



**RICARDO DA SILVA FARIAS**

**ASTRONOMIA: UMA FERRAMENTA MOTIVACIONAL PARA O ESTUDO DA  
FÍSICA MECÂNICA NO ENSINO MÉDIO**

Caruaru

2017

**RICARDO DA SILVA FARIAS**

**ASTRONOMIA: UMA FERRAMANTA MOTIVACIONAL PARA O ESTUDO DA  
FÍSICA MECÂNICA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física (PPGEPF) da Universidade Federal de Pernambuco, no Centro Acadêmico do Agreste, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de Concentração: Formação de Professores de Física em Nível de Mestrado

Orientador: Prof. Dr. Sérgio de Lemos Campello

Coorientador: Prof. Dr. Augusto César Lima Moreira

Caruaru

2017

Catálogo na fonte:  
Bibliotecária – Paula Silva CRB/4 - 1223

F224a Farias, Ricardo da Silva.  
Astronomia: uma ferramenta motivacional para o estudo da física mecânica no ensino médio. / Ricardo da Silva Farias. – 2017.  
185 f.; il.: 30 cm.

Orientador: Sérgio de Lemos Campello.  
Coorientador: Augusto César Lima Moreira.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2017.  
Inclui referências.  
Acompanha vídeo-aulas.

1. Física (Ensino médio). 2. Didática (Ensino médio). 3. Astronomia – Estudo e ensino – Caruaru (PE). 4. Motivação na educação – Caruaru (PE). 5. Professores de física – Caruaru (PE). 6. Mecânica. I. Campello, Sérgio de Lemos (Orientador). II. Moreira, Augusto César Lima (Coorientador). III. Título.

371.12 CDD (23. ed.) UFPE (CAA 2017-475)

**RICARDO DA SILVA FARIAS**

**ASTRONOMIA: UMA FERRAMANTA MOTIVACIONAL PARA O ESTUDO DA  
FÍSICA MECÂNICA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Pernambuco, no Campus Avançado do Agreste, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

APROVADA EM: 29/11/2017.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Sérgio de Lemos Campello

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Orientador)

---

Prof. Dr. Gustavo Camelo Neto

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Examinador Interno)

---

Prof. Dr. Antônio Carlos da Silva Miranda

Universidade Federal de Pernambuco – UFRPE (Examinador Externo)

Dedico esta dissertação especialmente à minha mãe Esmeralda Chaves, que sempre acreditou em mim e em suas orações me concedeu as bênçãos necessárias, a minha esposa Daniella Barbosa, que sempre esteve presente, contribuindo com minhas longas horas de trabalho. Agradeço aos meus amigos e colegas de turma do MNPEF pelo apoio, ao professor Antônio Carlos da Silva Miranda, cujas aulas no curso de introdução a astronomia, me apresentando a astronomia de Pernambuco, foram bastante enriquecedoras na elaboração deste trabalho e, por fim, aos orientadores Sérgio de Lemos Campello e Augusto César Lima Moreira, que tiveram uma participação decisiva para a realização e conclusão deste trabalho e a SBF (MNPEF comissão de pós-graduação nacional) por tudo.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer as pessoas e instituições que direta e indiretamente colaboraram com a realização deste trabalho.

*Destaco alguns deles:*

*Professor Gilvan Ramalho In Memória* (Colégio estadual de Olinda) cuja vida foi dedicada à educação e ao ensino da Matemática.

*Professor Marcelo Antônio Amorim* (Mestre em Ensino das Ciências pela UFRPE) cujas orientações e aulas foram indispensáveis em minha formação e na forma de abordar a Matemática no contexto da Física, indicando a astronomia com tema de meu trabalho.

*Professor Lúcio Ângelo Vidal* (Doutor em Física Ambiental pela UFMT) que em longas conversas mostrava-me detalhes importantes na elaboração deste trabalho.

*Professor Augusto César Lima Moreira* (Doutor em Física pela UFPE) pelo apoio didático, pela bibliografia sugerida, pelas sugestões pedagógicas e pelo esforço e dedicação na coordenação do MNPEF no polo Caruaru.

*Professor Neildo David* que de maneira incansável contribui com a educação e formação de jovens, e que as tomo como lição de educador.

*Meu irmão Sidney da Silva Farias, minha esposa Daniella de Oliveira Barbosa, minha Mãe Esmeralda Chaves da Silva* (que me apoiaram em absolutamente tudo).

