir de sua própria época. Por exemplo, perguntam não pela relação entre as concepções de Galileu e as da ciência moderna, mas antes pela relação entre as concepções de Galileu e aquelas partilhadas por seu grupo, isto é, seus professores, contemporâneos e sucessores nas ciências.

Nesta descrição, Kuhn faz menção ao trabalho dos historiadores e grupos de cientistas, responsáveis pela reprodução de fatos relacionados ao contexto histórico, sobre como deve ser feito e divulgado o estudo para que a percepção dos fatos não seja desviada da realidade. Trata-se da contextualização contemporânea dos fatos e análises passados, trabalho fundamental do educador, não como expositor, mas como facilitador do aprendizado.

### **2.3. A História da Ciência na formação docente**

Estudos relacionados à inserção da História da Ciência na formação docente são defendidos há algum tempo, pois se faz necessário formar pesquisadores e professores que contemplem os aspectos relacionados ao desenvolvimento do conhecimento da sua área, uma vez que o interesse pela contribuição da história da ciência vem se acentuando claramente (PRADO, 1989). Teodoro (2000, p. 250) corrobora com Prado (1989) quando descreve que:

As recomendações oriundas de encontros nacionais e internacionais de pesquisadores da área de Ensino de Ciências, de há muito vêm sinalizando para a necessidade da inserção da História e Filosofia da Ciência no ensino. Tais recomendações são embasadas em resultados de pesquisas. Entretanto, poucas são as experiências pedagógicas que saem efetivamente das discussões em nível teórico e chegam à sala de aula.

A necessidade de efetivar estas recomendações pode ser percebida por meio do relato de Gandolfi e Figueirôa (2013, p. 6), segundo os quais:

É importante salientar que esta escassez de propostas de integração entre a História da Ciência e o trabalho com diversas disciplinas no nível Superior, principalmente nos cursos de Licenciatura, pode acarretar a formação de professores, cientistas e de profissionais de outras áreas com uma visão deturpada da Ciência e das relações que ela apresenta com sociedade, economia, política, etc.

Segundo Rosa e Martins (2007, p. 336):

Voltar o olhar para os professores que participam da formação do licenciado, nos mostrou a necessidade dos Institutos pensarem em mecanismos de uma formação continuada para professores do ensino superior, que contemplem as discussões contemporâneas de História e Filosofia da Ciência. Existem muitos programas e investigações relativos à formação continuada de professores para a Educação Básica, mas devemos pensar também na Educação Superior.

Com relação a esta afirmativa, Carvalho (2004) ressalta que estudos relacionados à formação de professores mostram fatores de resistências às mudanças e dentre estes destacam-se as concepções que os professores têm sobre a natureza da ciência que ensinam.

## **2.4. O Ensino de Física a partir da Abordagem Histórica**

Sobre o Ensino de Física, a Sociedade Brasileira de Física (SBF) menciona que as linhas de pesquisas são refletidas diretamente nos temas de tendências e concentração

de interesses que variam de acordo com o período e com os centros de pesquisa. Segundo a SBF (1987, p. 285):

Recentemente a pesquisa tem convergido para compreender o aluno (com seus conceitos intuitivos ou espontâneos) em sua relação com a conceituação científica trazida pelo professor. Também nos últimos anos cresceu o enfoque social e histórico em detrimento do enfoque mais psicopedagógico dos anos anteriores.

Com relação a essa pesquisa, é necessária a formação de docentes igualmente qualificados em Física e Educação para que aconteça um desenvolvimento adequado do ensino desta ciência, pois *“aprendizado dos alunos e dos professores e seu contínuo aperfeiçoamento devem ser construção coletiva, num espaço de diálogo propiciado pela escola”* (BRASIL, 2000, p. 7).

Brasil (2000) relata que existe a expectativa de que o ensino de Física contribua para a formação de uma cultura científica eficiente, fornecendo subsídios e condições ao discente para fazer interpretações de fatos, fenômenos e processos naturais, localizando e dimensionando a interação entre ser humano e natureza como parte da própria transformação da natureza, considerando ser essencial que o conhecimento de física seja explicitado como um processo histórico, causa de contínua transformação e agregado às outras formas de expressão e criações humanas.

Robilotta (1988) descreve que a história teria um possível papel de se constituir como uma fonte de alternativa de interpretações do universo, passíveis de serem contrastadas com a versão oficial, ensinada nas escolas. Em consonância, Teodoro (2000) relata que a abordagem sobre a evolução dos modelos de mundo, que tratou de evidenciar como o conceito de atração gravitacional foi desenvolvido historicamente, possibilitou a observação de concepções alternativas.

Ao fazer uso da abordagem histórica, modelos científicos serão apresentados (no caso desta pesquisa, o modelo heliocêntrico, o movimento planetário e outros). Moreira *et al* (2007, p. 128) afirmam que:

A importância dos modelos científicos é bem aceita e documentada mesmo para os cientistas mais tradicionais. Assim, o entendimento da natureza dos modelos físicos e do processo de construção das leis e teorias é um componente fundamental na tentativa de superação de dificuldades de aprendizagem da física, tanto na universidade quanto no ensino fundamental e médio.

Com esta abordagem, quando levada para a sala de aula, Castro e Carvalho (1992) relatam que podemos arriscar que realmente a história é um objeto de

colaboração, uma vez que provoca desequilíbrios. Monteiro e Martins (2015) afirmam que a possibilidade de aprendizagem de conceitos científicos, ao fazer uso de uma abordagem histórico-filosófica, é um dos argumentos que favorecem a utilização desta didática.

Catarino *et al* (2013) descrevem a análise da evolução histórica de conceitos físicos como um caminho importante para a construção de um Ensino de Física crítico, pois a evolução destes conceitos é linear e cumulativa ao longo de sua história, além de ~~que~~ um exame feito de maneira detalhada revela a enorme dificuldade e riqueza de construções conceituais.

Gandolfi e Figueirôa (2015, p. 182) descrevem que o uso da abordagem da história da ciência:

Possibilita a análise de diferentes pontos de vista, contextos, períodos e relações históricas que, por sua vez, levam uma maior compreensão da Ciência como parte de nossa cultura e, claro, de nossa realidade social. As diversas facetas que o contato com a Ciência em sua origem e desenvolvimento histórico pode trazer à tona são valiosas para compreensão do complexo processo de pensamento, desenvolvimento e elucidação de um conhecimento científico ou de um conjunto de práticas.

## **2.5. O Livro Didático e a História da Ciência.**

Moreira e Axt (1986) descrevem que o livro didático é um conjunto de mensagens coerentes sobre ciências comunicadas e que estes trazem ênfases curriculares, ou seja, aquilo que é interessante para o período. Em colaboração, Junior e Mattos (2008) destacam que os livros didáticos são escritos conforme a necessidade institucional e o sistema de exames preparatórios.

O Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) tem o seu critério de avaliação dos exemplares estabelecido pelo DECRETO Nº 7.084, de 27 de janeiro de 2010. É preciso que o professor esteja atento à escolha destes, uma vez que, segundo Mato Grosso (2010, p. 62):

Ao fazer uma leitura cuidadosa de alguns livros didáticos para o Ensino Médio, constata-se que não há consenso sobre os conceitos importantes para essa fase escolar nem a profundidade ou a linguagem com que esses conceitos devem ser tratados. O receio é de que a Física seja marginalizada pelos aprendizes pela dificuldade de aprendizagem e por não relacioná-la aos fenômenos cotidianos.

Logo, por mais que haja critérios para a escolha dos exemplares, antes de serem enviados às escolas, o professor precisa fazer uma análise ponderada para a escolha do livro a ser adotado, de maneira que o docente não fique refém deste material, conforme destaca Demo (2002, p. 45):

A maneira mais segura de evitar esta decadência é produzir material próprio, implicando constante pesquisa, contraleitura sistemática, acompanhamento de perto dos avanços científicos e didáticos na área, participação de eventos, e assim por diante. Nenhum material didático pode ser tão decisivo quanto a presença dinâmica do próprio professor. Nenhum autor é tão indispensável quanto ele mesmo. Quer dizer, deve manejar todos os livros didáticos, mas não para esconder-se atrás deles, mas tornar-se, ainda mais e melhor, a orientação didática questionadora e reconstrutiva para os alunos.

É necessário que uma atitude assim seja adotada, considerando que muitos de nossos docentes se apoiam ferrenhamente a um único livro didático, fazendo com que a aula seja exatamente a reprodução do que nele está escrito (MOREIRA; AXT, 1986).

A revisão bibliográfica a ser feita no processo de escolha do material didático, neste caso o livro didático, precisa ser perspicaz, uma vez que, segundo Junior e Mattos (2006, p. 4):

A ciência não é caracterizada como historicamente construída, pois é posta nos livros como acabada sem uma postura indagadora. Ou seja, não há uma abordagem de como a ciência foi construída e trabalhada pelos cientistas, sendo o conteúdo uma mera reprodução e não transposição, onde predomina a memorização, caracterizada por um monólogo centrado no professor, cujo apenas é praticado o ensino bancário do conteúdo.

Silva e Teixeira (2009, p. 4) reforçam os argumentos de Junior e Mattos quando descrevem que:

Considerando a posição de destaque que o Livro Didático ocupa em sala de aula, afetada inclusive por interesses editoriais e governamentais, e considerando também o potencial que o uso da História da Ciência possui, é de fundamental importância verificar a forma pela qual este recurso se manifesta nos Livros Didáticos e que visão ou aspectos da Ciência têm sido comunicados por estes livros.

Entende-se que o Livro Didático é um material de grande expressão na prática docente, pois este é usado para planejamento de atividades, material de apoio na sala de aula e é uma fonte bibliográfica que os alunos têm em mãos para suas consultas. Nestes livros, ao averiguar sua eficiência, com relação à História da Ciência, há necessidade da

não distorção ou omissão do caráter coletivo e evolutivo da Ciência, neste caso a Física, que transmita ideias em desarmonia. Villatorre (2008) destaca a importância de o docente buscar informações que possibilitem a identificação da qualidade das interpretações históricas trazidas em fontes bibliográficas, que servirão como material didático, a fim de evitar alegorias que possam desvirtuar o aluno.

Segundo Gatti (2005, p. 36):

A maioria dos textos didáticos que pretendem utilizar a História da Ciência como subsídio para o ensino o fazem seguindo uma receita muito comum: datas marcantes e nomes ilustres. Os conhecimentos científicos são apresentados como uma progressão linear, fruto de descobertas realizadas por cientistas geniais.

Demo (2002) relata que o material didático, neste caso específico o livro didático, tem como finalidade provocar a criatividade e indicar pistas para aguçar o raciocínio. Diante de uma realidade em que as informações chegam por vários meios (TV, rádio, internet, celular etc.). Mato Grosso (2010) chama atenção para a grande quantidade de informações que os discentes recebem tanto dentro quanto fora da escola. No entanto, a escolha de um livro que contenha a abordagem histórica, que possibilite a compreensão e proporcione uma aprendizagem significativa do conteúdo a ser abordado é necessária, mas com o cuidado da não centralização no livro.

## **2.6. Thomas Kuhn sobre a História da Ciência**

Thomas Kuhn, físico por formação, teve o seu primeiro contato com a História da Ciência através de James B. Conant, sendo este presidente da Universidade de Harvard. Após este contato, iniciou-se a transformação da concepção que Kuhn tinha da natureza do progresso científico (KUHN, 1998) que, segundo Bucksdricker (2004, p. 27), são as mais básicas sobre a natureza da ciência, aprendidas por meio do treino científico e de um interesse recreativo pela filosofia da ciência.

Sobre a História, Kuhn escreve que (KUHN, 1998, p. 19):

Se a História fosse vista como um repositório para algo mais do que anedotas ou cronologias, poderia produzir uma transformação decisiva na imagem de ciência que atualmente nos domina. Mesmo os próprios cientistas têm haurido essa imagem principalmente no estudo das realizações científicas acabadas, tal como estão registradas nos clássicos e, mais recentemente, nos manuais que cada nova geração utiliza para aprender seu ofício. Contudo, o objetivo de tais livros é inevitavelmente persuasivo e pedagógico; um conceito de ciência deles haurido terá tantas probabilidades de assemelhar-se

ao empreendimento que os produziu como a imagem de uma cultura nacional obtida através de um folheto turístico ou um manual de línguas.

Esta menção descreve sobre a possibilidade de textos escritos de maneira figurativa e/ou enganosa sobre aspectos fundamentais da história. Em corroboração, Oliveira (2011, p. 37) relata que:

As concepções e as ideias de Thomas Kuhn a respeito da Ciência constituem um marco importante na perspectiva do desenvolvimento científico na medida em que se opõe a uma noção de Ciência explicativa, contínua e com caráter cumulativo normalmente apresentado em textos didáticos e passado durante a formação inicial dos cientistas ou pesquisadores.

Bucksdricker (2004) relata que Kuhn reivindica um papel para a história da ciência, de maneira que esta permita um olhar cuidadoso que poderia transformar radicalmente a imagem que temos da mesma. Contudo, não é qualquer historiografia que pode proporcionar esta transformação, mas somente uma nova forma de encarar a atividade histórica.

A partir do momento em que há esta reivindicação, Kuhn propõe uma nova visão para a ciência, na qual é elaborada uma crítica ao positivismo lógico na filosofia da ciência e à historiografia tradicional. Ostermann (1996, p. 185) menciona que:

Em particular, para Kuhn a ciência segue o seguinte modelo de desenvolvimento: uma sequência de períodos de ciência normal, nos quais a comunidade de pesquisadores adere a um paradigma, interrompidos por revoluções científicas (ciência extraordinária).

De acordo com a sequência, ciência normal, paradigma e revoluções científicas, mencionada por Ostermann (1996), Kuhn (1998) faz as seguintes definições:

- *Ciência normal*: significa a pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas, realizações estas que são reconhecidas durante algum tempo por alguma comunidade científica específica, ou seja, enquanto existir paradigmas;
- *Paradigmas*: realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência;

- *Revoluções científicas*: são aqueles episódios de desenvolvimento não cumulativo, nos quais um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior.

Segundo Bucksdriker (2004, p. 30):

Os paradigmas têm a sua eficácia restrita, contudo, àqueles períodos do empreendimento científico que Kuhn denomina ciência normal. Nesses períodos que se caracterizam justamente pela aceitação mais ou menos incondicional de um paradigma, este último orienta com precisão a tarefa de resolução de problemas: informando aos cientistas que caminhos devem ser seguidos e que caminhos devem ser evitados. Quando o que está em jogo é, porém, a própria autoridade dos paradigmas para orientar a pesquisa, os procedimentos paradigmáticos já não são suficientes.

É possível perceber que os paradigmas fornecem os problemas e que a ciência normal realiza pesquisas que possam responder ou confirmar aquela que é considerada, até então, uma problemática pelo paradigma. Como afirma Oliveira (2011, p. 42):

Os cientistas que trabalham a Ciência normal, que é a grande parte deles, são vistos como articuladores da teoria que se desdobram sobre determinados pontos problemáticos que não são resolvidos de imediato no momento da proposta da nova teoria, e essa atividade causa um acréscimo na especificidade da Ciência de tal forma que é impossível um cientista conhecer totalmente todas as aplicações e ramificações do seu próprio paradigma.

A prioridade de um paradigma pode ser aquela em que ele subordina a mente a antepor pontos e problemas que sejam mais relevantes para o seu desenvolvimento. Segundo Kuhn (1998, p. 71):

A esta altura deveria estar claro que os cientistas nunca aprendem conceitos, leis e teorias de uma forma abstrata e isoladamente. Em lugar disso, esses instrumentos intelectuais são, desde o início, encontrados numa unidade histórica e pedagogicamente anterior, onde são apresentados juntamente com suas aplicações e através delas. Uma nova teoria é sempre anunciada juntamente com suas aplicações a uma determinada gama concreta de fenômenos naturais; sem elas não poderia nem mesmo candidatar-se à aceitação científica.

Kuhn afirma que o cômico da anomalia possibilita o surgimento de novos fenômenos, assim como descobertas científicas, além de que uma consciência mais aprofundada de uma anomalia serve como pré-requisito para mudanças de teorias, desde que a nova teoria, ao surgir, proponha chances inquestionáveis de sucesso (OLIVEIRA,

2011). É neste momento que surge a revolução e que muitos dos problemas da ciência normal contemporânea passaram a existir somente após a revolução científica (OSTERMANN, 1996).

Ao descrever sobre a necessidade das revoluções científicas, Kuhn (1998) considera como revolução aquele episódio de desenvolvimento não cumulativo, no qual um paradigma mais antigo é parcial ou totalmente substituído por um novo, de forma que este seja incompatível com o antecessor.

Kuhn (1998, p. 138) afirma que:

A tradição científica normal que emerge de uma revolução científica é não somente incompatível, mas muitas vezes verdadeiramente incomensurável com aquela que a precedeu.

Para Kuhn (1998), se um historiador da ciência examinar pesquisas do passado a partir do ponto de vista da historiografia contemporânea, ele poderá sentir-se atraído em proclamar que, quando mudam os paradigmas, muda com eles o próprio mundo. Logo,

para que um exemplo histórico possa fazer com que essas experiências psicológicas pareçam relevantes, é preciso primeiro que atentemos para os tipos de provas que podemos ou não podemos esperar que a história nos forneça (KUHN, 1998, p. 148).

## **2.7. A descrição das teorias e seus autores**

### **2.7.1. Princípio do movimento – Idade Antiga**

A filosofia natural na Grécia antiga, definida ou entendida como "amor à sabedoria", indicou para a época o interesse pelo conhecimento de mundo em sua totalidade, tendo esta filosofia um significado de investigação racional em busca da verdade, tratando-se, entretanto, de uma atividade intelectual que buscava racionalmente o conhecimento.

Neste período, por volta do século III a.C., foi fundada a Biblioteca de Alexandria. Nesta, muitas foram as obras acumuladas em pergaminhos e papiros. Tanta foi a quantidade de obras ali colecionadas, pode-se dizer que, nela, tenha funcionado a primeira universidade do mundo.

Paulo (2009) escreve que um dos mais notáveis alunos dessa academia foi Arquimedes (287 – 212 a.C.) que, logo após receber uma sofisticada educação em Alexandria, passou a viver em Siracusa.

Desde a Idade Antiga (acredita-se ser com os babilônios), foi dado ênfase aos movimentos de corpos celestes, assim como o Sol, a Lua, os planetas e de outras estrelas observadas da Terra, uma vez que, se há vida, também há movimento.

Os pensadores gregos da época, tais como Tales de Mileto, Arquimedes e Eratóstenes, por intermédio de observações, desenvolveram sistemas que, anos depois, serviriam como base para a descrição dos movimentos dos corpos celestes. Eles entenderam os movimentos observados como parte significativamente relevante da "natureza das coisas".

Na idade antiga muitos foram os pensadores, mas enfatizaremos apenas os três citados no parágrafo anterior: Tales de Mileto, considerado o criador da geometria demonstrativa, da escola Jônica e um dos “sete sábios” da Grécia Antiga (LUNA, 2013). Arquimedes foi autor de várias obras, entre elas, destacamos “espirais”, estudo em que descreve sobre o movimento uniforme de um ponto ao longo de uma reta, e “corpos flutuantes”, obra na qual estabelece o princípio fundamental da hidrostática (ASSIS, 2008). Segundo Paulo (2009), Eratóstenes de Cirene (276 -194 a.C.) não somente construiu uma teoria avançada sobre a Terra no Universo, adotando o sistema heliocêntrico sugerido por Aristarco de Samos (~310 – 230 a.C.), mas mediu o raio da Terra, a distância da Terra à Lua e ao Sol (PAULO, 2009, p.69).

A contribuição do estudo destes serviu como aporte para o modelo heliocêntrico, proposto por Nicolau Copérnico, dezessete séculos depois, além de auxiliar, de maneira essencial, o estabelecimento das bases de duas áreas do conhecimento: a astronomia e a mecânica. Embora sejam duas as áreas mencionadas, astronomia e mecânica, os contextos usados aqui serão tais que possam exprimir, de forma coesa, a evolução e o entendimento dos movimentos enfatizando a mecânica.

Ainda que os sábios mencionados tenham vividos, alguns, em épocas diferentes, é preciso destacar que todos são descritos como cientistas que trabalharam um mesmo paradigma: a Cinemática.

### **2.7.2. Tales de Mileto**

Embora pouco se saiba sobre Tales (624 – 548 a.C.), muito se tem encontrado dele em referências sobre a História da Matemática. Em Luna (2013), está relatado ser ele o fundador da escola Jônica, formada por filósofos que acreditavam que todas as coisas eram originárias de uma mesma matéria prima, que pode ser sensorial e conhecida como a água e o ar, ou esquivada aos sentidos como o “apeíron”, dependendo do pensador (PEDUZZI, 2008).

Como a interpretação da matéria dependia do pensador em questão, Peduzzi (2008, p.11) explica que:

Tales foi precursor da ideia de que em que pese a diversidade das coisas todas se originam a partir de uma mesma substância, elegeu a água como princípio de tudo. Desconhece-se os reais motivos pelos quais Thales escolheu esse elemento, mas não é difícil especular-se o seu por que. Conhecedor do ciclo das cheias do Nilo e de sua importância para a agricultura ao recuperar a fertilidade do solo, constatando a presença da água nos vegetais, nos animais, no ar (que é água evaporada) e no céu, Thales via um mundo dependente da água, da umidade, e como tal é natural que pensasse que, a partir dela, tudo tivesse surgido.

O historiador Plutarco (século I d.C.) fez um relato a respeito da medição da altura de uma das pirâmides por Tales. Ele escreveu que (BONGIOVANNI, 2007, p.98):

“... limitando-te a colocar o bastão no limite da sombra lançada pela pirâmide, gerando o raio de sol tangente aos dois triângulos, demonstraste que a relação entre a primeira sombra e a segunda era a mesma que entre a pirâmide e o bastão”.

Na análise de como aconteceu a medição da pirâmide de Quéops, Santos (2012, p. 51) descreve que “Tales recorreu à projeção da sombra da pirâmide, provavelmente observou objetos de altura menor e foi visualizando até o momento em que a sombra do objeto era igual à altura em questão”; como ilustrado na figura 1.

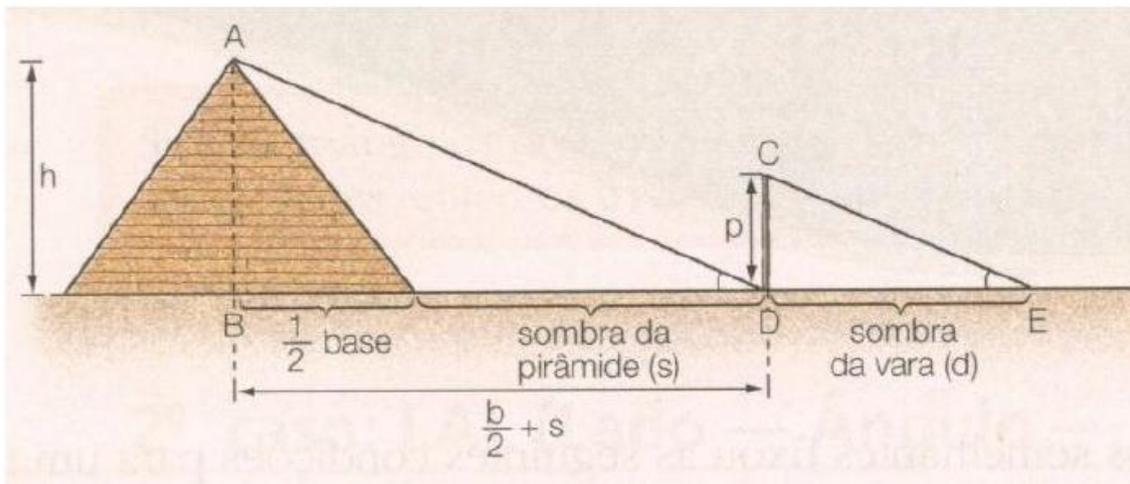


Figura 1; Análise para a medição da altura da Pirâmide de Quéops, com foco na semelhança de triângulos.