*Aos meus alunos do Ensino Médio e dos cursos de Licenciatura – CAA / UFPE – os quais são fontes inspiradoras para que eu continue buscando mais conhecimento na minha prática pedagógica.*

## RESUMO

Esta dissertação apresenta uma proposta no ensino da Física, que visa despertar o interesse por esta disciplina através de sequência didática com temas relacionados à Astronomia. Apresenta-se um panorama da realidade enfrentada pelos estudantes em relação às Ciências Exatas e, em específico, à Física. A pesquisa desenvolvida está baseada no método de mapas conceituais, campos conceituais e na proposta de transposição didática no ensino da Física, realizada em sala de aula com estudantes da primeira série do ensino médio, apoiadas no levantamento histórico da importância deste tema e suas justificativas. Foram elaboradas atividades curtas investigativas em sala de aula, de maneira contextualizada, incluindo a utilização de ferramentas, tais como vídeos e conteúdos abordados em aula de campo. Além da aplicação de avaliações tradicionais por unidade, e das Olimpíadas Pernambucanas de Astronomia e Física. Com a aplicação desta metodologia verificou-se uma melhora no entendimento da disciplina. Desta forma este método proporcionou aos estudantes uma aprendizagem efetiva e geradora de significados, estimulando-os numa busca ao conhecimento, colaborando na formação de estudantes questionadores e investigadores.

Palavras-chaves: Ensino de física. Transposição didática. Astronomia.

## **ABSTRACT**

This dissertation presents a proposal on the teaching of physics, which aims to arouse interest in this discipline through teaching sequence with topics related to astronomy. It presents an overview of the reality faced by students in relation to Science and, in particular, to physics. The research is based on the method of conceptual maps, conceptual fields and in the proposal of didactic transposition in the teaching of Physics in the classroom with students from the first grade of high school, supported in historic survey of importance of this theme and its justifications. Were prepared short investigative activities in the classroom, contextualized manner, including the use of tools, such as videos and content covered in class. In addition to the application of traditional evaluations per unit, and the Olympics Pernambucanas of astronomy and physics. With the application of this methodology there has been an improvement in the understanding of the discipline. Thus this method has provided students an effective learning and generative of meanings, encouraging them on a quest to knowledge, collaborating in the formation of students doubters and researchers.

Keywords: Physics teaching. Didactic transposition. Astronomy.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Histograma 1 – histograma comparando as respostas referentes ao questionário 1, para os anos de 2007 em azul e 2017 em laranja.	21
Histograma 2 – histograma comparando as respostas referentes ao questionário 2, para os anos de 2007 em azul e 2017 em laranja.	21
Histograma 3 – histograma comparando as respostas referentes ao questionário 3, para os anos de 2007 em azul e 2017 em laranja.	22
Histograma 4 – histograma comparando as respostas referentes ao questionário 4, para os anos de 2007 em azul e 2017 em laranja.	22
Histograma 5 – histograma comparando as respostas referentes ao questionário 5, para os anos de 2007 em azul e 2017 em laranja.	23
Foto 1 – Padre Jorge Polman (1927- 1986).	40
Histograma 6 – histograma indicando as médias (M), em azul referente à turma A e em laranja referente a turma B, de cada bimestre.	52
Histograma 7 – histograma indicando as médias (M), em azul referente a turma A e em laranja referente a turma B, de cada bimestre.	52
Histograma 8 – histograma indicando as médias (M), em azul referente a turma A e em laranja referente a turma B, de cada bimestre.	53
Foto 2 – Polman montando o seu micrômetro bifilar. Sky and Telescope, Março 1977.	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Estatística obtida com as respostas da questão Q1.	17
Tabela 2 – Estatística obtida com as respostas da questão Q2.	18
Tabela 3 – Estatística obtida com as respostas da questão Q3.	18
Tabela 4 – Estatística obtida com as respostas da questão Q4.	19
Tabela 5 – Estatística obtida com as respostas da questão Q5.	19
Tabela 6 – Relação das médias para a Turma A (sem aplicação do produto) com um total de 56 estudantes por unidade.	50
Tabela 7 – Relação das médias para a Turma B (com aplicação do produto) com um total de 58 estudantes por unidade.	51

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>13</b>
2.1	Justificativa	13
2.2	Por que estudar física através da astronomia?	24
2.3	A astronomia no currículo escolar	25
2.4	O professor e a necessidade de uma formação continuada	26
2.5	O que se espera do profissional professor na atualidade?	28
2.6	Astronomia	29
2.6.1	Qual a Diferença entre Astronomia e Astrologia?	31
2.7	Sociedade, tecnologia e educação em astronomia	31
2.8	Ensinar física valendo-se da astronomia como meio de gerar campos conceituais para que a aprendizagem se torne significativa	33
2.8.1	Como Implementar as Ideias de Vergnaud usando Astronomia	36
2.9	Um holandês que foi pioneiro no ensino da astronomia em Pernambuco. (Uma história que não pode ser esquecida)	39
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E APLICAÇÃO</b>	<b>42</b>
3.1	Recursos instrucionais disponíveis	43
3.2	Aplicação do produto educacional	44
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>50</b>
4.1	Resultados obtidos comparando Turma A e Turma B	50
4.2	Entrevista com o professor José Olímpio Ferreira da Silva, ex-aluno do Padre Jorge Polman, capoeirista e músico da UNICAP	54
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS, CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS</b>	<b>57</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>60</b>
	<b>APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL</b>	<b>63</b>
	<b>ANEXO A – PROVA OPA 2016</b>	<b>165</b>
	<b>ANEXO B – PROVA OPEF 2016 1. ANO</b>	<b>174</b>
	<b>ANEXO C – RELAÇÃO DE VÍDEOS</b>	<b>183</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A sociedade brasileira, ao longo dos últimos anos, passou por muitas mudanças no que diz respeito às tecnologias e ciências, adquirindo novas características. Esta nova estrutura de sociedade influenciou uma adaptação na forma de pensar a escola e de como o profissional deve se comportar segundo essa nova perspectiva educacional, um pouco mais voltada para as novas tecnologias.

Os resultados de baixo aproveitamento escolar apresentados pelos estudantes no país, e reproduzido em nosso estado, nos motivaram a realizar uma pesquisa, para identificar pontos que esclarecessem a possível falta de interesse dos estudantes pela Física. Para tal, foi criado e aplicado um questionário que pudesse confirmar nossas hipóteses.

Diversos autores têm se empenhado na estruturação dessa forma de agir na formação de nossos estudantes. Motivados por estas mudanças, nosso objetivo é mostrar uma proposta de ensino baseada em uma estrutura pedagógica que possa ser aceita na rede de ensino do país, apresentando um material de apoio testado e denominado “produto educacional”.

Este Produto está organizado sempre com a seguinte estrutura:

- Aspectos da astronomia ligado ao estudo da Mecânica;
- Vídeos esclarecedores, da série ABC da Astronomia;
- Tópicos de Física envolvidos;
- Tópicos da Matemática necessários para compreensão dos temas abordados;
- Exercícios relacionados aos temas.

Com os resultados obtidos, identificamos que as principais falhas nos processos de aprendizagem dos estudantes estavam ligadas à má interpretação de problemas estudados em sala de aula e aplicados ao cotidiano.

Para tal, pensamos em introduzir um tema que estimulasse o estudo da Física a partir da interdisciplinaridade. O tema sugerido classificamos como potencial e inovador, por estar interagindo no universo do estudante e ser de clara aplicação temas ligados aos campos conceituais e da aprendizagem significativa, podendo ser estudado a partir de estímulos visuais, tecnológicos e até tradicionais.

Para a realização desta proposta, apontamos características curriculares ligadas ao nosso produto, sugerindo uma formação continuada do profissional para correta aplicação do material, sem jamais abandonar a base curricular proposta pelos órgãos reguladores.

Um bom exemplo da validade de nossa proposta vem do padre Polman, professor do colégio São João, localizado no bairro da Várzea no Recife, na década de 70, o qual abordaremos com mais detalhes no capítulo 2, que usava o recurso de criar expectativas nos estudantes através do estímulo ao conhecimento de Astronomia aliado às aulas práticas, as quais estimulavam o lado lúdico e criativo de cada estudante. O padre Polman deixou, em Pernambuco, um legado de instituições ligadas à Astronomia por conta de seu trabalho e dedicação a essa área de conhecimento.