Fonte: Iezzi; Dolce; Machado, 2009.

Como os conceitos de semelhança de triângulos, razão e proporção, eram conhecidos por Tales, ele, então, desenvolveu o cálculo necessário para encontrar a altura da pirâmide (apêndice A). Assim como Tales, Eratóstenes também desenvolveu estudos usando os conhecimentos relacionados à razão e proporção (item 2.7.3).

### 2.7.3. Eratóstenes

Eratóstenes de Cirene (276 – 194 a.C.), nascido em Cirene e contemporâneo de Arquimedes, estudou em Alexandria, onde, após sua formação, passou a trabalhar na Biblioteca de Alexandria como diretor. Salinas (2002, p. 146) descreve que:

Como diretor da Biblioteca de Alexandria, Eratóstenes tinha acesso as melhores informações que podia obter-se naquela época. Por outra parte, era um grande matemático e um esperto observador, o que o levou a comprovar por si mesmo a validade das medições da Terra citadas por Aristóteles e calculadas por outros matemáticos, como era o caso de seu amigo e contemporâneo, Arquimedes.

Eratóstenes encontrou informações que afirmavam que, ao menos uma vez ao ano, no solstício de verão, ao meio dia, em Siene, os raios solares são verticais, visto que havia a ausência de sombra (NUSSENZVEIG, 2013, p. 25).

Segundo Nussenzveig (2013, p. 26),

No mesmo dia, e na hora em que a sombra de uma estaca vertical era a mais curta, em Alexandria, que fica ao norte de Siene sobre o mesmo meridiano, os raios solares faziam um ângulo  $\theta \approx 7,2^\circ$  com a vertical.

Com as informações obtidas na biblioteca onde trabalhava e conhecendo a distância entre Alexandria e Siene, Eratóstenes conseguiu determinar o raio da Terra. A figura 2 descreve o esquema utilizado para o cálculo de Eratóstenes.

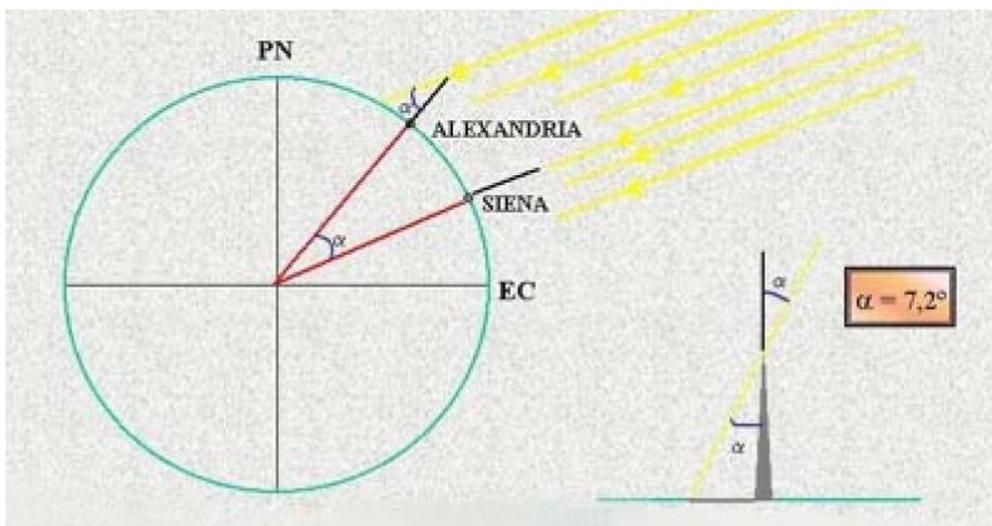


Figura 2; Cálculo do Meridiano Terrestre.  
Fonte: Bustos; Morales, 2008.

Assim como Tales, Eratóstenes também usou do conhecimento que tinha sobre proporcionalidade para determinar o raio da Terra. Eratóstenes pode ter utilizado informações locais que em um poço, localizado em Siene, no solstício de verão, a imagem do Sol era refletida pela água em seu fundo. Com essa técnica, Eratóstenes obteve o valor de 6.250 km para o raio da Terra (considerando 1 *stadia* = 157 m, sendo *stadia* uma medida de distância utilizada na época). A determinação de Eratóstenes foi referência para diversas outras investigações com a utilização da Geometria e parâmetro para as navegações (apêndice B). Eratóstenes e Arquimedes, além de contemporâneos, compartilharam obras de maneira que houvesse contribuição entre eles para a continuidade dos estudos desenvolvidos (item 2.7.4).

#### 2.7.4. Arquimedes

Arquimedes de Siracusa viveu de 287 a 212 a.C., tendo nascido e permanecido a maior parte de sua vida na cidade na costa da Sicília, atual Itália, mais precisamente

Siracusa, que, naquela época, era parte do mundo Grego. Considerado como um dos maiores sábios, se não o maior cientista, daquela época, Arquimedes passou algum tempo no Egito. Com isso acredita-se que ele tenha estudado em Alexandria, cidade que, na época, tinha aquela que foi considerada a maior biblioteca do período.

As obras e estudos desenvolvidos por Arquimedes eram enviados a Eratóstenes e Dositheo, matemáticos contemporâneos que tinham acesso ao museu de Alexandria (ASSIS, 2008). Dentre os trabalhos armazenados em Alexandria podemos citar: Princípio de Arquimedes (Lei do Empuxo), Centro de Gravidade e a Alavanca, dos quais faremos breves definições.

Sobre os Corpos Flutuantes, Assis (2008, p. 27) apresenta que:

Vai-se supor que um fluido tem tal propriedade que, suas partes estando situadas uniformemente e sendo contínuas, aquela parte que é menos pressionada é impelida pela parte que é mais pressionada; e que cada uma de suas partes é pressionada pelo fluido que está acima dela numa direção perpendicular se o fluido for afundado em qualquer coisa e comprimido por qualquer outra coisa.

A compreensão deste postulado é possível a partir de algumas proposições, conforme apresenta Assis (2008, p. 27 - 28):

Proposição 5: Qualquer sólido mais leve do que um fluido ficará, caso colocado no fluido, submerso de tal forma que o peso do sólido será igual ao peso do fluido deslocado.

Proposição 6: Se um sólido mais leve do que um fluido for forçadamente submerso nele, o sólido será impelido para cima com uma força igual à diferença entre seu peso e o peso do fluido deslocado.

Proposição 7: Um sólido mais pesado do que um fluido descera, se colocado nele, ao fundo do fluido, e o sólido será, quando pesado no fluido, mais leve do que seu peso real pelo peso do fluido deslocado.

Estas proposições fazem parte da primeira obra de Arquimedes conhecida como “Lei do Empuxo” ou “Princípio de Arquimedes”.

Em Halliday (2009, p. 66), o princípio de Arquimedes é definido da seguinte forma:

Quando um corpo está total ou parcialmente submerso em um fluido uma força de empuxo  $\vec{F}_E$  exercida pelo fluido age sobre o corpo. A força é dirigida para cima e tem um módulo igual ao peso  $m_f g$  do fluido deslocado pelo corpo.

Arquimedes também se dedicou a estudar sobre o equilíbrio de um corpo rígido solto do repouso, chegando ao desenvolvimento de mais dois conceitos: o *Centro de Gravidade* (CG) e a Alavanca (apêndice C).

O CG é um ponto de sustentação em que o corpo, ao ser suspenso por um fio, ou apoiado em uma base fixa, pode ser girado para todo e qualquer sentido. A partir deste ponto, esta sustentação permitirá que o corpo se mantenha em equilíbrio estático. No desenvolvimento deste estudo, Arquimedes usou corpos rígidos em formatos geométricos como círculo, retângulo, paralelogramo e triângulo. A alavanca, que também foi desenvolvida com base no equilíbrio, faz uso de um corpo rígido, geralmente linear, também capaz de girar sobre o seu eixo de sustentação cuja posição do eixo horizontal seja simétrico, ou assimétrico, fazendo uso de massas para equilibrar (ASSIS, 2008). Ainda que dezenove séculos antes de Galileu, Arquimedes foi um sábio cujas obras serviram como inspiração, assim como despertou a admiração de Galileu, devido as suas precisões, invenções e matemática utilizada.

### **2.7.5. Nicolau Copérnico**

Nicolau Copérnico nasceu em 19 de fevereiro de 1473, cerca de dezenove séculos após Tales de Mileto, mas, assim como Tales e Eratóstenes, teve como uma das referências o movimento solar e usou, também, o conhecimento de proporcionalidade. Nasceu em Thorn, na Polônia, filho de um comerciante também de nome Nicolau. Logo após a morte do seu pai, Copérnico, então com 10 anos de idade, passou a viver com o seu tio, irmão da sua mãe, o então bispo de Frauenburg, Lucas Waczenrode. Em 1491, Copérnico se matriculou na Universidade de Cracóvia, famosa pelos seus currículos de Astronomia, Matemática e Filosofia. Formou-se e viajou para a Itália onde estudou Direito e Medicina na Universidade de Bolonha, além de conhecer um famoso matemático e crítico de Ptolomeu, o professor Domenico Maria de Novara, do qual se tornou discípulo.

Em março de 1513, um ano após a morte do seu tio, Copérnico inicia a construção de seu observatório, uma torre, no qual utilizou instrumentos astronômicos, como quadrantes, paraláticos (instrumento utilizado para observar o movimento do oriente para o ocidente) e astrolábios para observar o sol, a lua e as estrelas. Segundo Neto (2008, p. 30):

Suas previsões sobre o movimento planetário baseavam-se ainda no *Almagesto* de Ptolomeu, um clássico que já vinha sofrendo correções e críticas no século XV por estudiosos como Nicolau de Cusa, George Peurbach e Johann Müller. Sua insatisfação se devia principalmente ao fato do modelo antigo não comportar a “regra do movimento absoluto”, segundo a qual tudo deveria se mover em torno do centro do Universo com velocidades constantes. Ele procurou impor uma modificação que fosse condizente com essa crença: assumir que a Terra fosse apenas mais um dos planetas que se movem em torno do Sol (NETO, 2008, p. 30).

O sistema geocêntrico, ou sistema de Ptolomeu, descreve a Terra como o centro do Universo, sendo este sistema adotado pela igreja, o qual tinha como base a trajetória feita pelo Sol durante o dia. Ptolomeu explicou o movimento dos planetas através de uma combinação de círculos, conforme a figura 3.

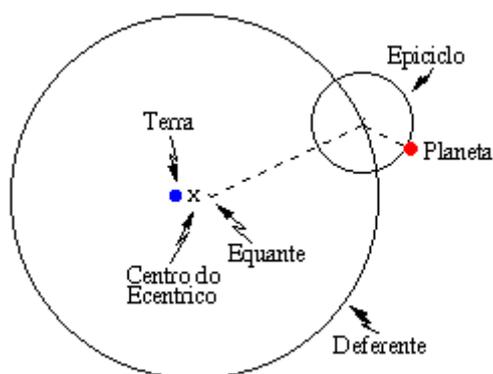


Figura 3; Sistema de Ptolomeu.

Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/p1/p1.htm#>

Segundo Copérnico, o planeta se move ao longo de um pequeno círculo chamado **epiciclo**, cujo centro se move em um círculo maior nomeado **deferente**. A Terra fica numa posição um pouco afastada do centro do deferente (portanto o deferente é um círculo excêntrico em relação à Terra). Para dar conta do movimento não uniforme dos planetas, Ptolomeu introduziu ainda o **equante**, que é um ponto ao lado do centro do deferente oposto à posição da Terra, em relação ao qual o centro do epiciclo se move a uma taxa uniforme. O sistema ptolomaico durou por 1300 anos, mas como já mencionado não agradava a Copérnico.

Hawking (2005, p.17) descreve que:

Copérnico acreditava que perturbações aparentes nos movimentos observáveis dos planetas eram resultados da rotação da própria Terra ao redor

de seu eixo e de seu movimento orbital. ‘Nos movemos ao redor do Sol’, concluiu em comentário, ‘como qualquer outro planeta’.

Embora Copérnico estivesse convencido da sua observação, ele tentou ao máximo postergar a divulgação das suas teorias por receio de sofrer inquisição por parte da igreja, uma vez que a mesma acreditava no modelo *geocêntrico*.

Ainda que Copérnico houvesse tentado evitar a publicação de suas observações em pequenos comentários, os seus primeiros trabalhos, que datam de 1514, tiveram circulação restrita, ou seja, apenas dentro do seu círculo de amizade. A restrição na circulação dos seus estudos aconteceu porque neles havia afirmações de que o Sol substituía a Terra como centro do universo, significando que a ela, além de circular ao redor do Sol com período anual, gira em torno do seu próprio eixo no movimento que, hoje, conhecemos como *movimento de rotação*. Copérnico assume, entretanto, que os corpos celestes possuem movimento circular e uniforme (LEISTER, 2008).

Hawking (2005, p. 17) afirma que:

Enquanto buscava descrição e prudência na divulgação da sua teoria, Copérnico dedicou o tempo em suas ideias de maneira reservada, explorando cálculos matemáticos e traçando diagramas elaborados.

A figura a seguir representa o modelo heliocêntrico proposto por Copérnico.

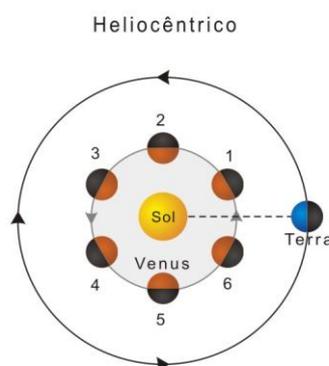
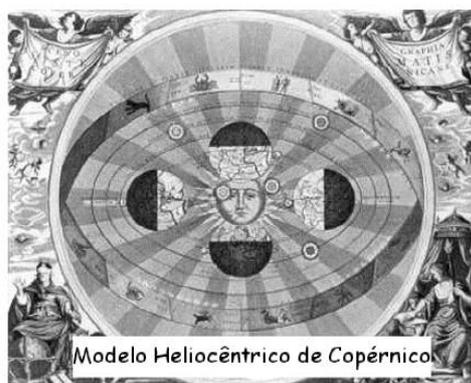


Figura 4; Modelo Heliocêntrico de Copérnico.  
Fontes: Leister, 2008; astro.if.ufrgs.br

O sistema heliocêntrico, segundo Nussenzveig (2013, p.236), permitiu a Copérnico deduzir, pela primeira vez, a escala relativa das distâncias dentro do sistema solar.

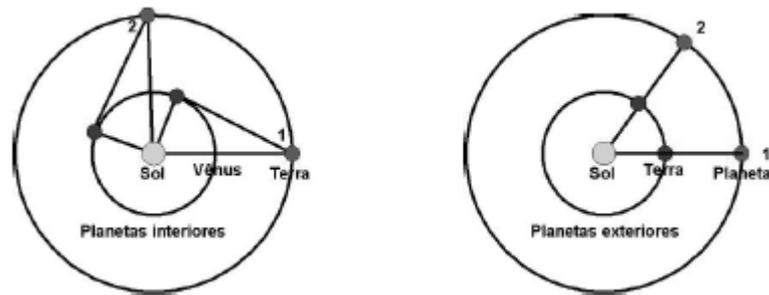


Figura 5; Planetas internos e externos na concepção de Copérnico.  
Fonte: Leister, 2008.

A figura 5 é uma representação da interpretação do Sistema Solar por Copérnico. Destas observações, foi possível calcular as distâncias dos planetas conforme descreve Leister (2008, p. 46), segundo o qual:

O cálculo das distâncias pode ser feito de maneira simples. Para os planetas internos, pela medida do ângulo entre as direções ao Sol e do planeta no momento de sua máxima elongação. Para os exteriores o método é aplicado de forma diferente. A partir do instante da oposição, registra-se o instante em que a Terra esta em sua máxima elongação.

Uma vez estimado o ângulo, é possível calcular o raio de cada planeta usando a expressão:

- $\text{sen}\theta = r_P / r_T$ , onde  $r_P$  é o raio da órbita do planeta e  $r_T$  é o raio da órbita da Terra, para o cálculo da órbita dos planetas internos; (Equação 10)
- $\text{sen}\theta = r_T / r_P$ , para o cálculo da órbita dos planetas externos. (Equação 11)

O ângulo  $\theta$  também pode ser definido a partir da razão  $s/r$ , sendo  $s$  o comprimento do arco descrito pelo movimento do planeta observado, posição inicial e final e  $r$  o raio (distância do planeta observado).

No entanto, ainda era preciso estabelecer uma maneira de ordenar os planetas e Copérnico o fez usando o intervalo de tempo que cada um deles levava para repetir a mesma configuração no céu, também conhecido como *período sinódico*. A partir desta informação, foi possível calcular o período de translação (período sideral) dos demais planetas, considerando que o da Terra já era conhecido. Para ordenar as posições de cada planeta, Copérnico usou as seguintes expressões:

$$1/S = 1/P - 1/E \text{ para os planetas internos;} \quad (\text{Equação 12})$$

$$1/S = 1/E - 1/P \text{ para os planetas externos;} \quad (\text{Equação 13})$$

sendo  $S$  período sinódico, tempo que o planeta leva para descrever a mesma constelação,  $P$  período sideral ou período de translação dos demais planetas e  $E$  período de translação da Terra.

Sobre esse estudo, Hawking (2005, p18) faz a seguinte ressalva:

Ainda assim, Copérnico não havia feito nada para resolver o problema mais importante que um sistema no qual a Terra gira ao redor do seu próprio eixo (e se move ao redor do Sol) confrontava, ou seja, como era possível para os corpos terrestres permanecerem presos à Terra em rotação.

Como descrito por Hawking (2005), Copérnico não havia conseguido demonstrar por qual motivo os corpos permaneciam presos à Terra se ela se movia. Um contemporâneo e apreciador de seus estudos, vinte e um anos depois da sua morte, começa, então, a descrever sobre os fenômenos que justificavam o motivo dos corpos permanecerem presos à Terra ainda que ela se movesse; este contemporâneo é Galileu Galilei.

#### **2.7.6. Galileu Galilei**

Galileu nasceu em Pisa, no dia 18 de fevereiro de 1564, filho de Vincenzo Galilei, que era músico e matemático. A família se mudou para Florença quando Galileu ainda era jovem e foi em um mosteiro florentino que ele começou seus estudos. Desde cedo, Galileu já demonstrava facilidade para matemática e interesse em mecânica, mas seu pai o enviou para a Universidade de Pisa em 1581 para estudar medicina e filosofia aristotélica.

Ainda sobre sua formação, Hawking (2005) descreve que era pouco ou nenhum o interesse que Galileu tinha pela medicina, retornando a Florença para estudar e ensinar matemática, inspirando-se principalmente no gênio matemático Arquimedes. No ano de 1589, tornou-se professor de matemática na Universidade de Pisa. Em 1597, começa a se corresponder com Johannes Kepler, após ter lido o seu livro *Mistérios do cosmos*, interessando-se pela visão que Kepler tinha da teoria heliocêntrica de Copérnico.

Ainda que encantado com a teoria copernicana, somente no início do século XVII é que Galileu começa a defendê-la, pois, em 1608, o holandês Hans Lipperhey inventa o telescópio, que Galileu tratou de aperfeiçoar em 1609 e, logo após o aperfeiçoamento, aponta o objeto para o céu e passa a observá-lo. Uma das observações feitas foi da lua. Segundo Nussenzveig (2013, p. 243), Copérnico interpreta que:

A lua não era uma esfera perfeita como pretendiam os aristotélicos, pois tinha vales profundos e cadeias de montanhas elevadas; os quatro satélites de Júpiter; observou que Vênus apresentava “fases”, como a lua.

Ainda no século XVII, Galileu (HAWKING, 2005 p. 56) “começou a elaborar um modelo para a descrição do movimento de corpos em queda livre”. No entanto, uma representação experimental para a época era muito difícil, uma vez que o tempo de queda é de intervalos muito curtos.

Conforme relata Nussenzveig (2013, p. 57):

Galileu resolveu esta dificuldade diminuindo a aceleração com o auxílio de um plano inclinado. Em lugar de medir a velocidade em função do tempo, o que teria sido muito difícil, mediu a distância percorrida por um objeto descendo um plano inclinado a partir do repouso, mostrando que cresce com o quadrado do tempo.

A partir da observação do plano, Galileu começa a descrever representações matemáticas para este experimento (apêndice D). Conforme já descrito, Galileu e Kepler mantinham contato sobre os estudos realizados, uma vez que ambos eram apreciadores dos estudos deixados por Copérnico.

### **2.7.7. Johannes Kepler**

Johannes Kepler nasceu na cidade de Weil der Statdt em Württemberg, na Alemanha, no dia 27 de dezembro de 1571. No ano de 1587, ingressou na Universidade de Tubingen, onde estudou teologia e filosofia, assim como matemática e astronomia. Segundo Peduzzi (2008, p. 48), “foi neste período que Kepler fez suas primeiras descobertas que o levaram à chave do problema dos movimentos planetários, os quais definia como movimentos circulares e uniformes”. Kepler foi um apreciador das obras de Copérnico, seus estudos foram desenvolvidos e alguns compartilhados com seu contemporâneo Galileu Galilei. Como descreve Hawking (2005), ao publicar premissas de sua obra Mistérios do Cosmos, Kepler envia uma cópia a Galileu.

As descobertas que resultaram nas três leis que levam o seu nome (primeira, segunda e terceira leis de Kepler) tiveram como início a observação feita para descrever a órbita de Marte. Para tal, foram usados dados observacionais de um planeta, neste caso a Terra, por um período marciano, conforme mostra a figura 6.

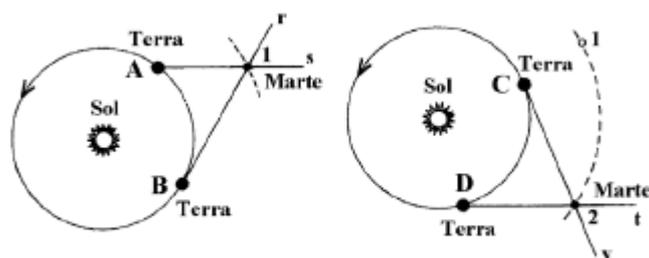


Figura 6; Movimento da órbita de Marte.

Fonte: Peduzzi, 2008.

As observações feitas a partir do movimento da órbita de Marte permitiram a Kepler descrever sobre o movimento planetário, que fora descrito como uma elipse, mas dependendo do planeta a ser observado esta elipse era vista aproximadamente como um círculo, o que possibilitou a Kepler a descrição da órbita de um planeta a partir da excentricidade de uma elipse (1ª lei). Fazendo uso da excentricidade, foi possível descrever que o Sol não estava posicionado exatamente no centro da elipse, o que possibilitou a descrição e percepção de que um planeta em um determinado momento estava mais próximo e, em outro, mais distante do Sol. A partir desta análise, Kepler então descreve a 2ª lei. A descrição da 3ª lei surgiu com os dados obtidos nas duas leis anteriores, uma vez que, ao saber o período de revolução e a distância entre o planeta e o Sol, Kepler descreve que há uma razão numérica comum entre todos. Maiores detalhes das leis de Kepler, como cálculos e definições, estão apresentados no apêndice E. Neste mesmo apêndice, será possível perceber as contribuições deixadas por Kepler que ajudaram Newton no estudo e descoberta da Lei da Gravitação Universal.

### 2.7.8. Isaac Newton

Isaac Newton nasceu em Woolsthorpe, no dia 25 de dezembro de 1642, três meses depois da morte do seu pai. Logo foi morar com o seu tio Willian e no ano de 1661 se matriculou na Universidade de Cambridge, onde ele conheceu e se encantou com os estudos de Copérnico, Galileu e Kepler. Tamanha foi a admiração que Newton redigiu a seguinte frase: “Se vi mais longe foi porque estava sobre os ombros de gigantes”, em reconhecimento às descobertas científicas dos três. Ainda em Cambridge, no ano de 1669, Isaac Newton começou a dar aula de matemática, após a saída de Isaac Barrow, professor Lucasiano de Matemática, que deixou de ser professor para estudar

teologia e deixou Newton em seu lugar, uma vez que reconheceu o seu talento com a matemática (HAWKING, 2005).

O reconhecimento matemático de Newton aconteceu em 1665 e 1666, ano que ele descobriu o método para resolver problemas de curvaturas, denominando o mesmo de método direto dos fluxões (cálculo diferencial) e método inverso dos fluxões (cálculo integral). Ainda em 1666, ele começa a formar teorias sobre o movimento, motivado pelas leis de Kepler, conforme afirma Hawking (2005):

Newton se propôs a descobrir a causa das órbitas elípticas dos planetas. Por meio da aplicação de sua própria lei da força centrífuga à terceira lei Kepler do movimento planetário, ele deduziu a lei do inverso do quadrado, que diz que a força da gravidade entre dois objetos é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os centros destes objetos. Newton estava, portanto, começando a perceber que a lei da gravitação é universal (HAWKING, 2005, p. 154).

A descoberta foi feita para diversos planetas, pois a excentricidade da órbita elíptica está entre 0 e 1, de modo que, quanto mais próximo de 0, pode tornar a órbita circular. Considerando-se a aproximação da órbita elíptica para uma órbita circular, é possível fazer a reconstrução do argumento de Newton para a determinação da lei da gravitação universal (NUSSENZVEIG, 2013).

Ao propor a descoberta da causa das órbitas elípticas dos planetas, Newton descreve a Lei Gravitacional Universal. Assim como também as três leis que levam o seu nome, sendo a primeira descrevendo sobre o comportamento de um corpo em repouso ou em movimento, a segunda sobre a quantidade de movimento a partir da ação de uma força e a terceira que descreve o comportamento de dois corpos em colisão (apêndice F).

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1. A formação do professor que ministra Física.**

Para descrever sobre o professor que ensina Física, foi preciso saber sobre a sua formação docente (AGÊNCIA BRASIL, 2015; ANUÁRIO BRASILEIRO DA EDUCAÇÃO BÁSICA, 2016). O uso de documentos oficiais para redigir e direcionar situações mínimas para a prática docente, assim como acompanhar e divulgar dados estatísticos mediante o censo escolar, todos visando melhoria na Educação Básica,

permitiu a visualização e o entendimento das necessidades existentes na formação docente em Física e na formação complementar para aqueles que não são habilitados em Física.

Nas tabelas a seguir, destacaremos as formações dos profissionais da educação conforme o Anuário Brasileiro da Educação Brasileira (2016):

Tabela 01: Porcentagem de professores da Educação Básica nacional com curso superior

Ano	Com curso superior	Com licenciatura	Sem licenciatura	Bacharel com complementação pedagógica
2014	76,1%	67,7%	4,4%	4%
	1.664.218	1.479.799	96.692	87.727

Fonte: MEC/INEP/DEED/CENSO ESCOLAR/PREPARAÇÃO: TODOS PELA EDUCAÇÃO

A tabela 01 apresenta informações nacionais relacionadas à quantidade de docentes que trabalham em sala de aula com formação superior. É preciso informar que a quantidade de docentes com nível superior no Brasil, em 2014, atuando na educação básica é de 2.186.883. Destes, 76,1% (1.664.218) têm formação superior e 67,7% (1.479.799) possuem licenciatura. No Ensino Médio, até o ano de 2014, a quantidade de professores que lecionavam e tinham nível superior era de 92,9% (487.321). A tabela 2 apresenta os que lecionavam a disciplina de Física.

Tabela 02: Quantidade nacional de professores que atuam na disciplina de Física no Ensino Médio

Ano	Total	Com superior	Com licenciatura	Com licenciatura ou bacharelado com complementação pedagógica na área em que atua
2014	100%	95,9%	77%	27,6%
	51.089	48.997	39.341	14.114

Fonte: MEC/INEP/DEED/CENSO ESCOLAR/ PREPARAÇÃO: TODOS PELA EDUCAÇÃO

Em nível estadual, a porcentagem de professores da educação básica, com formação superior, no estado de Mato Grosso, até 2014, era de 87,7%, ou seja, 30.770 professores, dos quais 66,5% (23.320) eram formados em licenciatura e 21,2% (7.458) sem licenciatura.

No Estado de Mato Grosso, 95,5% (9.767) dos professores que lecionam no Ensino Médio possuem graduação, destes professores, formados em Física, temos 1.533 entre licenciados, bacharelados e licenciados em outras disciplinas com complementação pedagógica.

Tabela 03: Professores formados em Física que atuam no Estado de Mato Grosso

Ano	Total	Com Superior	Com Licenciatura	Com licenciatura ou bacharelado com complementação pedagógica na área em que atua
2014	100%	92,8%	69,9%	27%
	1.533	1.424	1.073	415

Fonte: MEC/INEP/DEED/CENSO ESCOLAR/ PREPARAÇÃO: TODOS PELA EDUCAÇÃO

Santos e Curi (2012) destacam em sua pesquisa sobre formação de professores que ministram aula de Física que, de um total de 44.566 docentes de Física no Brasil, 12.355 (27,7%) são licenciados nesta disciplina e 15.170 (34%) são formados em Matemática.

Com relação ao censo de 2015, sobre a formação dos professores que ministram aula de Física, foi encontrado no sítio da Agência Brasil, em uma reportagem do dia 28/03/2016 descoberta no endereço eletrônico da Agência Brasil, a informação destacando que, nas escolas públicas do Brasil, 200.816 professores lecionam aulas em disciplinas nas quais não são formados, considerando que 518.313 é a quantidade de professores. Isso implica dizer que 38,7% são docentes não formados na disciplina que ministram. Descrevem ainda que a maior lacuna está em Física, sendo um total de 27.886 professores que lecionam Física, dos quais 19.161 não tem licenciatura na disciplina.

As informações destacadas anteriormente nos permitem entender de que existe uma grande demanda de professores que lecionam em áreas diferentes de sua formação, neste caso mais específico, docentes ensinando Física, mas com formação em Matemática. Santos e Curi (2012, p. 842), com certa preocupação, descrevem:

A análise das ementas das instituições aponta que estas priorizam conteúdos do Ensino Médio: há grande concentração nos conteúdos de cinemática, dinâmica e eletricidade, seguidos de termologia e calorimetria, com menor enfoque nos conteúdos de ondas e óptica. E um olhar para a bibliografia das referidas ementas leva a conjecturar que é dado a esses conteúdos um tratamento de revisão, sem maiores aprofundamentos.

Esta análise foi feita com base no ensino de Física nos cursos de licenciatura em Matemática. É preciso destacar que os encargos de Física atribuídos a professores formados em Matemática não é recente. Na década de 50, grande parte dos professores de Física ou era licenciado em Matemática ou era aluno de Matemática (CANIATO, 1973).

Nos cursos de licenciaturas em Matemática, a carga horária da disciplina de Física é considerada pouca, e ainda tem a questão do uso da Matemática, sem fundamentação teórica ou contextualização do conceito estudado. Professores de qualquer nível relatam que sem conhecimento em Matemática não é possível uma boa compreensão dos conceitos de Física. E para que conceitos físicos possam ser bem assentados, o conhecimento matemático deve ser de uma base sólida e consistente (PIETROCOLA, 2002). Porém, apesar da importância da Matemática, a análise dos fenômenos físicos é essencial para a compreensão dos fatos.

Segundo Ostermann e Moreira (2001), é necessário formar professores críticos em relação ao currículo de Física e dar-lhes ferramentas que possibilitem enfrentar atualizações curriculares.

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1 Procedimentos Metodológicos**

A princípio, para responder ao problema “Quais as contribuições do uso da História da Ciência para a contextualização do Ensino de Física de forma que os docentes, no cumprimento da sua função, possam tornar possível aos discentes entender a necessidade do uso da Matemática para a interpretação dos fenômenos?”, foi usado o método qualitativo, para o qual Bogdan e Biklen (1994) descrevem cinco características que fornecem subsídios para o objeto de pesquisa:

- 1. Na investigação qualitativa, a fonte de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal;*
- 2. A investigação qualitativa é essencialmente descritiva;*
- 3. Os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos;*

4. *Os investigadores qualitativos tendem a analisar os seus dados de forma indutiva;*

5. *O significado é de importância vital na abordagem qualitativa.*

Nesta pesquisa, a coleta de dados foi feita em dois momentos, sendo o primeiro momento em um estudo dirigido e o segundo em uma oficina, em que abordamos contextos históricos dos quais foi possível evidenciar fenômenos semelhantes que subsidiaram, no passar dos tempos, a teoria do movimento de Newton, fazendo uso de um questionário de entrada e outro de saída, que está descrito na análise de dados.

No estudo dirigido foram estudados teorias e postulados que contribuíram para tal evolução usando modelos a partir de:

Tales de Mileto (624 – 548 a.C.) – medição da altura a partir da sombra projetada; relações de proporcionalidade;

Eratóstenes (276 – 194 a.C.) – Assim como Tales, Eratóstenes também fez medição a partir da projeção da sombra, foi o primeiro cientista a mensurar o raio da Terra;

Arquimedes (287 – 212 a.C.) – Centro de Gravidade, Lei da Alavanca;

Copérnico (1473 – 1543) – Os planetas e o Sol não se movem em torno da Terra, modelo Heliocêntrico;

Galileu (1564 – 1642) – As leis fundamentais do movimento – queda livre e inércia;

Kepler (1571 – 1630) – As Leis de Kepler;

Newton (1642 – 1727) – Leis do Movimento (Mecânica Clássica).

Na oficina, os experimentos propostos foram:

**Medindo a Terra:** neste experimento, o objetivo foi simular o cálculo do diâmetro da Terra a partir de materiais simples, do dia a dia, usando como referência o método utilizado por Eratóstenes;

**Pêndulo Simples:** o objetivo é possibilitar o cálculo de “g” a partir da oscilação de um pêndulo simples;

**Carrinho na rampa:** este experimento foi executado com o objetivo de oportunizar aos participantes a compreensão do fenômeno da Conservação de Energia Mecânica;

Para a realização dos experimentos propostos na Oficina foram disponibilizados as teorias e os materiais, ambos colocados juntos sobre uma mesa e deixados à disposição dos participantes. O roteiro disponibilizado a cada grupo continha os conceitos importantes para obtenção dos dados necessários, mas não apresentava os materiais necessários para execução dos experimentos. Cada grupo era, portanto, responsável por fazer a escolha adequada dos materiais para realização da atividade. Os grupos foram responsáveis por escolher o tema a ser trabalhado e, a partir do tema, definir quais materiais seriam utilizados para simular e/ou verificar as teorias escolhidas. Neste momento, o conhecimento prévio dos participantes foi, então, colocado em prova, de maneira que, para alguns, só foi possível perceber ou visualizar o material a ser utilizado na realização do experimento escolhido quando, em vez de respostas às suas perguntas, os pesquisadores lhes fizeram outra pergunta, conforme o método da maiêutica de Sócrates. Os pesquisadores agiram da mesma forma com relação às dúvidas sobre os materiais a serem utilizados em cada um dos experimentos. Logo, ao deixar o material disponível de maneira aleatória, foi permitido aplicar as teorias da Aprendizagem Significativa e da Aprendizagem Significativa Crítica.

## **4.2. Universo da Pesquisa**

A pesquisa foi desenvolvida em dois momentos, sendo um estudo dirigido e uma oficina.

O estudo dirigido foi ofertado a uma escola estadual de Educação Básica, em Nível Médio, do município de Alto Paraguai – MT. A escola funciona nos três períodos. O segundo e o terceiro anos ofertados no período matutino; o primeiro ano no período vespertino; e a EJA funciona no período noturno. No quadro de professores, há um total de 18, mas apenas 4 participaram, sendo 3 formados em Matemática e 1 cursando Química, ou seja, nenhum deles são formados ou tem formação em Física. A coleta de dados aconteceu com a aplicação de questionários de entrada e saída.

Quadro 1 - Apresentação do Questionário de entrada (Estudo Dirigido), que teve como objetivo conhecer o público envolvido, coletando suas identificações e caracterizações

Questionário de entrada ao início do Estudo Dirigido

Pergunta 1. Qual disciplina você leciona? Há quanto tempo está lecionando esta disciplina?

Pergunta 2. Na sua graduação e/ou formação continuada, você teve contato com a História da Ciência?

Pergunta 3. Com relação à pergunta 2 descreva sobre o quanto foi estudado e discorra sobre algum assunto relacionado à História da Ciência.

Pergunta 4. Neste tempo de docência, você já usou alguma abordagem histórica no início ou durante ou no final de um conteúdo? Em que esta abordagem lhe foi útil?

Fonte: Autor, 2016.

Quadro 2 - Apresentação do Questionário de saída (Estudo Dirigido), que teve como objetivo coletar opiniões dos participantes sobre o contexto histórico usado

Questionário de saída ao final Estudo Dirigido

Pergunta 1. De que maneira as informações discutidas e estudadas nesta oficina poderão ajudar em sua ação docente?

Pergunta 2. Você considera possível que uma abordagem histórica viabilize o entendimento da necessidade do uso da Matemática para a interpretação dos fenômenos naturais?

Pergunta 3. Ao usar a História da Ciência, a visualização do fenômeno e o método usado para descrevê-lo são melhor entendidos?

Pergunta 4. Na abordagem histórica percebesse que algumas descobertas surgiram com a necessidade do homem em compreender o mundo em que vive, é possível nesta percepção despertar no aluno o desejo por descoberta?

Pergunta 5. A partir dos estudos que aconteceram sobre o uso da História da Ciência na prática docente, descreva uma proposta de ensino.

Fonte: Autor, 2016.

A oficina foi ofertada na VII semana de Investigação da PPGECCN no Instituto de Física na UFMT, campus de Cuiabá. Neste evento estiveram presentes 10 professores das áreas de Ciências Naturais, 01 da Matemática, 01 da Linguagem e 02 da Unidocência, docentes em todos os níveis de ensino. Na oficina também foi aplicado um questionário para a coleta de dados.

### Quadro 3 - Apresentação do Questionário de entrada na oficina da VII Semana de Investigação

#### Questionário de entrada ao início da Oficina

Pergunta 1. Qual disciplina você leciona? Há quanto tempo está lecionando esta disciplina?

Pergunta 2. Na sua graduação e/ou formação continuada, você teve contato com a História da Ciência?

Pergunta 3. Com relação a pergunta 2, descreva sobre o quanto foi estudado e discorra sobre algum assunto relacionado a História da Ciência.

Pergunta 4. Neste tempo de docência você já usou alguma abordagem histórica no início ou durante ou no final de um conteúdo? Em que esta abordagem lhe foi útil?

Fonte: Autor, 2016.

### Quadro 4 - Apresentação do Questionário de saída aplicado na oficina da VII Semana de Investigação

#### Questionário de saída ao final da Oficina

Pergunta 1. A abordagem histórica encontrada no contexto do experimento possibilita a contextualização do assunto? De que maneira as informações discutidas e estudadas nesta oficina poderão ajudar em sua ação docente?

Pergunta 2. Você considera possível que uma abordagem histórica viabilize o entendimento da necessidade do uso da Matemática para a interpretação dos fenômenos naturais?

Pergunta 3. Ao usar a História da Ciência, a visualização do fenômeno e o método usado para descrevê-lo são melhores entendidos?

Pergunta 4. Na abordagem histórica, percebe-se que algumas descobertas surgiram com a necessidade do homem em compreender o mundo em que vive.

4a. Foi possível nesta percepção despertar em você o desejo por descoberta?

4b. Caso você trabalhe em sala de aula, é possível nesta percepção despertar no aluno o desejo por descoberta?

Pergunta 5. Sobre o uso da História da Ciência, a partir do contexto histórico na descrição do experimento, descreva, sucintamente, uma proposta de ensino.

Fonte: Autor, 2016.

## 4.3. O Evento

O evento foi dividido em dois momentos, um estudo dirigido, que abordou algumas teorias e postulados elaborados por Talles de Mileto (retas paralelas), por Eratóstenes (raio da Terra), por Arquimedes (Lei do Empuxo ou Princípio de Arquimedes, o Centro de Gravidade, e a Alavanca), por Nicolau Copérnico (Modelo Planetário), por Galileu (Queda dos Corpos), por Johannes Kepler (Movimento dos

Planetas) e por Isaac Newton (Mecânica Clássica); e uma oficina que tratou a respeito das teorias e postulados elaborados por Eratóstenes (Medindo a Terra) e por Galileu (Pêndulo Simples e Conservação da Energia Mecânica).

Os conteúdos abordados correspondem ao tópico de Mecânica, evidenciando o princípio do movimento. A elaboração do material aplicado, no Estudo Dirigido e na Oficina, foi desenvolvida com o objetivo de promover o processo de aprendizagem significativa, ou seja, um material desenvolvido de maneira não arbitrária e não literal (AUSUBEL, 2000).

A escolha dos textos históricos seguiu critérios segundo Kuhn (1998), que descreve sua preocupação pelo fato de a História estar sendo escrita de maneira acumulativa, com quase igual regularidade, isto é, quando exemplifica as leis e teorias como se fossem sequências ininterruptas, acumulativas. Deixando de mencionar as anomalias (crises) ou interrupções acontecidas pelo fato de uma comunidade científica não encontrar mais respostas para aquelas perguntas que permitia o estudo para aquele momento.

#### **4.4 O Produto Educacional**

O Produto Educacional foi desenvolvido no intuito de oferecer uma linha do tempo com sábios que desenvolveram estudos semelhantes sobre o estudo do movimento para que, ao abordar o Ensino de Física a partir do contexto histórico, este pudesse perceber a evolução e a necessidade de mudanças que a existe na Ciência, um trabalho escrito sobre uma essência de ter a História como mediadora entre os conceitos da Física com a Matemática. Para escrever esta essência escolhemos o formato em HQ (História em Quadrinhos), em que a história é narrada pelo próprio pesquisador.

Os personagens deste HQ são sete sábios dos quais tinham em comum a paixão pela ciência, sendo eles, Tales de Mileto, Eratóstenes de Cirene, Arquimedes de Siracusa, Nicolau Copérnico, Galileu Galilei, Johannes Kepler e Isaac Newton, sendo este último o motivo da escolha dos outros seis. Todos eles viviam a observar a natureza, usando a Matemática como ferramenta para descrever o que viam.

A escolha destes sete sábios se deu devido à condição da sequência que suas obras permitem na contextualização de fatos históricos, que subsidiaram a Lei dos

Movimentos de Newton, mas que, também, já fizessem parte, em sua maioria, dos contextos encontrados nos livros didáticos.

A ideia do uso da abordagem histórica para contextualizar o ensino das Leis de Newton recebe como aporte autores como Castro e Carvalho (1992), Monteiro e Martins (2015) e outros, que descrevem sobre a inserção da história na prática de Ensino de Física, como uma proposta didática de tornar o conteúdo científico mais interessante e compreensível.

## **5. RESULTADO E DISCUSSÃO**

A História da Ciência pode se mostrar uma excelente ferramenta para o Ensino de Ciências e, mais especificamente, de Física. Com o intuito de observar o uso dessa ferramenta, foram utilizados dois momentos distintos: um Estudo Dirigido, realizado no município de Alto Paraguai, e uma Oficina, durante a VII semana de investigação do PPGE-CN no Instituto de Física na UFMT. O público-alvo do Estudo Dirigido foram professores da área de Exatas e da Semana de Investigação, professores e estudantes de pós-graduação em Ciências, no geral. Embora distintos na forma e na aplicação, tais aplicações tiveram como objetivo verificar se e como a História da Ciência tem sido utilizada em sala de aula. Além das observações diretas dos participantes em cada uma das atividades, foi elaborado um questionário para cada momento, cujo intuito foi verificar a aplicação dos conceitos de Ciências pelos professores.

Neste capítulo será feita a análise, a partir dos questionários de entrada e de saída. Salientamos que o questionário de entrada teve como um dos objetivos conhecer o público envolvido, uma estratégia usada para perceber o que os participantes já tinham como conhecimento prévio, sendo esta uma das observações a ser feita para a aplicação e desenvolvimento das teorias da Aprendizagem Significativa e da Aprendizagem Significativa Crítica.

### **5.1. O Estudo Dirigido**

O estudo dirigido realizado na Escola de Ensino Médio usou como tema a História da Ciência, com a finalidade de possibilitar a contextualização do ensino de Física, de maneira que foi feita uma linha do tempo com alguns contemporâneos e

colaboradores para a fundamentação e evolução da Mecânica Clássica de Newton. Os envolvidos no estudo foram professores da Educação Básica do município de Alto Paraguai – MT, dos quais três são formados em Matemática, com tempo de docência de 3 meses; 4 anos e 24 anos; e um formando em Química com 2 meses de docência.

No primeiro Módulo do Estudo Dirigido, os quatro professores responderam ao questionário de entrada, cujas perguntas estão apresentadas no Quadro 1.

Nesse estudo, embora a quantidade de professores participantes não fosse maior do que quatro, suas respostas foram significativas, uma vez que esses docentes representam os responsáveis pelo ensino de Ciências no município e, com isso, podem influenciar e incentivar praticamente todos os jovens da região. Suas respostas, portanto, serão muito importantes para o diagnóstico de aplicação da História da Ciência no Ensino Básico do município e arredores. Os quadros a seguir apresentam as respostas dos professores às perguntas do questionário de entrada (ver quadro 1). Os participantes serão identificados com as referências de P1 a P4 para omissão de seus nomes.

Quadro 5 - A disciplina e o tempo em que o docente leciona (Estudo dirigido)

Entrevistado	1. Qual disciplina você leciona? Há quanto tempo está lecionando esta disciplina?	
P1	Matemática e Física	24 anos
P2	Matemática	3 meses
P3	Química	2 meses
P4	Matemática, Física, Ciências	Matemática 4 anos. Física e Ciências uns 2 anos.