Esse produto foi aplicado em uma turma da primeira série do ensino médio, com o intuito de gerar significado à Física que está sendo estudada, partindo de situações reais dentro e fora de sala de aula, incluindo experimentos de fácil realização, porém abrangendo aspectos técnicos ligados tanto ao estudo da Física como de outras disciplinas. A aplicação desse material foi contínua ao longo do período letivo e analisada ao final de cada uma das quatro unidades.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Justificativa

No Brasil, por muitas vezes, percebe-se o sistema de ensino como empresa e não como instituição formadora, ou seja, este sistema é organizado por algo que os pesquisadores costumam definir por contrato didático, caracterizado na relação professor-aluno, que está ligado às regras e convenções, funcionando como se fossem cláusulas de um contrato oculto, mas, que todos têm como norma (SILVA, 2008). Neste sentido, o professor tem a função e a responsabilidade de dar aulas expositivas e passar exercícios; em contrapartida, os alunos têm que reproduzir semelhantemente tudo que o professor fez nos exercícios e na prova, configurando, segundo Ausubel (2000), uma aprendizagem mecânica/não-significativa. Nesta forma de ensino, os estímulos e a interdisciplinaridade não são retratados, bem como a busca por inovações, a fim de tornar o ensino mais atraente, usando temas como Astronomia, por exemplo.

Apesar de as novas tendências educacionais, ligadas à contextualização, já estarem fundamentando as diretrizes curriculares para o ensino de Física, os próprios textos que compõem os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) são pertinentes ao argumentarem que entre os novos discursos e a prática dos mesmos, ainda há um grande percurso. Entretanto, segundo os documentos oficiais, já há um progresso:

O ensino de Física vem deixando de concentrar-se na simples memorização de fórmulas ou repetição automatizada de procedimentos, em situações artificiais ou extremamente abstratas, ganhando consciência de que é preciso dar-lhe um significado, explicitando seu sentido já no momento do aprendizado, na própria escola média. (BRASIL, 2002, p.2)

Os estudos de Ricardo e Freire (2007), realizados em diferentes regiões do Brasil, revelam que o ensino da disciplina não corresponde às expectativas em relação ao prestígio que lhe é atribuída como ciência, de modo que sua importância como matéria escolar, quando reconhecida, reduz-se apenas a um subsídio para passar em exames. Os mesmos estudos mostram, paradoxalmente, que os estudantes consideram a disciplina difícil, apesar de seu conteúdo ser interessante e curioso.

Com a intenção de tornar a Física mais atraente e fazer a transição entre um modelo de contrato mecânico, onde o estudante precisa de um tempo maior para assimilar os conteúdos, e o modelo de aprendizagem significativa, onde o tempo de assimilação é reduzido devido à atribuição de significado ao que está sendo transmitido pelo professor. Apresentamos uma proposta ligada à Astronomia, para efetivamente gerar significado ao que se propõe ensinar, sem a necessidade de alteração de carga horária.

Foi realizada uma pesquisa na forma de um questionário, com o intuito de identificar as falhas nas abordagens de temas relacionados à Física do ensino médio e analisar de que maneiras o estudo de Física poderia se tornar mais prazeroso e aplicável à realidade do aluno. Para tal, foi criado um questionário de múltipla escolha, cujas alternativas varriam o perfil do aluno em relação ao estudo da Física, considerando aspectos que vão desde a relação aluno-professor, até aspectos mais práticos relacionados ao cotidiano e à síntese que a matemática faz na Física. Este questionário foi aplicado em 2007, tendo em vista a coleta de dados para um trabalho de conclusão de curso e, repetido em 2017 para esta dissertação, conseguindo com isso uma série temporal. Tal fato serve para compararmos a evolução do perfil do aluno ao longo de dez anos, refletindo as mudanças na metodologia sugerida pelos novos parâmetros curriculares.

Ao aplicar o questionário, o professor explicou brevemente as seguintes alternativas relacionadas a cada pergunta, como segue abaixo.

*Q1. Em relação a sua compreensão, como você compreende a matéria FÍSICA?*

Para todas as alternativas a compreensão da matéria estudada não tem objetivos claros para sua formação acadêmica. Porém com o advento do ENEM tornou-se uma matéria cujos objetivos são entendidos como algo que possa ser estendido para vida fora de sala de aula, no entanto a relação ainda não é clara o bastante.

- FÁCIL – O aluno consegue tirar notas acima de 8,0.
- MEDIANA – O aluno consegue tirar notas entre 6,0 e 8,0.
- DIFÍCIL, PORÉM COM ESFORÇOS DÁ PARA APRENDER – O aluno consegue tirar notas entre 4,0 e 6,0.
- DIFICÍLIMA – O aluno consegue tirar notas entre 2,0 e 4,0.