Fonte: Autor, 2016.

Quadro 6 - O contato com a História da Ciência na formação (Estudo dirigido)

Entrevistado	2. Na sua graduação e/ou formação continuada, você teve contato com a História da Ciência?
P1	Sim, mas não com muito aprofundamento nos mais variados temas.

P2	Não.
P3	Não.
P4	Não.

Fonte: Autor, 2016.

Quadro 7 - Descrição do quanto estudou da História da Ciência (Estudo dirigido)

Entrevistado	3. Com relação a pergunta 2 descreva sobre o quanto foi estudado e discorra sobre algum assunto relacionado a História da Ciência.
P1	Não mais de 4 ou 5 aulas. Os assuntos estudados foram sobre a história dos números, teoria da relatividade, teoria do big bang, história dos algarismos romanos, história de Galileu Galilei, Santos Dumont.
P2	-
P3	-
P4	-

Fonte: Autor, 2016.

Quadro 8 - O uso da abordagem histórica na prática docente (Estudo dirigido)

Entrevistado	4. Neste tempo de docência você já usou alguma abordagem histórica no início ou durante ou no final de um conteúdo? Em que esta abordagem lhe foi útil?
P1	Sim, a história é sempre abordada no início da introdução do conteúdo a ser focado. A abordagem foi útil para que os educandos conheçam um pouco daquilo que vai ser trabalhado durante os estudos e sua validade para os dias atuais.
P2	Não, pois no momento ainda não usei.
P3	Na química geral, abordei a questão do início da disciplina por volta do século XVII com os primeiros químicos que são os alquimistas com seus experimentos: pedra filosofal e elixir da vida longa.
P4	Não.

Fonte: Autor, 2016.

No primeiro módulo foi possível conhecer um pouco do público participante no estudo dirigido a partir do questionário de entrada, além da observação direta, no qual foi perguntado sobre a experiência profissional e o uso da História da Ciência em sua prática docente.

Dos professores que estiveram presentes, apenas o professor P1, formado em Matemática e com maior tempo de trabalho na Educação Básica, faz parte do quadro de professores efetivos do Estado de Mato Grosso, e os demais, como podemos perceber na primeira resposta, são todos recentes na profissão docente e com habilitação em Matemática.

Com relação ao uso da História da Ciência, apenas dois professores afirmaram já ter usado esse método na introdução do conteúdo em sala de aula e estes expressaram que as histórias usadas foram, em sua maioria, aquelas que constam nos livros didáticos.

De posse destas informações, foi então aplicado no Estudo Dirigido, ao final do segundo e último módulo, o questionário de saída no Quadro 2, do qual participaram apenas P1 e P3, uma vez que os demais, devido à disponibilidade de horário, não puderam estar presentes. As respostas das perguntas do questionário de saída estão apresentadas a seguir nos quadros de 9 a 13.

Quadro 9 - As possíveis colaborações pós oficina na prática docente

Entrevistado	1. De que maneira as informações discutidas e estudadas nesta oficina poderão ajudar em sua ação docente?
P1	Vai ajudar muito na elaboração de planos de aulas e projetos mais dinâmicos, que venham de encontro com a necessidade de levar ao educando uma visão ampla de como os grandes cientistas e matemáticos do passado tiveram uma grande contribuição para o entendimento dos fenômenos naturais do nosso mundo.
P3	A oficina foi de suma importância, pois, através dela, conseguimos agregar conhecimento, refletir os princípios teóricos-metodológicos adotados e buscar uma interação com os usuários: professor e aluno.

Fonte: Autor, 2016.

Quadro 10 - A história e o uso da matemática como ferramenta para a interpretação de fenômenos (Estudo dirigido)

Entrevistado	2. Você considera possível que uma abordagem histórica viabilize o entendimento da necessidade do uso da Matemática para a interpretação dos fenômenos naturais?
P1	Sem dúvida, baseado nas abordagens do professor Ricardo onde tratou de vários temas relevantes à ciência, matemática, possibilitando, e muito, a explicação e o entendimento de vários fenômenos naturais com já é fato comprovado.
P3	Sim, com essa abordagem histórica, buscamos uma integração dos conteúdos e exploração por meio de projetos interdisciplinares.

Fonte: Autor, 2016.

Quadro 11 - A visualização do fenômeno e o método a partir do contexto histórico (Estudo dirigido)

Entrevistado	3. Ao usar a História da Ciência, a visualização do fenômeno e o método usado para descrevê-lo são melhor entendidos?
P1	Sim, o fenômeno sendo visualizado, aguça a curiosidade do aluno e se as descrições do fenômeno através de um método eficiente e dinâmico for bem envolvente, com certeza o entendimento será de forma mais fácil.
P3	Com certeza. A história da ciência nos possibilita uma melhor compreensão dos fenômenos, além de constituir uma interação social entre professor e aluno, onde o estudante possa ir se apropriando da linguagem científica.

Fonte: Autor, 2016.

Quadro 12 - A história e o despertar para descoberta

Entrevistado	4. Na abordagem histórica, percebe-se que algumas descobertas surgiram com a necessidade do homem em compreender o mundo em que vive, é possível nesta percepção despertar no aluno o desejo por descoberta?
P1	Sim, pois pode propiciar aos alunos uma visão clara e ampla e despertá-los para que estes venham ser um jovem pesquisador.

P3	Sim. Ultimamente nossos alunos não tem hábito de leitura, se incentivá-lo a ler, pesquisar, com certeza despertará nele o desejo por descoberta e conseqüentemente formar cidadãos críticos, conhecedores da realidade social de seu país e disposto a transformá-lo.
----	---

Fonte: Autor, 2016.

Quadro 13 – Uma proposta de ensino a partir da História da Ciência (Estudo dirigido)

Entrevistado	5. A partir dos estudos que aconteceram sobre o uso da História da Ciência na prática docente, descreva uma proposta de ensino.
P1	Promover debates com professores voltados para área de Ciências Naturais para que possam ter uma visão diferenciada no ensino de Física e Matemática e que agreguem aos vários temas estudados a importância da historicidade dos fenômenos como uma base importante para que possa dinamizar as aulas, propiciando, assim, um melhor esclarecimento dos fenômenos naturais até então tidos como complexos.
P3	A maioria das escolas do ensino médio não dispõe de espaço reservado para laboratório de ciências, uma de nossas bandeiras pela melhoria desse quadro. É muito importante que as escolas disponham de laboratórios, pois a teoria deve, sempre que possível, estar associada à prática.

Fonte: Autor, 2016.

A partir das respostas obtidas no questionário de saída, foi possível estabelecer algumas considerações que puderam subsidiar as investigações.

Na primeira pergunta, os professores descreveram o uso da história. Pode ser destacada, na resposta de P1, sua consideração que a História da Ciência pode “[...] levar ao educando uma visão ampla [...]”. P3 esclarece que “[...] através dela conseguimos agregar conhecimento [...]”. Nestas frases em destaque, os professores veem na história a possibilidade de ampliar a visão sobre as descobertas e sua necessidade, assim como o fato de agregar conhecimento de maneira que este possa promover a interação entre os envolvidos, ao considerar a possibilidade de conceder ao educando uma visão ampla do conteúdo estudado e de interação. Assim, pode-se perceber que, ao ampliar sua “visão”, o aluno poderá formular perguntas mais relevantes, o que levará a uma interação mais precisa entre o estudante e professor, características estas do princípio da interação social e do questionamento. Ao mencionar

“levar ao educando uma visão ampla”, P3 nos permite entender que o discente passará a ser um perceptor, ou seja, ele não será mais apenas um receptor, pois, ao assimilar aquilo que recebe, ele poderá também perceber, sentir, assimilar aquilo que está a receber.

Com relação à proposta de possibilitar, a partir do contexto histórico, o estímulo por parte do docente ao discente sobre o entendimento do uso da Matemática para a interpretação dos fenômenos, o resultado da resposta da pergunta número dois, em que os professores envolvidos descrevem acreditar que a abordagem histórica pode viabilizar o entendimento do uso da matemática para interpretações dos fenômenos. P1 deixa clara sua posição ao responder que a “[...] matemática possibilita e muito a explicação e o entendimento de vários fenômenos naturais [...]”, enquanto P3 apresenta foco na integração de saberes ao responder que “[...] com essa abordagem histórica buscamos uma integração dos conteúdos e exploração por meio de projetos interdisciplinares”. Logo, é notório que a história pode possibilitar a contextualização e a inter-relação entre as disciplinas. Nesta perspectiva, Gandolfi e Figueirôa (2013) acrescentam que uma abordagem assim promove uma posição mais autônoma e crítica, uma vez que os problemas da realidade são, quase sempre, interdisciplinares. Ao fazer uso da história, P1 nos permite entender que esta possibilitará a compreensão da linguagem matemática e da linguagem científica, usada na descrição dos fenômenos abordados, o que caracteriza o *princípio do conhecimento como linguagem*; P3 ao propor trabalhar com projetos já está deixando para trás a centralização do didático, assim como o abandono da narrativa e do quadro negro, três princípios da aprendizagem significativa crítica.

Para completar a análise da pergunta de número dois, podemos acrescentar que, ao utilizar a história, pode-se propiciar a visualização de elementos que, segundo Pietrocola (1999), viriam a aglutinar uma prática de prospecção do mundo natural, tendo a introdução da matemática como forma de expressar as propriedades do mundo. Ainda na pergunta de número dois pode-se destacar que, nas respostas, os participantes expressam a possibilidade do trabalho com outras disciplinas e nesta oportunidade tanto a história da ciência, quanto a matemática e a física terão em seu contexto a compreensão da linguagem científica usada nos conceitos abordados. Moreira (2000, p. 12) descreve que “aprender um conteúdo, de maneira significativa é aprender sua linguagem, não só palavras – outros signos, instrumentos e procedimentos também”.

Com as respostas da questão de saída número três, sobre a possibilidade de interpretação e visualização dos fenômenos naturais a partir da História da Ciência, P1 descreve que “[...] o fenômeno sendo visualizado aguça a curiosidade do aluno [...]”, enquanto P3 reconhece a importância dos estudos dos clássicos da Ciência ao afirmar que “a história da ciência nos possibilita uma melhor compreensão dos fenômenos[...]”. Ao se propiciar este tipo de conhecimento, fazendo uso da história, há a possibilidade de promover a articulação de toda uma visão de mundo, assim como a compreensão dinâmica do universo, que será mais ampla do que nosso entorno material imediato, revelando, também, uma dimensão filosófica, com uma beleza e importância que não devem ser subestimadas no processo educativo (BRASIL, 2000).

Quando mencionado sobre a interação entre professor e aluno, temos uma situação de diálogo e aproximação, constituindo uma dimensão pedagógica que leva a uma participação dos alunos como caminho para sua conscientização e emancipação (CATARINO *et al*, 2013), que podem induzir à libertação de seus conhecimentos. Tem-se, aqui, uma característica dos princípios da interação social e da linguagem.

Em relação ao uso da abordagem histórica, delinear a necessidade do homem em compreender o mundo em que vive fez-se necessário para poder estimular o desejo pela descoberta, de maneira que o aluno possa ser pesquisador e questionador, criando sua própria percepção dos fenômenos e, conseqüentemente, de mundo. P1 afirma que “Sim, pois pode propiciar aos alunos uma visão clara e ampla e despertá-los para que estes venham ser um jovem pesquisador”, enquanto P3 reconhece que “[...] se incentivá-los a ler, pesquisar, com certeza despertará neles o desejo por descoberta [...]”. Nesta pergunta, entende-se que existe a necessidade da descentralização do livro didático, pois, a partir do momento em que o professor usa contextos históricos, a possibilidade de o discente perceber que aquele assunto não consta, por inteiro, em seu livro didático, o mesmo será estimulado a explorar outros meios para acesso ao conhecimento. Moreira (2000) afirma que o livro didático simboliza uma autoridade que transmite o conhecimento, porém a utilização de materiais diversificados como artigos científicos, crônicas, relatos e tantos outros materiais representam muito melhor a produção do conhecimento humano. Conclui-se que o uso de materiais diversificados, certamente bem selecionados, é um princípio facilitador da aprendizagem significativa crítica.

A pergunta final, número 5, proporcionou a reflexão sobre a prática do planejamento e proposta de ensino. P1 concluiu sobre a importância em “promover debates com professores voltados para área de Ciências Naturais para que possam ter

uma visão diferenciada no ensino da Física e Matemática e que agreguem aos vários temas estudados a importância da historicidade dos fenômenos como uma base importante para que possa dinamizar as aulas, propiciando assim um melhor esclarecimento dos fenômenos naturais até então tido como complexos”. Nesta resposta, é possível entender que o professor percebe a necessidade do uso da História da Ciência na prática docente e propõe debates para que os demais docentes de outras disciplinas, ou até mesmos os colegas da área que não participaram do evento, possam constituir um grupo de diálogo sobre as leis e teorias científicas e como as mesmas estão sendo abordadas, assim como a confiabilidade nos textos encontrados, principalmente nos livros didáticos.

A resposta dada por P1, na pergunta de número 5, também permite-nos perceber princípios da TASC quando descreve sobre promover debates de maneira que estes possam propiciar um melhor esclarecimento dos fenômenos ao fazer uso da História da Ciência. Aqui, tem-se o princípio da descentralização do livro didático, pois acredita-se que em um único livro seria difícil de encontrar todo o contexto histórico a ser abordado. Ao explorar outras referências a compreensão e o uso da linguagem para as mais variadas abordagens se faz necessário, logo tem-se uma característica do princípio do conhecimento como linguagem. Nestas leituras, teorias e informações podem surgir de maneira a questionarmos aquilo que já sabemos, sendo este questionar, um princípio da incerteza do conhecimento.

O Estudo Dirigido permitiu que fosse realizado um diálogo franco sobre o estímulo ao conhecimento por meio da História da Ciência, independentemente da área de atuação do docente. As perspectivas geradas pelos professores que participaram do estudo foram claramente uma substituição à prática anterior, que visava a “transferência” do conhecimento, como se isso fosse possível. Pode-se afirmar que houve uma mudança de paradigma com relação à proposta de interpretação dos conceitos abordados e, principalmente, à aplicação em sala de aula, com o objetivo de estimular ao aluno a aquisição do novo conhecimento por evolução a partir do conhecimento prévio.

Pode-se afirmar que o Estudo Dirigido atingiu seu objetivo, não em quantidade, mas em qualidade, ao permitir que os participantes, professores da rede, tivessem acesso a uma alternativa pedagógica ao ensino que eles praticavam, centrados nos livros didáticos e apoiados em fórmulas matemáticas, considerando o conhecimento prévio dos alunos e, assim, garantindo respeito aos seus posicionamentos. Trata-se,

portanto, de uma oportunidade de considerar o processo cognitivo individual por etapas, da mesma forma que ocorreu à Humanidade com a evolução dos conceitos e interpretações dos fatos observados.

## 5.2. A Oficina

Uma oficina de Ciências, mais especificamente de Física básica, foi aplicada na VII semana de investigação da PPGECN no Instituto de Física na UFMT, campus de Cuiabá. A Semana de Investigação é um evento anual, promovido pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais (PPGECN) da Universidade Federal de Mato Grosso, que favorece a interação entre os pesquisadores do Programa e a comunidade, com a finalidade de dialogar sobre os projetos de pesquisa e ampliar o debate em temáticas relevantes para a área.

No primeiro dia da oficina foi aplicado um questionário de entrada que teve como um dos objetivos conhecer o público envolvido a partir da sua formação e experiência (ver quadro 3).

As respostas a cada uma das perguntas foram dadas pelos participantes da Oficina e estão apresentadas dos quadros 14 a 17.

Quadro 14 - A disciplina e o tempo em que o docente leciona (Oficina)

Entrevistado	1. Qual disciplina você leciona? Há quanto tempo está lecionando esta disciplina?
O1	Ciências. Leciono um ano e meio.
O2	Unidocência – Anos Iniciais.
O3	Química geral, leciono há um ano.
O4	Física para o ensino médio. 12 anos.
O5	Língua portuguesa e artes. 6 meses.
O6	Biologia há 12 anos.
O7	Química, leciono a 2 anos.
O8	Como pedagogo, todas. No entanto, já lecionei várias disciplinas devido à necessidade da escola.
O9	Química/Física.
O10	Biologia, 4 anos.
O11	Química geral I, II e III.
O12	Física. Leciono a mais ou menos 20 anos.
O13	Matemática. Leciono há 27 anos.
O14	Química. Nove anos.

Fonte: Autor, 2016.

Quadro 15 - O contato com a História da Ciência na formação (Oficina)

Entrevistado	2. Na sua graduação e/ou formação continuada, você teve contato com a História da Ciência?
O1	Não.
O2	Sim. Na graduação em pedagogia pelo NEAD – UFMT.
O3	Sim.
O4	Não me recordo.
O5	Não.
O6	Se tive não foi significativo, pois não me lembro.
O7	Não.
O8	Pouco, principalmente na parte de fundamentos e metodologias.
O9	Sim.
O10	Não.
O11	Sim.
O12	Muito pouco.
O13	Sim.
O14	Não.

Fonte: Autor, 2016.

Quadro 16 - Descrição do quanto estudou da História da Ciência (Oficina)

Entrevistado	3. Com relação à pergunta 2 descreva sobre o quanto foi estudado e discorra sobre algum assunto relacionado a História da Ciência.
O1	-
O2	O que estudei sobre a História da Ciência foi pouco abrangente. Estudei algumas teorias sobre a origem da vida no planeta e pude comparar o evolucionismo com o criacionismo.
O3	Em relação à História da Ciência, foi trabalhado mais a origem do modelo atômico e criação da tabela periódica.
O4	-
O5	-
O6	Se tive não foi significativo, pois não me lembro.
O7	-
O8	Por pouco tempo, mas não recordo no momento.
O9	Desenvolvimento de química a partir da alquimia, a divisão entre ciência e religião. E a conscientização de que o corpo poderia ser usado para estudos de pesquisa sem ser visto como violação religiosa.
O10	-
O11	A origem das pesquisas em química, os grandes pensadores.
O12	Bom por fazer muito tempo não consigo lembrar, mas logo depois li alguns livros sobre a história da física: Alice no país do quantum e não lembro o nome do outro.

O13	Gosto muito de estudar e ler acerca da história da ciência, na graduação estudei sobre a história da evolução/construção do número, depois sobre a natureza da luz, também estudei sobre a construção da luneta de Galileu e outros.
O14	-

Fonte: Autor, 2016.

Quadro 17 - O uso da abordagem histórica na prática docente (Oficina)

Entrevistado	4. Neste tempo de docência você já usou alguma abordagem histórica no início ou durante ou no final de um conteúdo? Em que esta abordagem lhe foi útil?
O1	Uso no início de alguns conteúdos que tenho conhecimento da abordagem histórica, alguns livros didáticos também apresentam algumas contextualizações.
O2	Sim. Já utilizei abordagens na história da biologia, contextualizando os experimentos da carne no corpo tampado, onde surgiram bactérias presentes no ar até se chegar à compreensão dos seres microscópicos.
O3	Já fiz algumas abordagens, isto é útil para que os alunos tenham um bom entendimento do assunto trabalhado.
O4	Geralmente abordo o contexto histórico no início da aula. É útil para trazer reflexões no estudante de forma que os mesmos possam argumentar e comparar comportamentos e da evolução da própria ciência com os dias atuais.
O5	Não.
O6	Sim, origem da vida, gênero molecular.
O7	Sim. Utilizo na introdução dos conteúdos em que vou trabalhar. É útil para que possamos demonstrar aos educandos sobre como se deu o processo de evolução da mesma.
O8	Como professor de anos iniciais temos usado introdução da história, como fotos tiradas das originais, hipóteses de como seria o habitat e modo de vida dos seres humanos.
O9	Sim, a divisão entre científico e religioso, para poder abranger melhor nos estudantes que têm uma visão presa ainda na religião.
O10	Faço a abordagem histórica na realização de minhas aulas, por exemplo, na evolução da ciência sobre abiogênese e biogênese. Possibilita ao aluno perceber que a ciência não é linear e nem perfeita e sim construída através de erros e acertos de acordo com a construção dos conhecimentos.
O11	Sim. Quando estudamos o tema “Matéria”, quando abordamos as ideias da Grécia Antiga.
O12	Infelizmente não.

O13	Trabalho no Cefapro há 8 anos e nas formações que realizo procuro fazer uso da história ou do processo histórico de um determinado assunto/conteúdo. Por exemplo, na última formação falei sobre a invenção do microscópio antes de usar atividades com este instrumento.
O14	Sim. Utilizei nas leis ponderais da química. Essa abordagem facilitou a compreensão dos alunos na evolução dessas leis. O material didático trazia a abordagem histórica.

Fonte: Autor, 2016.

No primeiro dia da oficina foi aplicado um questionário de entrada que teve como um dos objetivos conhecer o público envolvido, sua formação e a experiência por eles acumuladas. Destes temos: um professor formado em Ciências com um ano e meio de experiência; dois pedagogos, que não responderam o tempo de experiência; cinco químicos com diferentes tempos de experiência (um ano, dois anos, nove anos e dois que não descreveram o tempo); dois físicos, um com 12 anos e outro com 20 anos de experiência; dois biólogos, sendo um com 12 anos e o outro com 4 anos de experiência; um formado em letras com 6 meses de experiência e um matemático com 27 anos de experiência.

Ao serem perguntados sobre o contato com a História da Ciência na graduação ou formação continuada, 06 professores disseram que não tiveram ou não se lembram deste acesso e os demais afirmaram que tiveram contato, mas com algumas observações como:

O6: “Se tive não foi significativo, pois não me lembro”;

O12: “Muito pouco”;

Ao solicitar que descrevessem o quanto foi estudado sobre a História da Ciência, pode-se mencionar respostas como:

O2: “O que estudei sobre a História da Ciência foi pouco abrangente. Estudei algumas teorias sobre a origem da vida no planeta e pude comparar o evolucionismo com o criacionismo”;

O9: “(...) desenvolvimento de química a partir da alquimia, a divisão entre ciência e religião. E a conscientização de que o corpo poderia ser usado para estudos de pesquisa sem ser visto como violação religiosa”;

O13: “Gosto muito de estudar e ler acerca da história da ciência, na graduação estudei sobre a história da evolução/construção do número, depois sobre a natureza da luz, também estudei sobre a construção da luneta de Galileu e outros”.

Podemos, assim, entender que é ínfimo o contato com a História da Ciência, tanto na graduação quanto na formação continuada, e que o pouco contato obtido se deu através de momentos introdutórios sobre algum conceito como forma de preparação para recebê-lo, ou seja, foi breve.

Ao serem questionados sobre terem usado, em algum momento, a abordagem histórica na prática docente e sobre a utilidade desta, destacam-se as respostas:

O1: “Uso no início de alguns conteúdos que tenho conhecimento da abordagem histórica, alguns livros didáticos também apresentam algumas contextualizações”;

O7: “Sim. Utilizo na introdução dos conteúdos em que vou trabalhar. É útil para que possamos demonstrar aos educandos sobre como se deu o processo de evolução da mesma”;

O10: “Faço a abordagem histórica na realização de minhas aulas, por exemplo, na evolução da ciência sobre abiogênese e biogênese. Possibilita ao aluno perceber que a ciência não é linear e nem perfeita e sim construída através de erros e acertos de acordo com a construção dos conhecimentos”

O14: “Sim. Utilizei nas leis ponderais da química. Essa abordagem facilitou a compreensão dos alunos na evolução dessas leis. O material didático trazia a abordagem histórica”.

É possível perceber que o uso da História da Ciência feita pelos professores serviu como subsídio para introduzir um conteúdo e a abordagem histórica proporcionada se deu mediante o próprio livro didático. Faz-se necessário buscar em outras fontes com o intuito de não ficar refém do livro didático, como já foi destacado por Moreira e Axt (2008), além de fazer uma seleção criteriosa dos livros para evitar alegorias, como mencionado por Villatorre (2008).

A resposta de O10 possibilitou-nos identificar dois princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, que seria, “ensinar perguntas ao invés de respostas e o princípio da desaprendizagem”, quando ao aluno é dada a condição de percepção da não linearidade da ciência.

Estas foram as informações obtidas no primeiro dia da oficina, o que nos proporcionou a visualização da necessidade do uso da História da Ciência na prática docente.

No primeiro encontro da oficina foram preparados e disponibilizados materiais necessários para todos os grupos. Os materiais não foram separados conforme os

experimentos propostos, mas deixados todos juntos sobre uma mesa. Cabia ao participante decidir e identificar de quais materiais o grupo iria necessitar, os participantes trabalharam os seguintes experimentos:

- Medindo a Terra: neste experimento o objetivo foi de simular o cálculo do diâmetro da Terra a partir de materiais simples, do dia a dia, usando como referência o método utilizado por Eratóstenes;
- Pêndulo Simples: o objetivo é possibilitar o cálculo de “g” a partir da oscilação de um pêndulo simples;
- Carrinho na rampa: este experimento foi executado com o objetivo de oportunizar aos participantes a compreensão do fenômeno da Conservação de Energia Mecânica.

Nos experimentos propostos, a abordagem histórica foi utilizada de maneira que esta pudesse estimular o uso da História da Ciência, assim como propiciar e incentivar a reflexões sobre a ciência no decorrer dos séculos, o desenvolvimento que acontece a partir de uma necessidade, uma construção humana. Nestes experimentos foram abordados contextos sobre Eratóstenes e Galileu, suas contribuições e incentivos para a evolução da ciência e compreensão da natureza pelo homem. As descrições completas dos experimentos estão nos apêndices G, H e I deste trabalho.

No segundo dia de oficina, dos nove participantes presentes, apenas seis deles estiveram presentes do primeiro dia. A aplicação do questionário de saída foi feita ao final do período e as informações relacionadas às perguntas (quadro 4) e respostas (quadros de 18 a 23) estão apresentadas a seguir.

Quadro 18 – A abordagem histórica e a contextualização na prática docente

Entrevistado	1. A abordagem histórica encontrada no contexto do experimento possibilita a contextualização do assunto? De que maneira as informações discutidas e estudadas nesta oficina poderão ajudar em sua ação docente?
O3	A abordagem histórica contribui para o desenvolvimento do experimento e união entre as demais áreas do conhecimento.
O5	Sim, a abordagem histórica possibilitou a contextualização do assunto, pois contribui para uma melhor compreensão dos alunos no assunto que está sendo estudado, despertando o interesse pela História da Ciência e o motivo pelo qual estuda-se a Ciência.

O8	Para estimular a curiosidade do docente podemos até utilizar alguma abordagem histórica. Creio que, muitas vezes, isso pode podar ou despertar essa curiosidade. Tudo vai depender da condução do processo.
O9	De várias maneiras, pois defende o ensino único e de formação ampla para nós docentes.
O11	A abordagem foi muito proveitosa e possibilitou uma melhoria no contexto para o ensino.
O12	Sim, a abordagem histórica contribui e muito na contextualização do assunto, penso que o fato de ensinar aos alunos como aconteceu a descoberta de cada assunto a ser discutido com eles lhes possibilita um gosto maior pelo aprendizado. Bom, quanto às informações discutidas na oficina, nos ajudam a pesquisar mais sobre o assunto bem como trabalhar com os conceitos de cada assunto proposto para melhorar o conhecimento dos alunos.

Fonte: Autor, 2016.

Quadro 19 - A história e o uso da Matemática como ferramenta para a interpretação de fenômenos (Oficina)

Entrevistado	2. Você considera possível que uma abordagem histórica viabilize o entendimento da necessidade do uso da Matemática para a interpretação dos fenômenos naturais?
O3	É possível uma abordagem histórica de como e por que foi realizado o experimento no passado.
O5	Sim, pois, normalmente, a matemática é abordada por cálculos, sem ao menos mostrar o porquê destes cálculos.
O8	Não só da matemática, mas pode servir como ponte com outras áreas do conhecimento.
O9	Sempre, pois a abordagem é fundamental, pois sem a visão da matemática fica difícil mensurar as demais áreas do todo chamado ciência.
O11	Sim, a matemática é uma das bases da ciência.
O12	Sim. Para mim, a matemática responde a maioria de alguns conhecimentos que a própria ciência nos cobra para o nosso aprendizado.

Fonte: Autor, 2016.

Quadro 20 - A visualização do fenômeno e o método a partir do contexto histórico (Oficina)

Entrevistado	3. Ao usar a História da Ciência, a visualização do fenômeno e o método usado para descrevê-lo são melhores entendidos?
O3	Para se trabalhar com os alunos a parte visual e teórica contribui para aprendizagem dos alunos.

O5	Sim.
O8	Sim.
O9	Sempre, pois facilita com ampla abordagem para o aluno.
O11	Com certeza, a abordagem histórica favorece a compreensão.
O12	Acredito que sim, pois conhecemos como surgiu e para que surgiu cada um dos fenômenos que encontramos na nossa vida diária que muitas vezes não sabemos o por que estamos usando.

Fonte: Autor, 2016.

#### Quadro 21 - A história possibilitando o desejo por descoberta

Entrevistado	4. Na abordagem histórica, percebe-se que algumas descobertas surgiram com a necessidade do homem em compreender o mundo em que vive.  4a. Foi possível, nesta percepção, despertar em você o desejo por descoberta?
O3	Sim, principalmente na construção de uma parte, que foi o experimento da rampa.
O5	Sim, pois despertou a curiosidade em manusear o experimento em várias formas, observando os resultados para compreender o conhecimento envolvido.
O8	Com certeza, principalmente utilizando recursos do cotidiano.
O9	Já existia uma holística diferente da que hoje se trabalha em sala.
O11	A prática proposta, ajudou a buscar outros conceitos.
O12	Sim. Através da história sempre pensamos mais um pouco e queremos buscar mais e mais, daí o desejo pela descoberta nos aguça ainda mais, nos motiva a fazer mais perguntas.

Fonte: Autor, 2016.

#### Quadro 22 – O despertar pela descoberta a partir da abordagem histórica em sala de aula

Entrevistado	4. Na abordagem histórica, percebe-se que algumas descobertas surgiram com a necessidade do homem em compreender o mundo em que vive.  4b. Caso você trabalhe em sala de aula, é possível, nesta percepção, despertar no aluno o desejo por descoberta?
O3	Sim, pois os alunos são curiosos e isso desperta sua atenção na aula.
O5	Sim. Pois será desenvolvido habilidades que forçará o aluno a pensar e refletir sobre o assunto.

O8	Afirmativo.
O9	Sim, pois é o que vai tornar possível manter a motivação dele sempre.
O11	-
O12	Penso que sim, mas é claro que ele irá sempre cobrar dos professores o que irão ganhar com as buscas, mas isso é passível de negociação, afinal também tem aprendizado.

Fonte: Autor, 2016.

Quadro 23 - Uma proposta de ensino a partir da História da Ciência (Oficina)

Entrevistado	5. Sobre o uso da História da Ciência, a partir do contexto histórico na descrição do experimento, descreva, sucintamente, uma proposta de ensino.
O3	Poderia ser realizado o experimento pH, utilizando produtos de limpeza e extrato de repolho roxo.
O5	Fazer uma abordagem com os alunos explicando a questão da frequência da luz para a explicação das cores que enxergam. Uma das abordagens para o experimento é explicar o motivo pelo qual as bolinhas que estão dentro do recipiente, ao serem observadas sob os papéis, não são identificadas pelas suas respectivas cores.
O8	Defendo a ideia de que, através da ludicidade, desde a educação infantil até mesmo Ensino Superior, com certeza, despertará o educando a curiosidade ao aprendizado.
O9	Inicia-se pela internalização do aluno, conscientizando-o dos vocabulários técnicos, para que ele possa saber o que ele vai manipular no experimento. A partir desse início ele já começa a subordinar os fenômenos que fazem parte do seu cotidiano.
O11	-
O12	Bom, através do experimento que realizamos, podemos trabalhar os conceitos de óptica como: como o comportamento da luz, raios de luz, feixes de luz, fontes de luz, meios de propagação da luz, princípios da independência da luz, princípio da propagação retilínea da luz, sombra e penumbra entre outros assuntos relacionados.

Fonte: Autor, 2016.

A primeira pergunta no questionário de saída abordou a possibilidade de contextualização do experimento partindo da abordagem histórica. É possível perceber, nas respostas de O5, O8 e O12, que a abordagem histórica viabiliza a contextualização na aplicação de um conceito, possibilitando, no decorrer da prática docente no ensino de Ciências, a compreensão por parte do discente de que a ciência é uma construção humana. Ao entender, a partir de uma abordagem histórica, que a ciência é uma construção humana, consequência da necessidade de mudança, percebe-se que a

definição de mundo “é construída primordialmente com as definições que criamos, com as perguntas que formulamos e com as metáforas que utilizamos” (MOREIRA, 2000, p. 17). Ao afirmar sobre a viabilização que a história permite na contextualização de um conceito, os participantes em destaque estão dando a condição do uso da aprendizagem de maneira crítica, uma nova forma de ver e perceber o mundo, *princípio do conhecimento como linguagem*; nesta nova percepção está a compreensão de que a mesma palavra poderá não ter o mesmo significado, *princípio da consciência semântica*; e, por final, podemos acreditar que estes dois princípios levará o discente ao *princípio da incerteza do conhecimento*.

Na concepção de que a ciência é uma construção humana, O12 corrobora ao escrever: “penso que o fato de ensinar aos alunos como aconteceu a descoberta de cada assunto a ser discutido [...]”. Pode-se destacar o termo “aconteceu a descoberta” como uma possibilidade de explicar sobre a Ciência Normal, “que é uma atividade altamente determinada, mas não precisa ser inteiramente determinada por regras” (KUHN, 1998, p. 66). Mas não deixa de ter o compromisso, quando desenvolvida por praticantes de uma especialidade amadurecida, fazer uso de regras que possam revelar a natureza do mundo, de maneira que a ciência normal esteja relacionada à resolução de quebra-cabeças.

Na área das Ciências Naturais é notório o uso da Matemática para tornar metódica a descrição para compreensão de um fenômeno. É nesta percepção que foi feita a segunda pergunta, da qual destacamos as seguintes respostas:

O5: “Sim, pois normalmente a matemática é abordada por cálculos, sem ao menos mostrar o porquê destes cálculos”;

O8: “Não só da matemática, mas pode servir como ponte com outras áreas do conhecimento”;

O9: “Sempre, pois a abordagem é fundamental, pois sem a visão da matemática fica difícil mensurar as demais áreas do todo chamado ciência”;

O11: “Sim, a matemática é uma das bases da ciência”.

Nessas respostas, pode-se entender que os participantes possuem a interpretação de que a Matemática é uma eficaz ferramenta para estudar fenômenos naturais e que a abordagem histórica pode mostrar o motivo pelo qual o conceito matemático hoje estudado nas salas de aula foi utilizado em determinada ocasião, o que viabiliza evitar o que destacou O5.

No estudo da ciência, muitos conceitos são abstratos, por serem fenômenos naturais, e exigem de esforços para que possam ser compreendidos e a Matemática é usada como uma ferramenta que propicia a visualização dos fenômenos que são apresentados de maneira abstrata. No entanto, fazer uma abordagem matemática pode não garantir o entendimento do conceito ou fenômeno abordado, porém acredita-se que a abordagem histórica pode complementar tanto a visualização do fenômeno quanto o método usado, uma vez que permite a investigação por meio da evolução dos conceitos.

A análise das respostas destacadas para a segunda pergunta possibilita perceber que o uso da História da Ciência é uma maneira de contextualizar não só a Física a ser estudada, mas também compreender a abstração nos conceitos matemáticos, uma característica que está no *princípio do conhecimento como linguagem* (MOREIRA, 2000). As respostas dos participantes permitem a análise de como eles compreendem a linguagem.

Por meio das respostas de O3, O9, O11 e O12, dadas à pergunta de número três, é possível entender que há uma eficácia no uso da histórica de maneira que esta venha a complementar os conceitos matemáticos estudados na Física.

As descobertas surgiram devido às necessidades do homem em compreender o mundo em que vive. Então, a pergunta 4 foi dividida em dois itens, sendo a primeira parte, letra “a”, abordando sobre o desejo de descoberta. As respostas foram:

O5: “Sim, pois despertou a curiosidade em manusear o experimento em várias formas, observando os resultados para compreender o conhecimento envolvido”;

O11: “A prática proposta, ajudou a buscar outros conceitos”;

O12: “Sim. Através da história sempre pensamos mais um pouco e queremos buscar mais e mais, daí o desejo pela descoberta nos aguça ainda mais, nos motiva a fazer mais perguntas”;

A segunda parte, letra “b”, aborda, também, sobre a descoberta, mas forçada no discente. Podem-se destacar as respostas:

O3, “Sim, pois os alunos são curiosos e isso desperta sua atenção na aula”;

O9, “Sim, pois é o que vai tornar possível manter a motivação dele sempre”;

O12, “Penso que sim, mas, é claro, que ele irá sempre cobrar dos professores o que irão ganhar com as buscas, mas isso é passível de negociação, afinal, também tem aprendizado”.

Essas respostas descrevem, em sua maioria, que existe a possibilidade do despertar da curiosidade, levando os discentes à busca por descoberta. O conhecimento que o docente se propõe a compartilhar precisa permitir ao discente uma construção conceitual que aumente ou potencialize seu grau de liberdade para a compreensão dos fenômenos do mundo moderno e suas tecnologias contemporâneas (MATO GROSSO, 2010).

Nas respostas encontradas para as perguntas 4 (a; b) é possível identificar princípios da TASC como o da interação social e do questionamento; não centralidade do livro de texto; do aprendiz como perceptor; mas destacaremos o princípio do conhecimento como linguagem, pois o despertar do aluno para curiosidades e posteriormente descobertas trará consigo a necessidade da compreensão da linguagem científica, como destaca Moreira (2000, p. 12), “a chave da compreensão de um ‘conhecimento’, ou de um ‘conteúdo’ é conhecer sua linguagem”.

Na pergunta 5 do questionário de saída foi pedido aos participantes para descreverem uma proposta de ensino a partir do contexto da oficina e as respostas estão destacadas a seguir:

O5: “Fazer uma abordagem com os alunos explicando a questão da frequência da luz para a explicação das cores que enxergam. Uma das abordagens para o experimento é explicar o motivo pelo qual as bolinhas que estão dentro do recipiente, ao serem observadas sob os papéis, não são identificadas pelas suas respectivas cores”;

O9: “inicia-se pela internalização do aluno, conscientizando-o os vocabulários técnicos, para que ele possa saber o que ele vai manipular no experimento. A partir desse início ele já comece a subordinar os fenômenos que fazem parte do seu cotidiano”;

O12: “Bom, através do experimento que realizamos, podemos trabalhar os conceitos de óptica como: como o comportamento da luz, raios de luz, feixes de luz, fontes de luz, meios de propagação da luz, princípios da independência da luz, princípio da propagação retilínea da luz, sombra e penumbra entre outros assuntos relacionados”.

Pelas respostas à pergunta 5, pode-se verificar que os participantes apresentaram a percepção do processo de ensino-aprendizagem a partir do próprio indivíduo com estímulo externo que pode ser, por exemplo, pelo professor, sendo esta uma característica do *princípio do conhecimento prévio*. As propostas aqui apresentadas têm como referência os próprios experimentos que tiveram em seu contexto uma

abordagem histórica, ver apêndices G, H e I. Quando O5 e O12 descrevem suas propostas sobre o feixe de luz, é preciso que se faça a ligação destas com a decomposição da luz, um feito realizado por Newton no século XVII. A partir desta percepção, entende-se que ao tratar do assunto é possível abordar um contexto histórico sobre o estudo da luz que, assim como a mecânica, foi uma das contribuições de Newton. A satisfação de perceber o uso do próprio potencial veio como um resultado sensorio que foi importante para incentivar ações futuras por parte dos participantes, segundo declarações dos próprios. As ferramentas utilizadas mostraram-se de muito valor no processo cognitivo dos participantes e, conseqüentemente, fortaleceram o seu uso como alternativa em sala de aula.

Ao abordar o contexto histórico como ferramenta para viabilizar a compreensão do uso da matemática nos estudos dos fenômenos naturais, alguns princípios da aprendizagem significativa crítica como o *princípio da interação social e do questionamento*; *princípio do aprendiz como perceptor/receptor*; *princípio do conhecimento como linguagem*; *princípio da consciência semântica* são percebidos já na leitura das teorias, quando estas foram descritas tendo como introdução o contexto histórico. Ao descrever as teorias acompanhadas de uma contextualização de fatos históricos, os participantes, em algum momento, deixavam claro que estavam entendendo o conceito daquele fenômeno de maneira mais clara.

Ainda que estejamos tratando da análise das respostas dadas aos questionários de entrada e de saídas, aplicados no estudo dirigido e na oficina, destaca-se que a história abordada nesta pesquisa foi usada como uma didática que possibilita a ligação entre a matemática usada e o conceito estudado. Moreira (2007, p. 127), sobre o uso da história como ferramenta didática, destaca “proporcionar uma visão crítica acerca do problema da origem e justificação do conhecimento científico [...]”. Ao abordar a história é possível perceber que, no decorrer de cada revolução, houve uma seleção adequada de praticar a ciência. Além disso, a sequência destas seleções revolucionárias tem como resultado final um “conjunto de instrumentos notavelmente ajustados que chamamos de conhecimento científico moderno” (KUHN, 1998, p. 215). Contudo, é preciso destacar que a abordagem científica ocorreu durante todo o processo de aplicação, tanto do estudo dirigido quanto da oficina, nos apêndices encontram-se o material usado, que, depois, em uma nova formatação foi transformado no produto educacional.

Com isso, percebe-se que, após o uso da História da Ciência não somente na Oficina, mas também no estudo dirigido, foi possível a compreensão de que esta pode subsidiar na contextualização de um conceito, favorecendo o entendimento de um fenômeno natural a ser abordado no Ensino de Física. A história viabiliza, também, o entendimento e a necessidade do uso da Matemática como ferramenta.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A pesquisa realizada buscou na História da Ciência uma alternativa para o Ensino de Física de maneira que este não continuasse apenas como uma extensão matemática, possibilitando a percepção de que o saber não serve apenas para operar as teorias Física, mas para aprender teoricamente por meio de uma estruturação matemática, foi com esta proposta que desenvolveu-se este trabalho.

No desenvolvimento da pesquisa, no estudo dirigido, verificou-se que, a cada novo encontro, quando abordada e dada a sequência nos estudos feitos por Tales, Eratóstenes, Arquimedes, Copérnico, Galileu e Kepler, para os professores entrevistados, o ensino das Leis de Movimento de Newton ganhou significado que possibilitou a compreensão de fenômenos.

Ainda sobre a sequência dos contextos históricos, as respostas dos participantes do Estudo Dirigido e da Oficina indicam que a abordagem por meio da História da Ciência possibilitou a visualização lógica, por parte dos participantes, da progressão e necessidade de evolução da ciência com o passar de cada período ou época. Com esta abordagem, foi possível fazer com que todos entendessem a necessidade que se fez na época, do homem compreender a natureza.

Na oportunidade, aproveitou-se para esclarecer, a partir da História, que a ciência não é acumulativa, quando destacamos sobre a incomensurabilidade, as revoluções científicas, as anomalias, a necessidade de descoberta quando uma determinada resposta já não é mais suficiente para as perguntas que ali surgem. Além disso, era preciso que houvesse novas perguntas, conseqüentemente surgindo um novo paradigma.

Por considerar a abordagem histórica ampla em seu contexto, o material didático utilizado foi elaborado a partir dos conceitos da TAS e dos princípios facilitadores da TASC, que possibilitou submeter o professor que participou a responsabilidade de interação partindo do conhecimento prévio que tinha do assunto. Esta abordagem foi interessante com relação aos professores que ministram aulas de Física, mas que não são formados na disciplina. Em cada abordagem, o docente trazia consigo algo que partia da sua formação acadêmica, de maneira que foi possível perceber e trabalhar com alguns princípios como aprender/ensinar perguntas em vez de respostas, do abandono do livro didático, do conhecimento como linguagem.

Ao propor trabalhar com a TAS, foi necessário tornar o material de trabalho potencialmente significativo. Com esta responsabilidade, foi levado material do cotidiano para execução dos experimentos, ainda que este material fosse familiar para os envolvidos mas, como já mencionado, foram materiais deixados de maneira aleatória, o que não permitiu aos participantes darem início ao desenvolvimento dos experimentos propostos, sem análise do que seria necessário. Além da necessidade de o material ser significativo, o aprendiz precisa manifestar uma predisposição para aprender. Foi com esta predisposição que encontramos os participantes ao lhes apresentar os experimentos, perante a atenção de cada um deles às orientações apresentadas.

O uso da TASC, além de suplementar as propostas da TAS, dando condição de sua aplicação, foi feita de maneira que seus princípios nos permitissem uma melhor abordagem do contexto histórico, pois traríamos conceitos a partir do seu surgimento e necessidade. Os docentes não tinham ideia ou percepção das aplicações matemáticas utilizadas para cada fenômeno estudado. Dentre os onze princípios da TASC podemos destacar que o *princípio do conhecimento como linguagem*, *princípio da consciência semântica*, *princípio da desaprendizagem* e o *princípio da incerteza do conhecimento* foram os que permitiram, com a utilização da História da Ciência para contextualização de conceitos, uma clareza da sua aplicação no contexto trabalhado.

Durante o estudo dirigido, foi possível perceber o entusiasmo dos professores participantes, que foi expresso em forma de perguntas ao aplicador, perguntas do tipo “Quando haverá outra oficina?”, “Se nós precisarmos de uma oficina sobre outro conteúdo é possível o professor fazer?”, “Caso queiramos fazer esta oficina com os alunos o professor viria nos ajudar caso o convidássemos?”.

Ainda que, dos envolvidos no estudo dirigido, nenhum dos professores entrevistados fosse formado ou tenha alguma formação continuada voltada para a disciplina de Física, estes apresentaram grande entusiasmo e esta proposta apresentada foi bem aceita pelo fato de que os envolvidos buscaram adquirir conhecimentos que possam, futuramente, propiciar - lhes condições de compartilhar com os estudantes de maneira que estes, discentes, sejam construtores do conhecimento e possam tornar-se independentes com relação à compreensão da linguagem científica. Estes entusiasmos permitiram maior reflexão sobre o método de abordagem, além do foco no tema central.