- IMPOSSÍVEL – O aluno consegue tirar notas abaixo de 2,0.

Q2. *O que é difícil na Física?*

- TEXTOS DE TEORIA E DE PROBLEMAS – problemas de interpretação dos enunciados associados a uma quebra na sequência pedagógica entre os momentos de aula e de avaliação objetiva no que se refere ao formalismo textual específico desta disciplina.
- A MATEMÁTICA ENVOLVIDA – falta de habilidade do aluno nos processos matemáticos, tais como regras, fórmulas, etc.
- A INTERPRETAÇÃO DOS PROBLEMAS – o aluno tem dificuldade para desenvolver o raciocínio físico na questão.
- COMPARAR COM O DIA-A-DIA – Perceber o estudo da física como algo que possa ser estendido para vida fora de sala de aula.
- O PROFESSOR – a relação do aluno com o professor, seja por falta de preparo do docente ou por falta de empatia do discente torna o aprendizado deficitário.

Q3. *Você consegue visualizar a Física no seu cotidiano (comparando com o que é estudado em sala de aula, sem o auxílio do professor)?*

- SEMPRE – O aluno é capaz de relacionar a física com a vida fora da sala de aula de maneira plena.
- QUASE SEMPRE – O aluno é capaz de relacionar a física com a vida fora da sala de aula deixando a desejar em poucos aspectos, especialmente potenciais elétricos e fatores magnéticos.
- EM ALGUNS ASSUNTOS – O aluno é capaz de relacionar a física com a vida fora da sala de aula principalmente nos aspectos relacionados a cinemática, efeitos de luz e ao entendimento de alguns parâmetros térmicos, porém desvinculados do contexto prático.
- A FÍSICA NADA TEM HAVER COM O DIA-A-DIA – O aluno não tem condições de comparar nenhum aspecto físico à vida fora de sala de aula.
- VEJO TUDO – O aluno é capaz de visualizar a física em seu dia a dia, mas não consegue comparar ao que foi estudado em sala de aula.

Q4. *Você consegue visualizar a Física no seu cotidiano comparando com o que é estudado em sala de aula e comparando também com as fórmulas envolvidas?*

- SEMPRE PERCEBO O QUE AS FÓRMULAS MOSTRAM – O aluno consegue relacionar todas as equações aprendidas em sala de aula a suas aplicações fora de sala de aula.
- QUASE SEMPRE PERCEBO – O aluno consegue relacionar na maioria das equações aprendidas em sala de aula a suas aplicações fora de sala de aula, exceto as de potencial, dilatação e refração.
- EM ALGUNS ASSUNTOS VISUALIZO – O aluno é capaz de relacionar as equações físicas com a vida fora da sala de aula principalmente nos aspectos relacionados a cinemática, efeitos de luz e ao entendimento de alguns parâmetros térmicos, porém desvinculados do contexto prático.
- A FÍSICA NAS FORMALIDADES NADA TEM HAVER COM O DIA-A-DIA – O aluno é incapaz de relacionar as equações com o que ele visualiza no cotidiano.
- VEJO TUDO, É MUITO SIMPLES COMPARAR – O aluno tem muita facilidade em visualizar as equações, aliada a grande curiosidade que o leva a aplicar o que é estudado no cotidiano.

Q5. *O que você faz com as equações da Física e da Matemática?*

- USO TODOS OS MOMENTOS DE MINHA VIDA – O aluno se propõe a seguir seus estudos ligados as ciências exatas.
- USO SEMPRE FORA DA ESCOLA – O aluno, por curiosidade, tende a utilizar o que foi aprendido em sala de aula no cotidiano. O que não significa que este tenha a intenção de seguir seus estudos na área das ciências exatas.
- MEMORIZO PARA AS PROVAS – O aluno memoriza as equações estudadas no período que antecede as avaliações objetivas, mas logo as esquece pois não lhes atribui valor.
- NÃO DÁ PARA MEMORIZAR E SÓ ME DOU BEM SE TIVER NA PROVA – O aluno não se sente estimulado a memorizar as equações pois a proposta do ENEM está fortemente ligada a questões meramente teóricas.

- AS DEMONSTRAÇÕES NÃO SERVEM DE NADA, SÓ O FIM – O aluno não percebe a importância das manipulações físico-matemáticas que sintetizam a realidade física contidas na demonstração.