Na segunda parte da pesquisa, a oficina, que teve docentes das áreas de Ciências Naturais e da Matemática de vários níveis de ensino como público, possibilitou perceber que a História da Ciência pode ser abordada nas disciplinas de Biologia, Física, Matemática e Química, e que este método subsidia um entendimento mais esclarecido da necessidade de tal ação ou descoberta daquele contexto, fenômeno natural, a ser abordado em sala. Esta percepção pode ser vista nas respostas dos professores O5, O8, O12 ao responderem à pergunta de número 1 (um) do questionário de saída, ao serem perguntados sobre a abordagem histórica encontrada no contexto do experimento desenvolvido na oficina.

Ainda que as respostas apresentadas no questionário de entrada, sobre o estudo da História da Ciência na graduação ou formação continuada, tenham sido, em sua maioria, negativas, foi satisfatório perceber nas respostas da questão número quatro do questionário de saída que os docentes que participaram da oficina buscaram na história subsídios para o desenvolvimento das suas aulas, seja no início, durante ou no final dos conteúdos abordados. O participante O10 faz o uso da história de maneira que “o aluno possa perceber que a ciência não é linear e nem perfeita”. Em uma situação como esta, percebe-se a oportunidade de conceituar a ideia de que a não perfeição da ciência leva às chamadas revoluções, que surgem com a necessidade de respostas que são consideradas anomalias, tornando necessário o surgimento de novos paradigmas, que somente adquirirão tal condição caso sejam mais bem sucedidos que seus oponentes na resolução de problemas que um grupo de cientistas (neste caso, professores) considera como graves.

A Física nos permite conhecer os fenômenos naturais, traduzindo-os em uma linguagem matemática. Sabendo que a Física usa a Matemática como ferramenta e que existe a dificuldade de expressão de um conceito físico por meio de equações e fórmulas, foi elaborada a pergunta: “Você considera possível que uma abordagem

histórica viabilize o entendimento da necessidade do uso da Matemática para a interpretação dos fenômenos naturais?”. Percebeu-se a necessidade de contextualização não só da Física, mas também da matemática utilizada por ela, como afirma O8 em sua resposta: “a matemática é abordada por cálculos, sem ao menos mostrar o porquê destes cálculos”.

Ainda sobre o estudo dirigido e a oficina, destaca-se que, no momento em que foi disponibilizado o material a ser trabalhado para realização dos experimentos, os professores envolvidos, por observarem os materiais desmontados de maneira aleatória sobre a bancada, permaneceram um instante sem saber como agir, ainda que a explanação do conceito já tivesse ocorrido. Somente a partir da orientação feita pelo pesquisador é que compreenderam o que deveriam fazer.

Ao fazer a abordagem histórica, o docente pode ressaltar que a matemática usada na Física possibilitou a evolução de vários conceitos e a elaboração de novas hipóteses, e que muitos dos matemáticos, estudados na Educação Básica, como Tales e Arquimedes, abordados nesta pesquisa, contribuíram para o desenvolvimento das Leis de Newton.

Diante dos fatos vivenciados nesta pesquisa deixamos aqui, como sugestão, o uso da História da Ciência na abordagem do Ensino de Física, para contextualizar a necessidade do uso da matemática e da descontinuidade de teorias no decorrer dos tempos.

## 7. REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA Brasil. **Censo Escolar 2015**. Disponível em: < [agenciabrasil.ebc.com.br/.../2015.../mec-divulga-resultados-preliminares-do-censo-escolar/](http://agenciabrasil.ebc.com.br/.../2015.../mec-divulga-resultados-preliminares-do-censo-escolar/) >. Acesso em 23 maio 2016.
- ALVES, A.J. **O Planejamento de Pesquisas Qualitativas em Educação**. Caderno de Pesquisa, São Paulo (77): 53 – 61, maio, 1991.
- ANUÁRIO Brasileiro da Educação Básica 2016**. Todos Pela Educação. Moderna, 5ª Edição – São Paulo, 2016.
- ASSIS, A. K. T. **Arquimedes, o Centro de Gravidade e a Lei da Alavanca**. Primeira Edição, 2008. ISBN 978-0-9732911-7-9.
- ASSIS, A. K. T., RAVANELLI, F. M. M. **Reflexões sobre o Conceito de Centro de Gravidade nos Livros Didáticos**. Ciência e Ensino, vol. 2, n. 2, junho 2008. 11p.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimento: Uma perspectiva Cognitiva**. Obra original: *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view, 2000, Kluwer Academic Publishers*. Tradução: Lígia Teopisto, GRAFO, 1ª Edição PT – 467 – Janeiro de 2003.
- BOGDAN, R.C. BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**. Porto. Portugal. Porto Editora. 1994. 338f.
- BONGIOVANNI, V. **Teorema de Tales: uma ligação entre o geométrico e o numérico**. REVEMAT – Revista Eletrônica de Educação Matemática. Florianópolis; v.2, p.94 – 106, UFSC: 2007.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)**. Brasília: MEC, 2000.
- BUCKSDRICKER, J. A. S. **Racionalidade e Método Científico: Novas Perspectivas**. Dissertação (Mestrado em Filosofia), Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Florianópolis, 2004, 140 fls.
- CANIATO, R. **Um Projeto Brasileiro para o Ensino de Física**. Tese (Doutorado em Ciência), UNICAMP, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro. Rio Claro, 1973, 576 fls.
- CARVALHO, A. M. P. **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática** / Anna Maria Pessoa de Carvalho, (org.). – São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. Vários autores.

CASTRO, R. S. E CARVALHO, A. M. P. **História da Ciência: como usá-la num curso de segundo de segundo grau.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 9, n. 3, p. 225 – 237, 1992.

CATARINO, G. F. C.; QUEIROZ, G. R. P. C.; ARAÚJO, R. M. X. **Dialogismo, Ensino de Física e Sociedade: do currículo à prática pedagógica.** Ciência e Educação, Bauru, v. 19, n. 2, p. 307 – 322, 2013.

DEMO, P. **Educar pela pesquisa.** 5. ed. – Campinas, SP: Autores Associados, 2002.  
DUTKA, J. “**Eratosthenes’ Measurement of the Earth Reconsidered**”. Communicated by C. Wilson. Audits & Surveys, Inc. p. 55 – 66, September, 1992.

FREITAS, M.T.A. **A Abordagem Sócio-Histórica Como Orientadora da Pesquisa Qualitativa.** Cadernos de Pesquisa, n. 116, p. 21 – 39, julho/2002.

GAGLIARDI, R. GIORDAN, A. **La história de las ciencias: una herramienta para la enseñanza.** Enseñanza de Las Ciencias, v. 4, n. 3, p. 253 – 258, 1986.

GANDOLFI, H. E.; FIGUEIRÔA, S. F. M. **A história da Ciência e o Ensino Interdisciplinar: uma revisão de propostas e contribuições.** Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC. Águas de Lindóia, SP, novembro de 2013.

GATTI, S. R. T.; **Análise de uma ação didática centrada na utilização da História da Ciência: uma contribuição para a formação inicial do docente de Física.** Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação. Campinas, SP, 2005, 312fls.

HAWKING, S. **Os gênios da Ciência: sobre os ombros de gigantes.** Edição especial ilustrada / [editado, com comentários de] Stephen Hawking; tradução e revisão técnica de Marco Moriconi – Rio de Janeiro: Elsevier, 2005

HALLIDAY, D. RESNICK, R. WALKER, J. **Fundamentos de Física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica;** tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

KUHN, T. **A Estrutura das Revoluções Científicas.** Direitos reservados em língua portuguesa à EDITORA PERSPECTIVA S.A, 5ª edição. São Paulo – SP – Brasil, 1998.

JUNIOR, R. B. N.; MATTOS, C. R. **Uma análise de livros didáticos de Física das décadas de 50 e 60.** Anais do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Londrina, 2006.

JUNIOR, R. B. N.; MATTOS, C. R. **A disciplina e o conteúdo de cinemática nos livros didáticos de Física do Brasil (1801 a 1930).** Investigação em Ensino de Ciências – v13(3), pp. 275 – 298, 2008.

LEISTER, N. V. **Introdução à Astronomia**. Departamento de Astronomia. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. USP, 2008.

LUNA, W. A. **Uma Construção da Geometria Analítica a partir dos Teoremas de Tales e de Pitágoras**. Dissertação (Mestrado). UFCG. Campina Grande. 2013. 76f.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Educação. **Orientações Curriculares: Área de Ciências da Natureza e Matemática: Educação Básica**. Mato Grosso - Secretaria de Estado de Educação de Mato Grosso. Cuiabá: Defanti, 2010.

MATTHEWS, M. R. **História, Filosofia e Ensino de Ciência: A Tendência Atual de Reaproximação**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.12, n.3, p.164-214, 1995.

MONTEIRO, M. M.; MARTINS, A. F. **História da ciência na sala de aula: Uma sequência didática sobre o conceito de inércia**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 4, 4501 (2015)

MORA, L. C. M., *et al* . **Explorando las sombras: una bonita relación entre matemáticas y astronomía**. Matemáticas: Enseñanza Universitaria, vol. XIX, num 2, diciembre, 2011, pp.107 – 116, Escuela Regional de Matemáticas, Colombia.

MOREIRA, M. A.; AXT, R. **O livro didático como veículo de ênfases curriculares no ensino de Física**. Pesquisa em Ensino de Física: Revista de Ensino de Física, v. 8, n. 1, jun/1986.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem** – São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica**. Versão revisada e estendida de conferência proferida no *III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa*, Lisboa (Peniche), 2000. Publicado nas Atas desse Encontro, pp. 33 – 45, com o título original de *Aprendizagem significativa subversiva*.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T.; OSTERMANN, F. **“História e epistemologia da física” na licenciatura em física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, p. 127 – 134, (2007).

MOREIRA, M. A. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências** – 2009, Porto Alegre, Brasil.

NETTO, S.D.P. **Matemática: conceitos e histórias, 8ª série**. – Ed. rev. ampl. – São Paulo: Scipione, 1998.

NETO, M. J. **Física Ambiental e Teoria da Complexidade: Possibilidades de Ensino na Educação Básica**. 2008. 99f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental). Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 2008.

NETO, M. J. *et al.* **As Ciências Naturais na Modernidade**. 2.ed. Cuiabá: UAB/UFMT, 2010.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica 1: mecânica**. 5ed. – São Paulo: Blucher, 2013.

OLIVEIRA, S. G. 2011, 127f. **Khun, Feyerabend e a Revolução Copernicana: “Irracionalidades” na atividade científica?** Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática), Universidade Federal de Goiás, Goiania, 2011.

OSTERMANN, F. **A epistemologia de Kuhn**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 13, n 3: p. 184 – 196, dez. 1996.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 18, n. 2: p. 135 – 151, ago. 2011.

PAULO, S. R. *et al.* **Idade antiga e primitiva**. Cuiabá: UAB/UFMT, 2009. 87 p.: il color.

PEDUZZI, L. V. Q. **Evolução dos Conceitos de Física, força e movimento: de Thales a Galileu**. Departamento de Física (publicação interna), UFSC, Florianópolis – SC, 2008.

PIETROCOLA, M. **A matemática como estruturante do conhecimento físico**. Caderno Catarinense de Ensino de Física. V. 19, n. 1: p. 89 – 109, ago. 2002.

PRAIA, J. F. **Aprendizagem Significativa em D. Ausubel: Contributos para uma adequada visão da sua teoria e incidências no ensino**. Contributos do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, p. 121-134, Peniche, 2000.

PRADO, F. D. **Experiências Curriculares com História e Filosofia da Física**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, 6 (Número Especial): 9 – 17. Jun. 1989.

ROBILOTTA, M. R. **O Cinza, O Branco e O Preto – Da Relevância da História da Ciência no Ensino de Física**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, 5 (Número Especial): p. 7 -22, jun. 1988.

ROSA, K.; MARTINS, M. C.; **A inserção de história e filosofia da ciência no currículo de licenciatura em física da Universidade Federal da Bahia: uma visão de professores universitários.** *Investigação em Ensino de Ciências* – v. 12(3), pp. 321 – 337, 2007.

SALINAS, A. **Eratóstenes y el Tamaño de La Tierra (S. III a.C.).** *Revista de Geografía Norte Grande*, num. 29, 2002, pp. 143 – 148. Pontitica Universidad Católica de Chile, Chile.

SANTOS, C. A. B.; CURI, E. **A formação dos professores que ensinam física no ensino médio.** *Ciência & Educação*, v. 18, n. 4, p. 837 – 849, 2012.

SILVA, E. N.; TEIXEIRA, R. R. P. **A História da Ciência nos livros didáticos: Um estudo crítico sobre o ensino de Física pautado nos livros didáticos e o uso da História da Ciência.** XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2009 – Vitória, ES.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. **A física no Brasil**, - São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, Instituto de Física da USP, 1987. 455p

TAVARES, R. **Aprendizagem Significativa.** *Revista Conceitos* – Página 55; Volume 5; Número 10; 2004.

TEODORO, S. R. **A História Da Ciência E As Concepções Alternativas De Estudantes Como Subsídios Para O Planejamento De Um Curso Sobre Atração Gravitacional.** Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Ciências da UNESP – Campus de Bauru. Bauru, 2000, 277fls.

VALLADARES, J. **A Teoria da Aprendizagem significativa como teoria construtivista.** *Aprendizagem Significativa em Revista/ Meaningful Learning Review* – V1(1), pp. 36-57. 2011.

VILLATORRE, A. M. **Didática e Avaliação em Física.**/ Aparecida Magalhães Villatorre, Ivanilda Higa, Silmara Denise Tychanowicz. – Curitiba: IbpeX, 2008; 166p.: il – (Coleção Metodologia do Ensino de Matemática e Física; v. 2)

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – TEOREMA DE TALES

Considerando que as figuras a seguir representam os triângulos semelhantes apresentados na pirâmide e no bastão simbolizados na figura 1, em que o segmento AB representa a altura da pirâmide e o segmento CD a altura do bastão, pode-se executar um cálculo que permite a determinação da altura da pirâmide.

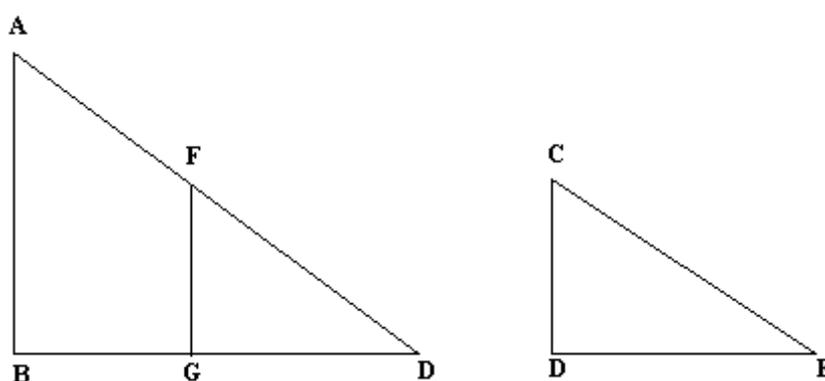


Figura 7; Representação geométrica do triângulo apresentado na Pirâmide de Quéops (triângulo maior) e o bastão (triângulo menor), conforme figura 1.  
Fonte: AutoR, 2016.

Para compreensão do cálculo feito por Tales e que, posteriormente, foi denominado Teorema de Tales descreveremos uma demonstração usando um feixe de retas paralelas como descrito em Luna (2013):

Sejam  $a$ ,  $b$  e  $c$  três retas paralelas e  $t$  e  $m$  duas transversais, conforme a seguir:

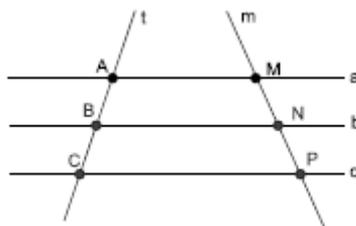


Figura 8; Retas paralelas com segmentos congruentes.  
Fonte: Luna, 2013, p. 18

Por hipótese, temos as retas do feixe de paralelas, que determinam segmentos congruentes sobre uma transversal, digamos  $\overline{AB} = \overline{BC}$ . Devemos provar que  $\overline{MN} = \overline{NP}$ . Para tanto se descreve conforme a figura abaixo:

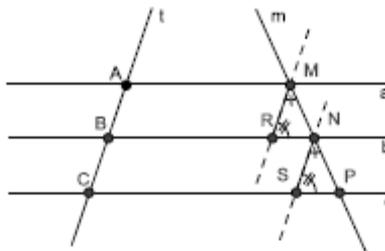


Figura 9; Ilustração da prova da Proposição.

Fonte: Luna, 2013, p. 18

Conforme a figura, anteriormente, foi traçado por M e N retas paralelas a t, note que ABRM e BCSN são paralelogramos, considerando que  $a \parallel b \parallel c$  e por construção  $\overline{MR} \parallel t$  e  $\overline{NS} = t$ , ou seja,  $\overline{MR} \parallel \overline{NS}$ .

Logo, temos que  $\overline{AB} = \overline{MR}$  e  $\overline{BC} = \overline{NS}$ . E, como  $\overline{AB} = \overline{BC}$ , segue que,  $\overline{MR} = \overline{NS}$ . Agora, note que  $\widehat{MRN} = \widehat{NSP}$  e que  $\widehat{NMR} = \widehat{PNS}$ , pois, como já mencionado,  $b \parallel c$  e  $\overline{MR} \parallel \overline{NS}$ . No entanto, temos que os triângulos MRN e NSP são congruentes, pelo caso ângulo, lado, ângulo (A.L.A). Portanto,  $\overline{MN} = \overline{NP}$ .

Sobre um feixe de reta Netto (1998) descreve:

Quando as retas de um feixe de paralelas interceptam duas transversais quaisquer, então a segmentos congruentes determinados numa das transversais correspondem segmentos congruentes na outra transversal. (NETTO, 1998, p. 82).

A partir da demonstração anterior, sobre o feixe de retas paralelas, descreveremos o Teorema de Tales, que Netto (1998, p. 83) assim define, *um feixe de paralelas determina, em duas transversais quaisquer, segmentos proporcionais*.

A prova, definição, da descrição do Teorema de Tales conforme encontrada em Luna (2013) é descrita conforme a seguir:

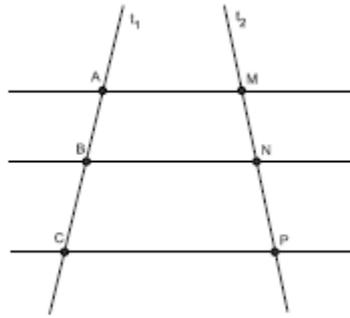


Figura 10; Segmentos proporcionais.  
Fonte: Luna, 2013, p. 19

Sejam  $\overline{AB}$  e  $\overline{BC}$  segmentos cuja razão entre eles é um número racional, temos  $a$ ,  $b$  e  $c$  como retas paralelas e  $t_1$  e  $t_2$  duas retas transversais às retas  $a$ ,  $b$  e  $c$ , conforme a figura abaixo:

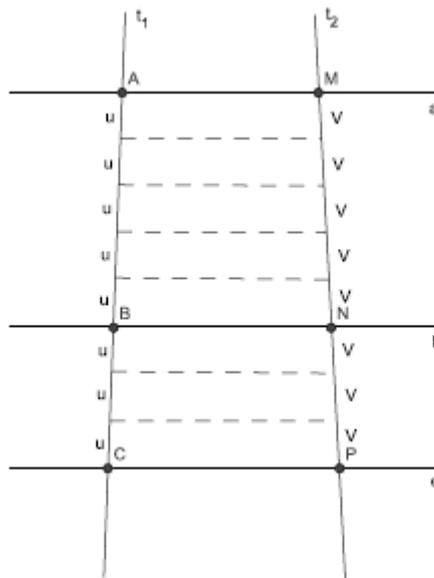


Figura 11; Esquema Geométrico da Prova do Teorema de Tales.  
Fonte: Luna, 2013, p. 19

Como  $AB$  e  $BC$  são comensuráveis, ou seja, a razão entre eles é um número racional, então existe um segmento de comprimento  $u$  que divide o comprimento do segmento  $AB$  em  $p$  partes e o segmento  $BC$  em  $q$  partes, em que  $p$  e  $q$  são números inteiros. Conforme a figura, temos  $p = 5$  e  $q = 3$ , logo

$$\overline{AB} = pu \text{ e } \overline{BC} = qu \quad (\text{Equação 01})$$

$$\frac{\overline{AB}}{\overline{BC}} = \frac{pu}{qu} = \frac{p}{q} \quad (\text{Equação 02})$$

Contudo, nos pontos obtidos pela divisão de AB e BC por u, tracemos retas paralelas à reta  $\overrightarrow{AM}$  do feixe que irão interceptar  $t_2$  em segmentos congruentes v, como mencionado por Netto (1998) sobre feixe de retas. Desse modo, temos que os segmentos MN e NP ficarão divididos em p partes e q partes respectivamente, ou seja,  $\overline{MN} = pv$  e  $\overline{NP} = qv$ . Daí

$$\frac{\overline{MN}}{\overline{NP}} = \frac{pv}{qv} = \frac{p}{q} \quad (\text{Equação 03})$$

Logo

$$\frac{\overline{AB}}{\overline{BC}} = \frac{\overline{MN}}{\overline{NP}} \quad (\text{Equação 04})$$

Portanto,  $\overline{AB}$ ,  $\overline{BC}$ ,  $\overline{MN}$  e  $\overline{NP}$  são proporcionais.

Após a demonstração feita anteriormente, acredita-se ser possível a compreensão da descrição abaixo, que está relacionada à Figura 2 (Representação geométrica da Pirâmide de Quéops (triângulo maior) e o bastão (triângulo menor)).

Como o segmento AB é paralelo ao segmento FG e, DB e DA são transversais às paralelas AB e FG, segue do Teorema de Tales:

$$\frac{\overline{DF}}{\overline{DA}} = \frac{\overline{DG}}{\overline{DB}} \quad (\text{Equação 05})$$

Assim, como  $DG = ED$  e  $EC = DF$ , então, substituindo temos

$$\frac{\overline{EC}}{\overline{DA}} = \frac{\overline{ED}}{\overline{DB}} \quad (\text{Equação 06})$$

De maneira análoga, demonstra-se que a razão entre os triângulos ABD e CDE da figura 2, são proporcionais entre si.

Nesta demonstração podemos mencionar, conforme descreve Bongiovanni (2007, p. 99):

A questão da proporcionalidade era de grande importância para os gregos, principalmente na arquitetura e agrimensura. Por isso, conjectura-se que a primeira sistematização da geometria pode ter sido em torno da questão da proporcionalidade de segmentos determinados por um feixe de retas paralelas e outro de retas transversais (BONGIOVANNI, 2007, p. 99).

## APÊNDICE B – O CÁLCULO DO RAIOS DA TERRA (ERATÓSTENES)

Para calcular o raio da Terra, Eratóstenes primeiro determinou o seu comprimento da circunferência,  $C = 2\pi R$  em que,

$C$ : comprimento da circunferência;

$2\pi$ : ângulo total referente a uma volta no círculo;

$R$ : raio da Terra.