Como veremos mais adiante, as perguntas, apesar de simples, possibilitaram ver como os estudantes avaliam sua própria aprendizagem, ou seja, se é significativa ou mecânica (não-significativa). Segundo Moreira (2012), "uma teoria cognitivista procura explicar os mecanismos internos que ocorrem na mente humana com relação ao aprendizado e a estruturação do conhecimento", ou seja, uma aprendizagem significativa ocorre quando o aluno consegue atribuir valor à determinada área, por esta relacionar-se a assuntos de seu interesse.

Este questionário foi realizado em 2007 e aplicado em duas escolas públicas e três escolas privadas, localizadas na região metropolitana e na mata norte do estado de Pernambuco, para um total de 100 estudantes (20 de cada instituição) escolhidos de forma aleatória entre as séries do ensino médio e repetido em 2017 nas mesmas escolas. Os resultados são apresentados nas tabelas e nos histogramas que compõem esta dissertação.

*Tabela 1: Estatística obtida com as respostas da questão Q1.*

	2007	2017
a) FÁCIL.	4%	10%
b) MEDIANA.	40%	15%
c) DIFÍCIL, PORÉM COM ESFORÇOS DÁ PARA APRENDER.	45%	34%
d) DIFÍCÍLIMA.	11%	32%
e) IMPOSSÍVEL.	0,0%	9%

Percebe-se com o resultado do item b que um número menor de alunos está conseguindo notas compreendidas entre 6,0 e 8,0. Este é um fator preocupante que pode ser amenizado com a introdução da Astronomia, uma vez que esta tem a intenção de gerar significado ao assunto estudado. Para uma melhor análise deste dado, vale lembrar que as avaliações estão cada vez mais contextualizadas em 2017. O item c aponta um triste perfil onde o estudante, devido à introdução de

tecnologias imediatistas, dedica-se com menos afinco justificando que se a disciplina é difícil, logo, uma média próxima de 6,0 seria o suficiente.

*Tabela2: Estatística obtida com as respostas da questão Q2.*

	2007	2017
a) TEXTOS DE TEORIA E DE PROBLEMAS	7%	15%
b) A MATEMÁTICA ENVOLVIDA	25%	30%
c) A INTERPRETAÇÃO DOS PROBLEMAS	65%	45%
d) COMPARAR COM O DIA-A-DIA	2,5%	10%
e) O PROFESSOR	0,5%	0,0%

De 2007 para 2017 ocorre uma aparente melhora na percepção dos estudantes no que diz respeito a matemática envolvida na Física. Esta evolução de 5% pode ser considerada desprezível, pois em 2017 temos uma predominância de problemas envolvendo uma matemática mais direta e simples. Percebe-se nos dados do item c, junto aos comentários realizados por estudantes destas instituições, que a interpretação de textos específicos da física não é trabalhada pelos professores. O estudante não sabe os termos que diferenciam, por exemplo, os tipos de movimentos nos problemas apresentados.

*Tabela3: Estatística obtida com as respostas da questão Q3.*

	2007	2017
a) SEMPRE	15%	9%
b) QUASE SEMPRE	9%	11%
c) EM ALGUNS ASSUNTOS	72%	50%
d) A FÍSICA NADA TEM HAVER COM O DIA-A-DIA	0,0%	20%
e) VEJO TUDO	4%	10%

Como vemos no item c, há uma redução no número de estudantes que não conseguem visualizar a física em seu cotidiano, pois os professores, em sua vontade de ajuda-los, estão focados em aulas que não privilegiam os mecanismos internos de estruturação do conhecimento, levando ao estudante as informações prontas apenas para serem memorizadas, visto que desde a primeira série do

ensino médio temos um ensino focado no ENEM, ou seja, em problemas mais realistas e simples e este é um ponto preocupante por torná-los dependentes. Promovendo também um aumento de 20% no item d.

*Tabela4: Estatística obtida com as respostas da questão Q4.*

	2007	2017
a) SEMPRE PERCEBO O QUE AS FÓRMULAS MOSTRAM	2%	0,0%
b) QUASE SEMPRE PERCEBO	16%	24%
c) EM ALGUNS ASSUNTOS VISUALISO	78%	60%
d) A FÍSICA NAS FORMALIDADES NADA TEM HAVER COM O DIA-A-DIA	4%	10%
e) VEJO TUDO É MUITO SIMPLES COMPARAR	0,0%	6%

De acordo com o item c, o estudante está vendo cada vez menos a Física através das equações por não atribuir significado a essa conexão da equação com o cotidiano. Porém, para a Física, as equações representam de maneira compacta as situações do cotidiano. Conforme ainda observado no item d, para o estudante, as equações nunca vão retratar as situações do cotidiano, pois são duas coisas totalmente distintas.