Eratóstenes fez uso da proporcionalidade para escrever a seguinte equação:

$$\frac{s}{2\pi R} = \frac{\theta}{360^\circ} = \frac{7,2}{360} = \frac{1}{50} \quad (\text{Equação 07})$$

Sendo,

$s$ : distância entre Siena e Alexandria;

$7,2^\circ$ , o ângulo formado entre os raios solares e o bastão, em Alexandria;

$360^\circ$ , o ângulo da circunferência.

Uma vez que  $\frac{s}{2\pi R}$  é proporcional a  $\frac{1}{50}$ , resulta em  $C = 2\pi R = 50s$ .

A distância entre as cidades de Siena e Alexandria, usada por Eratóstenes foi de 5000 “stadia”. Logo,  $C = 250.000$  “stadia”. Considerando o valor da “stadia” igual a 157 metros, temos que a circunferência da Terra é igual a 39.250 km, segundo Eratóstenes. Substituindo este valor na expressão  $C = 2\pi R$ , o raio da Terra tem valor de 6.250 km.

Ainda que a definição exata do valor de uma *stadia* tenha sido questionada e proposta em valores diferentes, o mesmo questionamento, sobre a definição do método utilizado não se pode fazer, como descreve Mora (2011, p. 110):

Dentro do desenvolvimento da atividade, se fez necessário indagar sobre a utilidade da sombra através da história, encontrando que antigamente, estas foram utilizadas para realizar medições astronômicas importantes nas quais se fez uso dos conhecimentos e desenvolvimentos matemáticos conhecidos naquela época. Desta maneira, civilizações como a babilônica, a egípcia e a grega fizeram uso da sombra projetada em um gnomon (posto verticalmente ao solo) para realizar medições do tempo. ..

Pode-se, assim, perceber que este cálculo e método fizeram com que Eratóstenes, para a época, fosse o sábio que mais próximo chegou da medida do raio da Terra e que este, por muito tempo, serviu como referência entre os estudiosos.

## APÊNDICE C – CENTRO DE GRAVIDADE E ALAVANCA (ARQUIMEDES)

O Centro de Gravidade e a Alavanca são duas das obras de Arquimedes que têm como estudo o equilíbrio, mais especificamente o repouso, esta compreensão poderá acontecer a partir deste apêndice.

Assis (2008, p. 1) explica que:

O centro de gravidade de um corpo rígido é o ponto tal que, se imaginarmos o corpo suspenso por este ponto e com liberdade para girar em todos os sentidos ao redor deste ponto, o corpo assim sustentado permanecerá em repouso e preservará sua posição original, qualquer que seja a orientação do corpo em relação à Terra.

Para exemplificar, podemos usar um corpo rígido em formatos geométricos como círculo, retângulo, paralelogramo e o triângulo, quando solto sobre uma base vertical (uma garrafa pet, uma haste de ferro), que servirá como suporte para equilibrar as figuras geométricas, de tal maneira que o seu *CG* fique exatamente sobre a extremidade superior do suporte; este corpo, uma vez em equilíbrio, terá a sua posição paralela ao solo. Podemos visualizar este exemplo por meio das representações na figura 8.

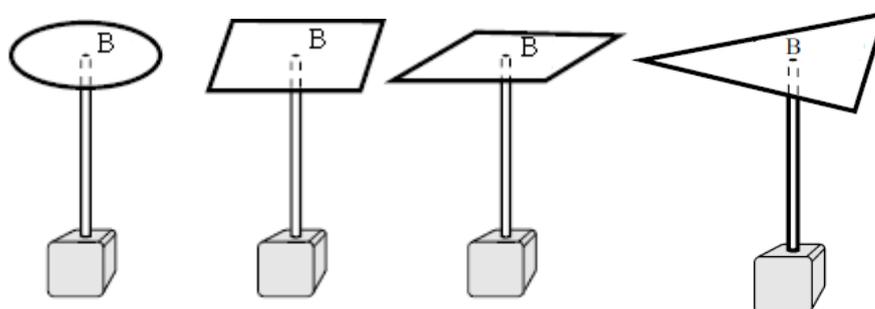


Figura 12; Centro de Gravidade das figuras planas: círculo, retângulo, paralelogramo e triângulo.

Fonte: Assis, 2008.

Para algumas das formas geométricas, o centro de gravidade pode ser determinado conforme apresentado.

- No círculo: caso tenha sido feito com o compasso, basta marcar com um x o buraco onde foi apoiada a sua base, mas, se usado um copo, pode-se encontrar o centro a partir do cruzamento de dois diâmetros traçados no círculo.

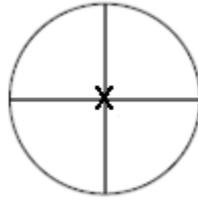


Figura 13; Encontrando o *CG* de um círculo com dobraduras.  
Fonte: Assis, 2008.

- No paralelogramo e no retângulo: podemos descobrir o *CG* ligando os pontos médios de cada lado ao seu lado oposto ou traçando as suas diagonais; em ambos haverá intersecção e será nesta que encontraremos o centro da figura.

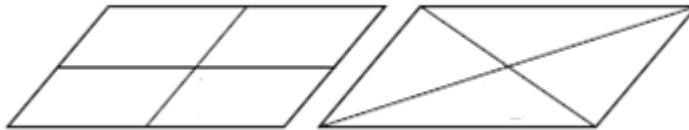


Figura 14; Determinando o *CG* de um paralelogramo com dobraduras.  
Fonte: Assis, 2008.

- No triângulo: é preciso traçar o vértice de cada lado ao ponto médio do seu lado oposto. No cruzamento destes vértices teremos o *CG*.



Figura 15; Determinando o *CG* de um triângulo.  
Fonte: Assis, 2008.

Além das figuras planas mencionadas anteriormente, podemos usar, também, como exemplo de equilíbrio a partir do *CG*, um brinquedo conhecido como João Bobo.

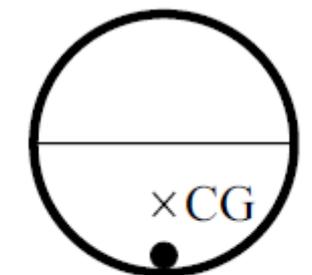


Figura 16; O *CG* do João bobo (brinquedo).  
Fonte: Assis, 2008.

Nesta figura, podemos visualizar como funciona a base do João Bobo. Esta é a posição de equilíbrio estável do brinquedo, já que o *CG* do conjunto está na posição mais baixa possível. Em outras palavras, o *CG* encontra-se entre o centro da esfera e o peso colocado na base (ASSIS, 2008).

Segundo Assis, (2008) *equilíbrio estável* é:

A posição na qual *CG* está verticalmente abaixo do *OS* (ponto de suspensão) e, além disso, quando qualquer perturbação nesta posição faz com que o *CG* suba. Chama-se de posição preferencial do corpo à configuração em que o *CG* está verticalmente abaixo do *OS*. Observa-se que caso o corpo seja solto do repouso na posição preferencial, ele vai permanecer em equilíbrio. Caso ele sofra alguma perturbação, vai oscilar ao redor da posição preferencial, diminuindo sua amplitude de oscilação devido ao atrito, até retornar à posição preferencial. Por este motivo esta situação é chamada de equilíbrio estável (ASSIS, 2008, p. 87).

Nesta definição do *equilíbrio estável* é possível entender tanto os exemplos mencionados acima quanto a definição da *Alavanca* que abordaremos a seguir.

Assis (2008, p. 165) define a *Alavanca* como “um corpo rígido, geralmente linear, capaz de girar ao redor de um eixo horizontal fixo em relação à Terra (o fulcro ou ponto de sustentação – *OS*)”. Uma característica fundamental que encontramos na alavanca é a posição do seu eixo de rotação que, em geral, é ortogonal à alavanca, com os dois lados ficando usualmente no plano horizontal, em equilíbrio estável, quando a alavanca está parada em relação à Terra. Podemos visualizar tal descrição na figura a seguir.

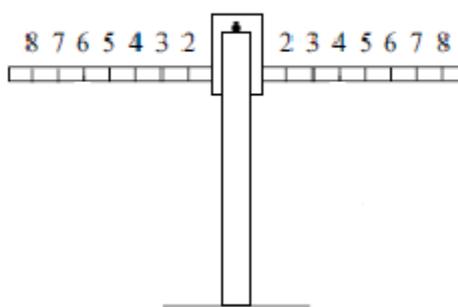


Figura 17; Alavanca.  
Fonte: Assis, 2008.

Podemos observar na figura que, além da descrição feita no parágrafo anterior, a alavanca tem, na horizontal, um travessão simétrico em relação ao plano vertical. Para

o bom uso e eficiência da alavanca é preciso fazer a sua calibração. Para fazer a calibração da alavanca é preciso que o travessão fique livre na horizontal, ou seja, sem a adição de massas. Uma vez em equilíbrio, coloca-se dois pesos de massas iguais ( $P_A = P_B = P$ ) em braços iguais da alavanca ( $d_A = d_B = d$ ) e ela deve permanecer equilibrada ao ser solta do repouso (ASSIS, 2008).

É possível, a partir desta calibração, que ao colocarmos um peso em qualquer lugar na alavanca teremos o equilíbrio. Mas, para que isso aconteça efetivamente, segundo a expressão,

$$\frac{d_B}{d_A} = \frac{P_A}{P_B} \quad (\text{Equação 08})$$

a igualdade permaneça obedecendo a concepção de proporcionalidade conforme já visto em Tales.

A partir desta expressão, onde dois corpos, A e B, usados para experimentação, de maneira que,  $d_A$  e  $d_B$  são as distâncias horizontais entre os pontos de atuação, eixo central da alavanca,  $P$  o peso e  $N$  o número de corpos com o mesmo peso. É possível entender que um peso menor, ou seja, mais leve (com uma massa menor em relação ao outro corpo), pode equilibrar um peso maior, mais pesado (com uma massa maior em relação ao corpo mais leve), desde que esteja mais afastado do eixo da alavanca em relação ao peso maior.

Segundo Assis (2008, p. 170), esta é a parte inicial da lei da alavanca, que é também a lei mais antiga da mecânica, ciência que trata do equilíbrio e movimento dos corpos terrestres, e por este motivo é chamada às vezes de *primeira lei da Mecânica*.

A lei da alavanca pode ser aplicada em situações em que o peso dá lugar à força, situação esta em que a alavanca atuará como uma *máquina simples*, que é descrita por Assis (2008, p. 176) como “um dispositivo que pode multiplicar a intensidade de uma força com o objetivo de realizar algum trabalho. [...] Quando utilizamos uma alavanca como uma máquina simples, é mais conveniente falar de forças do que de pesos [...]”. Logo, a expressão que era  $P_A/P_B = d_B/d_A$  será assim escrita  $F_A/F_R = d_R/d_A$ , onde  $F_A$  será a força aplicada na máquina pelo operador e  $F_R$  como a força resistente, ou força aplicada no peso a ser levantado.

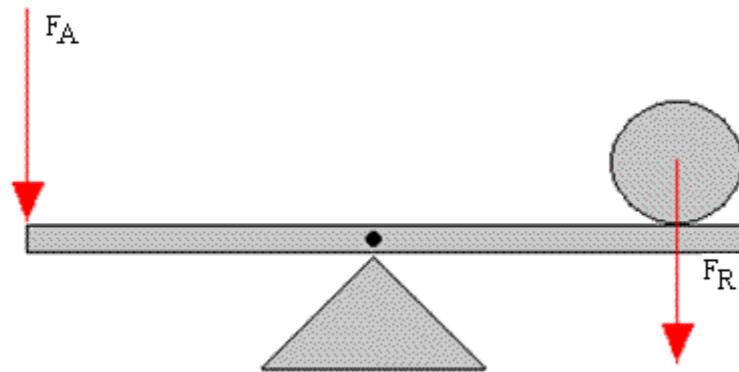


Figura 18; Máquina Simples.  
Fonte: Autor, 2016.

Na figura 14 é possível perceber que as forças  $F_A$  e  $F_R$  atuam no mesmo sentido, verticalmente para baixo, a distâncias horizontais  $d_A$  e  $d_R$ , respectivamente, conforme descrito anteriormente  $F_A/F_R = d_R/d_A$ , expressão que descreve a lei experimental da alavanca. Se,  $F_A/F_R \neq d_R/d_A$ , a alavanca irá girar em relação ao suporte horizontal, caracterizando torque ou momento de uma força representado pela letra  $\tau$ .

Segundo Assis (2008), a lei experimental da alavanca permite definir de maneira quantitativa a razão  $\tau_A/\tau_R$  entre as intensidades dos torques exercidos pelas duas forças  $F_A$  e  $F_R$ , como sendo dada por,

$$\frac{\tau_A}{\tau_R} = \frac{F_A d_A}{F_R d_R} \quad (\text{Equação 09})$$

## APÊNDICE D – GALILEU E A QUEDA DOS CORPOS

Estes estudos envolviam medir o período de tempo necessário para os corpos percorrerem diversas distâncias e, a partir de várias repetições no plano inclinado, chegou-se à seguinte expressão:

$$s(t) = ct^2 \quad (\text{Equação 14})$$

em que

$s$  é a distância percorrida;

$t$  é o instante para cada distância percorrida;

$s(t)$  é a distância em função do tempo;

$c$  uma constante, considerando a superfície lisa e sem atrito, que representa a posição em que o corpo se encontra no momento do primeiro segundo de queda (posição inicial, ou seja, o corpo estava em repouso).

A cada repetição, Galileu inclinava mais o plano até chegar próximo à posição vertical (figura 18).



Figura 19; Plano inclinado usado por Galileu.

Fonte: [www.scielo.br](http://www.scielo.br)

A partir das repetições do experimento no plano inclinado Galileu percebeu que a aceleração do corpo em queda era constante. Com isso, ele passou a descrever o resultado do experimento como *movimento uniformemente acelerado*.

Para o caso de um corpo em queda livre, Galileu utilizou a expressão definida para o deslocamento,  $s(t) = ct^2$ , e derivou as expressões que definem a velocidade e a aceleração do corpo.

Considerando que a velocidade é a razão entre a variação do deslocamento e o tempo gasto para percorrer o mesmo, temos a equação 14 como deslocamento inicial e:

$$s(t+h) = c(t+h)^2 \quad (\text{Equação 15})$$

Sendo  $h$  o intervalo de tempo do deslocamento (deslocamento final);

A velocidade média será determinada por:

$$V_m = \frac{[s(t+h) - s(t)]}{h} \quad (\text{Equação 16})$$

Substituindo  $s(t+h)$  por  $c(t+h)^2$  e  $s(t)$  por  $ct^2$  teremos:

$$V_m = \frac{[c(t+h)^2 - ct^2]}{h} \quad (\text{Equação 17})$$

Resolvendo a subtração na Equação 17 teremos:

$$\begin{aligned} V_m &= \frac{[c(t^2 + 2th + h^2) - ct^2]}{h} \\ V_m &= \frac{ct^2 + 2cth + ch^2 - ct^2}{h} \\ V_m &= \frac{2cth + ch^2}{h} \\ V_m &= 2ct + ch \end{aligned}$$

Sendo “ $h$ ” o intervalo de tempo cada vez menor, ou seja, tendendo a zero, logo chegamos à expressão que definirá a velocidade instantânea ( $v$ ),

$$V_m = 2ct \quad (\text{Equação 18})$$

Sendo a aceleração derivada da velocidade teremos que:

$$v(t) = 2ct \quad (\text{velocidade inicial});$$

$$v(t+h) = 2c(t+h) \text{ (velocidade final);} \quad \text{(Equação 19)}$$

Logo, se subtrairmos as expressões  $\frac{[v(t+h) - v(t)]}{h}$  que descrevem a variação da velocidade dividida pelo tempo  $h$ , temos:

$$\frac{[2c(t+h) - 2ct]}{h}$$

$$\frac{[2ct + 2ch - 2ct]}{h}$$

$$\left[ \frac{2ch}{h} \right]$$

Após a subtração teremos a equação que representa a aceleração.

$$a(t) = 2c \quad \text{(Equação 20)}$$

Considerando que a aceleração que atua sobre um corpo em queda livre é a aceleração da gravidade “g” que na expressão substituirá a (t), de maneira que  $g = 2c$  ou  $c = g/2$  resultará em:

$$s(t) = ct^2 \rightarrow s(t) = \frac{g}{2}t^2 \quad \text{(Equação 21)}$$

$$v(t) = 2ct \rightarrow v(t) = gt \quad \text{(Equação 22)}$$

$$a(t) = 2c \rightarrow a(t) = g \quad \text{(Equação 23)}$$

Logo, é possível com esta última expressão  $a(t) = g$  entender a definição feita por Galileu ao descrever a queda de um corpo como um *movimento uniformemente acelerado*.

Esta definição também é válida para corpos lançados verticalmente, conforme descreve Nussenzveig (2013, p. 58):

Os experimentos de Galileu, e muitos outros posteriores, acabaram estabelecendo como fato experimental que o movimento de queda livre de um corpo solto ou lançado verticalmente, na medida em que a resistência do ar possa ser desprezada, é um movimento uniformemente acelerado, no qual a aceleração é a mesma para todos os corpos.

Estes experimentos possibilitaram a Galileu constatar, como já mencionado, a proporcionalidade,  $s(t) = ct^2$ , e estas considerações pós-experimentos levaram o mesmo a concluir, segundo Peduzzi (2008, p. 133), que *quando dois corpos independentemente de seus pesos e do material do qual são constituídos, são soltos de uma mesma altura, ambos atingem o solo simultaneamente.*

Ainda fazendo uso do experimento no plano inclinado, Galileu também observou, conforme relata Nussenzveig (2013, p. 93) que:

se caso a bola for lançada em um plano horizontal polido e desprezando a resistência do ar, esta continuaria em um movimento infinito, que resultaria em um movimento retilíneo uniforme, o que possibilitou a definição da Lei da Inércia.

## APÊNDICE E – AS TRÊS LEIS DE KEPLER

Para poder dar continuidade, descreveremos sobre o movimento circular (velocidade angular), com o intuito de propiciar um melhor entendimento sobre as descrições das leis de Kepler.

Podemos começar fazendo uso da figura 15. Se considerarmos o sol como um ponto fixo no centro do círculo, será possível dizer que a distância do sol à extremidade do círculo ou órbita, onde está localizada a Terra, é o raio “r”. Logo, sendo AB um arco que representa o deslocamento “s” da Terra, temos então:

$$\theta = \frac{s}{r} \quad (\text{Equação 24})$$

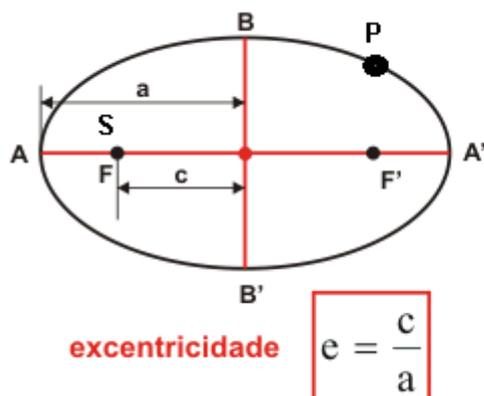
Como já visto na equação 16, no apêndice D, a velocidade é a razão entre o deslocamento e tempo gasto para se deslocar. Contudo, podemos assim descrever que a velocidade angular será a razão entre o deslocamento angular  $\Delta\theta$  e o intervalo de tempo  $\Delta t$ :

$$\omega = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (\text{Equação 25})$$

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt} \quad (\text{Equação 26})$$

Além do período marciano, o movimento retrógrado de Marte também foi uma das observações feitas por Kepler e, nestas, ele descobriu que a órbita de Marte é uma elipse. Logo, segundo Peduzzi (2008, p. 151) “Kepler acabou estendendo este resultado aos demais planetas, em sua lei das órbitas, também conhecida como a Primeira lei de Kepler do movimento planetário”.

A elipse é uma figura que tem o seu grau de achatamento maior ou menor definido pela razão  $e = c/a$ , que é definida como a excentricidade da elipse. A figura a seguir detalha as características da elipse.



Onde:

- AA' e BB' são os eixos de simetria;
- F, F' = focos;
- S = Sol;
- P = Planeta;
- FF' = distância focal;
- a = semi - eixo horizontal;
- c = semi - distância focal ou semi - eixo focal.

Figura 20; Excentricidade de uma elipse (1ª Lei de Kepler).

fonte: [objetoseducacionais2.mec.gov.br](http://objetoseducacionais2.mec.gov.br)

(Equação 27)

A excentricidade da elipse é um valor compreendido entre 0 e 1 e, neste intervalo, quanto mais próximo “e” está de zero mais a elipse tende a um círculo perfeito e, quanto mais próximo de 1, mais achatada é a elipse.

Em continuidade aos seus estudos a partir da observação dos movimentos dos planetas, em relação ao movimento da Terra, Kepler afirmou que ela está cumprindo a sua trajetória elíptica, ficando mais próxima do Sol em janeiro (periélio) e mais distante dele em julho (afélio) (HAWKING, 2005). Ainda sobre a Terra, Peduzzi (2008, p. 150) descreve que:

Kepler constatou que a Terra se movimentara mais rapidamente quando estava mais próxima do Sol. Isso significava que, para um mesmo intervalo de tempo, os comprimentos dos arcos por ela descritos para pontos de sua órbita mais afastados do Sol eram menores do que aqueles por ela determinados quando estava mais próximo do mesmo (PEDUZZI, 2008, p. 150).

Esta descrição pode ser visualizada na figura a seguir.

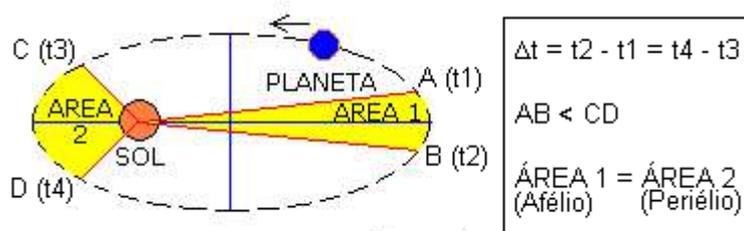


Figura 21; Lei das Áreas (Segunda Lei de Kepler).

Fonte: [www.vdl.ufc.br](http://www.vdl.ufc.br)

A parte em amarelo na figura acima descreve as áreas percorridas por um planeta quando próximo e quando distante do sol. Para a demonstração da lei que define este movimento faremos uso do conceito do momento angular, que, segundo Nussenzveig (2013, p. 284), é “a taxa de variação com o tempo do momento angular de uma partícula em relação ao um ponto O, que é igual ao torque em relação ao ponto O, que atua sobre a partícula”.

Como já visto na seção 2.7.4, em que o torque ( $\tau$ ) é definido por  $F_A d_A$ , ou seja, é o produto entre a força aplicada e a distância, posição, de aplicação desta força do eixo central, segundo por Nussenzveig (2013) o momento linear é

$$l = r \times p \quad (\text{Equação 28})$$

Sendo “l” o momento angular, “r” o raio e “p” o momento linear, de maneira que o raio esta relacionado à  $d_A$  e o momento linear com  $F_A$ .

As áreas 1 e 2 na figura anterior são percorridas pela velocidade areolar, que é a taxa de variação, deslocamento, “dr” ou arco AB, com o tempo da área varrida pelo raio vetor “r” representada pela equação

$$dA = \frac{1}{2} |r \times p| \quad (\text{Equação 29})$$

onde,

$$\begin{aligned} \frac{dA}{dt} &= \frac{1}{2} \left| r \times \frac{dr}{dt} \right| \\ \frac{dA}{dt} &= \frac{1}{2} |r \times v| \\ \frac{dA}{dt} &= \frac{1}{2m} |r \times p| \end{aligned}$$

$$\frac{dA}{dt} = \left| \frac{l}{2m} \right| , \quad (\text{Equação 30})$$

isto é, a velocidade areolar é diretamente proporcional à magnitude do momento angular.

Nussenzveig (2013) afirma que, no movimento sob a ação de forças centrais, o momento angular é o mesmo, de tal maneira que a velocidade areolar é constante, ou

seja, o raio vetor que liga a partícula, neste caso o planeta, ao centro de forças descreve áreas iguais em tempos iguais.

Logo, temos que,

$$l = |l| \quad (\text{Equação 31})$$

$$mr_P v_P = mr_A v_A \quad (\text{Equação 32})$$

$$\frac{v_P}{v_A} = \frac{r_A}{r_P} \quad (\text{Equação 33})$$

Sendo P (Periélio) e A (Afélio).

As duas leis de Kepler, até agora abordadas, foram divulgadas em 1609 em seu livro *Astronomia Nova*, mas estas ainda não o haviam deixado satisfeito, como podemos ver no relato de Nussenzveig (2013, p. 241) que afirma, sobre Kepler, que:

Desde sua juventude, ele havia procurado correlacionar umas com as outras as órbitas planetárias, por meio de alguma regularidade ligando os raios médios das órbitas, bem como seus períodos de revolução. Foi só perto do fim de sua vida, em 1618, após inúmeras tentativas infrutíferas, que ele acabou descobrindo a regularidade que buscava, na forma de sua 3ª lei (lei dos períodos) (NUSSENZVEIG, 2013, p. 241).

A terceira lei de Kepler é assim definida (NUSSENZVEIG, 2013, p. 241):

*Os quadrados dos períodos de revolução de dois planetas quaisquer estão entre si como os cubos de suas distâncias médias ao sol ( $T^2/R^3$ )*

Esta lei foi publicada no livro *A harmonia dos mundos*. Para melhor entendimento, será apresentada na figura 22, a determinação do raio médio da órbita de um planeta, raio este que, segundo Peduzzi (2008), é igual à metade da distância entre o periélio e o afélio. Em outras palavras, o raio é igual ao semi-eixo maior da órbita elíptica, conforme descrito na figura:

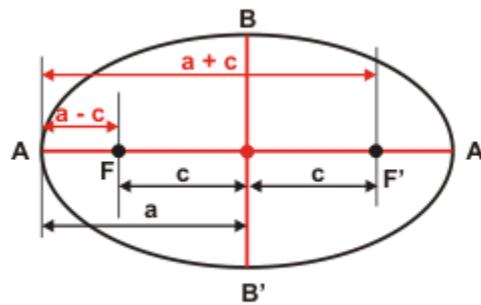


Figura 22; Lei dos Períodos (Terceira Lei de Kepler).  
 Fonte: objetoseducacionais2.mec.gov.br

Sendo  $(a-c)$  a distância do planeta ao Sol que representa o periélio e  $(a+c)$  representando o afélio, temos:

$$\bar{r} = \frac{(a-c) + (a+c)}{2}$$

$$\bar{r} = a \quad \text{(Equação 34)}$$

ou seja, a distância média de um planeta ao Sol é o próprio semi-eixo horizontal.

O período “T” mencionado nesta lei é o tempo que o planeta leva para percorrer a sua órbita, cuja expressão é

$$T = \frac{2\pi r}{|v|} \quad \text{(Equação 35)}$$

com  $2\pi r$  descrevendo a órbita completa e  $v$  a frequência de voltas dadas.

A publicação das leis de Kepler, em específico a terceira lei, foi de inquestionável importância na escalada dos conhecimentos, que culminou com a lei da gravitação universal de Newton, sessenta anos mais tarde (PEDUZZI, 2008).

## APÊNDICE F – FORÇA GRAVITACIONAL E AS LEIS DO MOVIMENTO (NEWTON)

Sendo a órbita circular, o movimento é circular e uniforme conforme a 2ª lei de Kepler, com uma aceleração centrípeta ( $a$ ) igual ao produto da velocidade angular ( $\omega$ ) com o raio ( $R$ ) da órbita planetária, conforme a expressão,

$$a = -\omega^2 R, \text{ para } \omega = \frac{2\pi}{T} \quad (\text{Equação 36})$$

$$a = \frac{-4\pi^2 R}{T^2}, \text{ sendo } T \text{ o período de revolução do planeta.} \quad (\text{Equação 37})$$

Se  $m$  é a massa do planeta, a força que atua sobre ele é dada pela 2ª lei de Newton,

$$F = ma$$

$$F = \frac{-4\pi^2 mR}{T^2} \quad (\text{Equação 38})$$

Sendo esta a força atrativa central (dirigida para o Sol),

Pela 3ª lei de Kepler, temos:

$$\frac{R^3}{T^2} = C \quad (\text{Equação 39})$$

$C$  é constante e tem o mesmo valor para todos os planetas. Logo, podemos reescrever a expressão,

Como,

$$F = \frac{-4\pi^2 mR}{T^2}$$

$$F = \frac{-4\pi^2 Cm}{R^2} \quad (\text{Equação 40})$$

Contudo, a lei dos períodos de Kepler leva à conclusão de que a força gravitacional varia inversamente com o quadrado da distância do planeta ao Sol.

Pela 3ª lei de Newton, o planeta exerce uma força igual e contrária sobre o Sol, a qual deve também ser proporcional à massa  $M$  do Sol, levando a definir, assim, a expressão que descreve a lei da Gravitação Universal,

$$F = \frac{-GmM}{R^2}, \text{ } G \text{ (constante universal)}. \quad (\text{Equação 41})$$

Ainda que Newton tenha usado as leis de Kepler para descobrir a força gravitacional, é necessário mencionar que esta descoberta também teve como colaborador Galileu, conforme descreve Hawking (2005, p. 157):

Se Galileu havia mostrado que os objetos eram ‘puxados’ para o centro da Terra, Newton foi capaz de mostrar que esta mesma força, a gravidade, afetava as órbitas dos planetas.

Newton conquistou seu lugar na história, não só por formular a força gravitacional, mas, também, ao definir as leis do movimento e da atração em uma das suas maiores publicações: o Princípios. Foi nesta obra que Newton fundiu as contribuições de Copérnico, Galileu, Kepler e outros, em sua nova sinfonia dinâmica (HAWKING, 2005).

### **Leis de Newton (Leis de Movimento)**

Sobre as Leis de Newton, descreveremos suas interpretações conforme Nussenzveig (2013):

1ª Lei de Newton

“Todo corpo em repouso (ou em movimento retilíneo uniforme - MRU) tende a permanecer em repouso (ou em movimento retilíneo uniforme), a menos que uma ação haja sobre ele”.

2ª Lei de Newton

“Um corpo sofre variação temporal de seu momento linear  $\vec{p}$  ao sofrer ação de uma força”.

$$\vec{p} = m\vec{v}, \text{ sendo } m \text{ (massa) e } v \text{ (velocidade)}. \quad (\text{Equação 42})$$

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (\text{Equação 43})$$

A massa “m” na equação 43 é considerada constante, de maneira que podemos descrever a equação a partir da variação temporal e da ação de uma força.

Sendo,

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{a} \quad (\text{Equação 44})$$

Logo,

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = m\vec{a} \quad (\text{Equação 45})$$

Na Equação 28 temos  $d\vec{p}$  (variação do momento),  $dt$  (variação do tempo), na equação 29,  $d\vec{v}$  (variação da velocidade),  $\vec{a}$  (aceleração).

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}, F \text{ (Força)} \quad (\text{Equação 46})$$

Segundo Nussenzveig (2013, p. 98), “a variação do momento é proporcional à força impressa, e tem a direção da força, ou seja, a força é a taxa de variação temporal do momento”.

### 3ª Lei de Newton

“Para toda ação, existe uma reação de mesma intensidade, direção e sentido”.

Nussenzveig (2013) descreve uma experiência envolvendo discos que se envolvem em uma colisão frontal, ou seja, se dão segundo a linha que une os centros dos dois.

É possível tornar visível a experiência que demonstra a 3ª lei de Newton nas figuras 23, 24 e 25.

Antes da colisão:

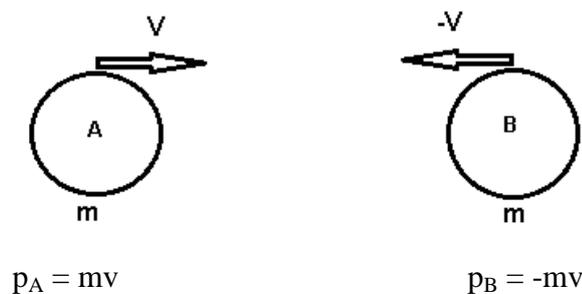


Figura 23; Dois discos colidindo em velocidades opostas.  
Fonte: Autor, 2016.

Durante a colisão:

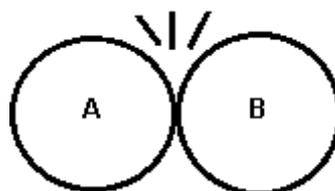


Figura 24; Colisão entre os dois discos.

Fonte: Autor, 2016.

Depois da colisão:

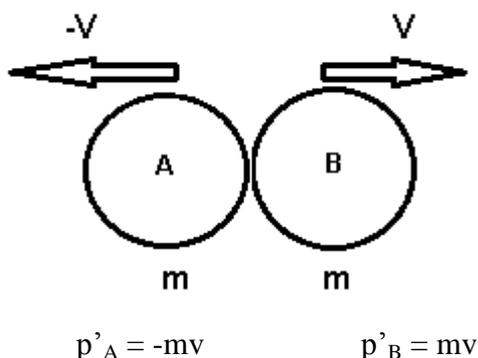


Figura 25; Os discos após a colisão.

Fonte: Autor, 2016.

As leis de Newton estabelecem as possíveis origens do movimento dos corpos, o que caracteriza o modelo newtoniano da Mecânica Clássica. Por serem Leis, não podem ser deduzidas, são postulados da Mecânica Clássica. Porém, são interpretadas por meio da investigação do próprio movimento. No caso da interpretação da 1ª lei, que descreve o comportamento de um corpo, se o mesmo está em repouso ou em movimento, é preciso, antes, encontrar um ponto referencial, pois para o corpo estar em repouso ou em movimento é preciso estar sendo analisado a partir de uma referência que na 1ª lei é chamado de *referencial inercial*. Então não basta apenas alegar que o corpo está em repouso ou em movimento, existe a necessidade de complementar esta informação descrevendo que o comportamento do corpo, seja ele em repouso ou em movimento, se dá porque algo está se movendo para considerar que o corpo está em repouso, ou algo está parado para afirmar que o corpo está em movimento.

Para a 2ª lei, que analisa e descreve a quantidade de movimento de um corpo, feita a partir de uma *força resultante*, na equação 42, que descreve o momento linear, é possível perceber que o momento linear e a velocidade são diretamente proporcionais, e a massa constante. Sabendo que a variação da velocidade pelo tempo é igual a aceleração, temos que a massa vezes a aceleração, que é resultado da força resultante, passam a descrever o momento linear, logo temos que a força resultante, não nula, é a variação temporal do momento linear, ou seja, a força resultante aplicada é diretamente proporcional a velocidade.

No caso da 3ª lei, interpretá-la torna-se possível se houver dois corpos distintos, que chamaremos de disco, de maneira que as forças aplicadas sobre eles sejam de mesma natureza, sendo assim, podemos descrever a sua interpretação a partir da colisão entre estes dois discos, conforme descrito nas figuras 23, 24 e 25, neste experimento, no momento antes da colisão, os discos têm a mesma velocidade e sentidos opostos. No momento da colisão, acontecem as forças de interação, sendo  $\vec{F}_{B,A}$  que é a representação da força atuante em A devido a B e  $\vec{F}_{A,B}$  a força atuante em B devido a A. Em seguida, depois da colisão, cada disco retorna em sentido oposto, conservando o momento linear total, que é matematicamente assim escrita:

$$P_f = P_i \text{ (Conservação do momento total)} \quad \text{(Equação 47)}$$

Na equação 47  $P_f$  é o momento linear final ( $P_{Af} + P_{Bf}$ ), sendo  $P_{Af}$  o momento linear final do disco A e  $P_{Bf}$  o momento linear final do disco B e;  $P_i$  o momento linear inicial ( $P_{Ai} + P_{Bi}$ ), com  $P_{Ai}$  sendo o momento linear inicial do disco A e  $P_{Bi}$  o momento linear inicial do disco B. Substituindo na equação 47 teremos,

$$P_{Af} + P_{Bf} = P_{Ai} + P_{Bi} \quad \text{(Equação 48)}$$

$$P_{Af} - P_{Ai} = -(P_{Bf} - P_{Bi}) \quad \text{(Equação 49)}$$

$$\Delta P_A = -\Delta P_B \quad \text{(Equação 50)}$$

Isso quer dizer que a variação do momento linear do disco A é igual a menos a variação do momento linear do disco B. Com o momento linear sofrendo uma variação temporal, como já visto da equação 43 até a equação 46, temos, então, que

$$\vec{F}_{B,A} = \frac{dP_A}{dt} \quad \text{e} \quad \vec{F}_{A,B} = \frac{dP_B}{dt}$$

Logo, temos que a força atuante em A (devido a B) provoca variação do momento linear do objeto A. Da mesma forma acontece com B, conforme a aplicação da 2ª lei, como já visto na equação 46, podemos, assim, descrever:

$$\vec{F}_{B,A} = -\vec{F}_{A,B} \quad \text{(Equação 51)}$$

A partir desta descrição é possível compreender a 3ª lei de Newton, em que a ação de B em A provoca uma reação de A em B, assim, para toda ação há uma reação de mesma intensidade, mesma direção e em sentidos contrários.

Ainda que as ligações a Newton sejam apenas relacionadas as suas três leis, é preciso salientar que Newton, em 1666, descobriu métodos gerais para resolver problemas de curvatura, sendo eles o método dos fluxos e fluxos inversos (HAWKING, 2005).

A matemática utilizada por Newton em suas descobertas, para a qual em algumas observações ele foi forçado a negligenciar fenômenos como a atração gravitacional, a fim de derivar as leis de Kepler, permitiu aos seus sucessores matemáticos, Euler, Lagrange, Laplace e Gauss, problemas teóricos fascinantes (KUHN, 1998).

## APÊNDICE G – MEDINDO A TERRA

### Objetivo

O objetivo deste experimento é possibilitar o cálculo do diâmetro da Terra a partir de materiais simples, do dia a dia, usando como referência o método utilizado por Eratóstenes.

### Contexto

Eratóstenes (276 – 194 a.C) foi diretor na Biblioteca de Alexandria, grande matemático e contemporâneo de Arquimedes, para o qual, por diversas vezes, enviou cálculos matemáticos, entre eles o cálculo geométrico, para que Eratóstenes pudesse analisar e compartilhar de alguma ideia, uma vez que o acervo de obras na Biblioteca de Alexandria lhe oferecia as melhores informações que podia obter naquela época.

Deste acesso proporcionado pelo cargo ocupado na Biblioteca, Eratóstenes acreditava que a Terra tinha sua forma circular e em suas leituras encontrou afirmações de que, durante o ano, acontecia o solstício de verão, período este em que se tinha o dia mais longo do ano. No dia de solstício em Siene os raios solares ao meio dia são verticais, pois se notava a ausência de sombra e que no mesmo horário em Alexandria os raios solares faziam um ângulo de aproximadamente  $7,2^\circ$  com a vertical. Como Eratóstenes era conhecedor da distância direta entre as cidades de Siene e Alexandria, estas informações foram o suficiente para que o cálculo que determinou o diâmetro da Terra fosse feito.

Descrever a experiência de Eratóstenes de maneira que pudéssemos relacioná-la com a Mecânica Newtoniana se deve ao fato de ambos serem apreciadores e grandes estudiosos da cosmologia. Ainda que vivendo em épocas diferentes, cerca de dezesseis séculos de diferença, Eratóstenes, para a época, como já mencionado, foi o cientista que mais próximo chegou ao valor exato do raio da Terra, por considerar que a superfície terrestre era esférica, séculos depois, Isaac Newton em seus estudos trata da excentricidade e, a partir desta observação, descreve que a Terra tem o seu formato esférico, começando, assim, a desenvolver as suas leis do movimento.

É importante destacar que os estudos sobre a excentricidade que Newton fez teve início com Johannes Kepler que, a partir de observações feitas, descreveu o movimento da órbita de Marte como uma elipse e, a partir desta descoberta Kepler foi o cientista que melhor descreveu as órbitas dos planetas.

### **Ideia do experimento**

A ideia do experimento é fazer com que os envolvidos consigam, utilizando os materiais dispostos e fazendo uso da descrição acima, calcular o diâmetro da Terra.

### **Material a ser utilizado**

- 1 bola de isopor;
- 1 régua de 30 cm;
- 2 palitos de espetinho;
- 30 cm de fio de barbante;
- Lápis e caneta;
- Folha A4.

### **Montagem**

- Montar a bola de isopor;
- Fixar os dois palitos de espetinho de maneira que estes fiquem alinhados na vertical;
- Medir a distância entre os dois palitos;
- Medir o comprimento da sombra do palito.

### **Comentários**

Todos os dados devem ser anotados, a partir das informações coletadas, faça o cálculo de maneira que seja possível encontrar o diâmetro da Terra.

## APÊNDICE H – PÊNULO SIMPLES

### Objetivo

Neste experimento, o objeto é possibilitar o cálculo de “g”, a partir da oscilação de um pêndulo simples.

### Contexto

O estudo relacionado ao Pêndulo Simples teve o seu início através de observações, feitas por Galileu, do movimento de uma lâmpada ao oscilar devido ao vento, cujo conjunto de observações resultou em sua obra “Duas Novas Ciências”, na qual descreve: *As velocidades adquiridas pelo mesmo corpo descendo ao longo de planos de inclinações diferentes são iguais quando as alturas desses planos são iguais.* Além de Galileu, Isaac Newton também desenvolveu estudo sobre o pêndulo e realizou aplicações a partir da observação das oscilações para obter o valor da força gravitacional.

O movimento de oscilação do pêndulo acontece quando um corpo pendurado por um fio é puxado para algum lado saindo da posição em que está perpendicular ao solo e em repouso e, em seguida, solto. Enquanto uma extremidade do fio está fixada na outra contém um corpo de massa “m” que ao ser solto descreve uma trajetória circular, que, se descrito em pequenos intervalos, descreve o deslocamento de um objeto em um plano inclinado. O pêndulo irá mover-se, ou seja, oscilará. Esta descrição caracteriza um pêndulo simples, que estudaremos, sendo este modelo apropriado para descrever um movimento de oscilação com amplitude pequena.

### Ideia do experimento

Possibilitar a compreensão do MHS (Movimento Harmônico Simples), identificar a partir deste a tração, a força peso, a amplitude e ângulos. Em seguida, determinar o valor da aceleração da gravidade.

### Material a ser utilizado

- Barbantes de vários tamanhos;
- Cronômetro;
- Folha A4;
- Lápis e caneta;
- Pequenos pesos.

### **Montagem**

- Fixar uma das extremidades do barbante de maneira que fique suspenso do chão;
- Fixar na outra extremidade um peso;
- Zerar o cronômetro.

### **Comentários**

Após a montagem é preciso lembrar que a marcação do período de oscilação é contada com o peso após ser solto e retomar a sua posição inicial.

## APÊNDICE I – CARRINHO NA RAMPA

### Objetivo

O experimento que iremos propor será executado com o objetivo de oportunizar aos participantes a compreensão do fenômeno da Conservação de Energia Mecânica.

### Contexto

O plano inclinado é o estudo feito por Galileu na tentativa de descrever um corpo em queda livre. Nesta proposta faremos uso de um carrinho em uma rampa. Quando desenvolvido o experimento do plano, Galileu o fez por várias vezes, aumentando a altura do plano de maneira que este ficasse quase que na posição vertical. Motivado por teorias escritas por Copérnico, ao tratar do movimento celeste, quando menciona que objetos pesados tendem a cair em direção ao seu próprio centro, mas que não teve como provar tal teoria, então Galileu buscou dar sequência e propôs o plano inclinado na tentativa de responder a afirmativa de Copérnico.

Ainda que Copérnico, Galileu e Kepler tenham subtendido e percebido que, de alguma forma, os objetos eram puxados para o centro da Terra, apenas Newton foi capaz de mostrar que esta força, que ele chamou de gravitacional, afetava não só os objetos com relação à superfície terrestre, mas também afetava as órbitas dos planetas.

No plano inclinado, a Conservação da Energia já tinha a sua descrição mencionada em um estudo feito por Galileu, que fez parte da sua obra “Duas Novas Ciências”, em que ele descreve: *As velocidades adquiridas pelo mesmo corpo descendo ao longo de planos de inclinações diferentes são iguais quando as alturas desses planos são iguais*. Nesta mesma observação, Galileu descreve que, desprezando o atrito, o corpo que desce o plano só mudará a sua trajetória se uma força externa agir sobre este corpo.

O princípio da Conservação da Energia pode ser assim definido “a energia pode ser transformada ou transferida, mas nunca criada ou destruída”. Em um determinado sistema mecânico, em que formas de energia relacionadas a fenômenos

eletromagnéticos, térmicos ou nucleares não estão presentes, pode-se dizer que a energia total existente é mecânica. Desse modo, pode-se descrever que a Conservação da Energia Mecânica é a soma das quantidades de energia potencial e energia cinética. Embora a energia mecânica seja sempre constante (em um sistema conservativo), a quantidade de cada uma de seus componentes pode sofrer variação, o que estabelece as diferenças durante o movimento. As descrições aqui feitas tiveram grande influência nos trabalhos desenvolvidos por Isaac Newton em seus estudos sobre o movimento.

### **Ideia do Experimento**

A ideia do experimento é mostrar que, quanto maior a energia potencial gravitacional no início do movimento de descida de um objeto no plano inclinado, maior será sua energia cinética ao final dele. Lembrando que, ao final do plano inclinado, a energia potencial (do sistema do início do movimento), quando se inicia o movimento no plano horizontal, é transformada em energia cinética, isto é, ocorre a Conservação da Energia Mecânica.

### **Material a ser utilizado**

- Bolinhas de gude ou carrinhos de brinquedo;
- Copo plástico;
- Fita adesiva;
- Réguas ou tubos;
- Suportes (base de madeira, livros ou qualquer outro material para elevar o plano “régua”);
- Tampinhas de garrafa pet.

### **Montagem**

- Corte um quadrado de aproximadamente 3 cm de largura por 6 cm de altura à beira do copo plástico;

- Fixar a tampinha na extremidade de duas régua de forma que elas descrevam uma canaleta (caso utilize o tubo não será necessário a tampinha);
- Levante a extremidade da régua ou do tubo para que fique inclinado e apoie no suporte.

### **Comentários**

Após a montagem coloque a bolinha ou carrinho na extremidade inclinada e solte-o. Este, ao final do plano inclinado, entrará em contato com o copo e o arrastará. Neste momento será possível observar o fenômeno da Conservação de Energia Mecânica.