*Tabela5: Estatística obtida com as respostas da questão Q5.*

	2007	2017
a) USO TODOS OS MOMENTOS DE MINHA VIDA	3%	0,0%
b) USO SEMPRE FORA DA ESCOLA	5%	0,0%
c) MEMORIZO PARA AS PROVAS	89%	20%
d) NÃO DÁ PARA MEMORIZAR E SÓ ME DOU BEM SE TIVER NA PROVA	1%	72%
e) AS DEMONSTRAÇÕES NÃO SERVEM DE NADA, SÓ O FIM	2%	8%

De acordo com os resultados obtidos nos itens c e d, nota-se que a proposta do ENEM em valorizar bastante as questões teóricas e contextualizadas acaba por reduzir a obrigação do uso de equações para resolver a maioria dos problemas.

Como o estudante está focado no resultado do ENEM, não em dar significado prático ao que está sendo estudado, diminui bastante a necessidade de memorização das equações.

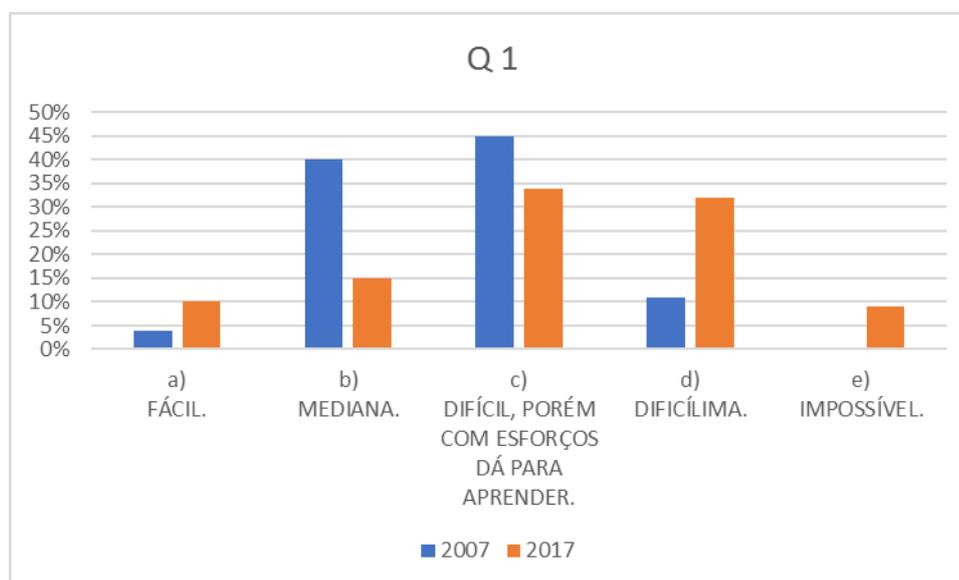
Percebemos, com estes resultados, que é necessário corrigir deficiências de aprendizagem na formação dos estudantes da educação básica (Ensino Médio). As Universidades brasileiras propõem a implantação de cursos, como por exemplo, pré-cálculo (que venham a tratar de conceitos/conteúdos matemáticos mais gerais e inclusivos que irão subordinar conteúdos/conceitos futuros em Física) que tentam minimizar a falta de subsunções dos estudantes ao chegarem nos diversos cursos superiores do país.

É importante também reforçar que os estudantes precisam de apoio na formalização matemática que está "por trás" das equações e suas demonstrações, que procuram representar uma simplificação de conceitos presentes na natureza. Assim, os modelos matemáticos propostos podem ser aceitos por meio do respeito ao limite de sua validade.

Destacando as mudanças ocorridas no intervalo de tempo em que as informações foram colhidas para o propósito deste produto, é observado que foi aplicado um mesmo questionário, nas mesmas condições, em 2007 e em 2017, a fim de verificar quais eram as dificuldades no processo ensino-aprendizagem, e, neste processo, quais seriam os principais problemas do estudante em abordar Física e Matemática de maneira pouco atrativa, levando, em certos casos, a um distanciamento total destas disciplinas. O resultado obtido pode ser melhor percebido nas comparações a seguir.

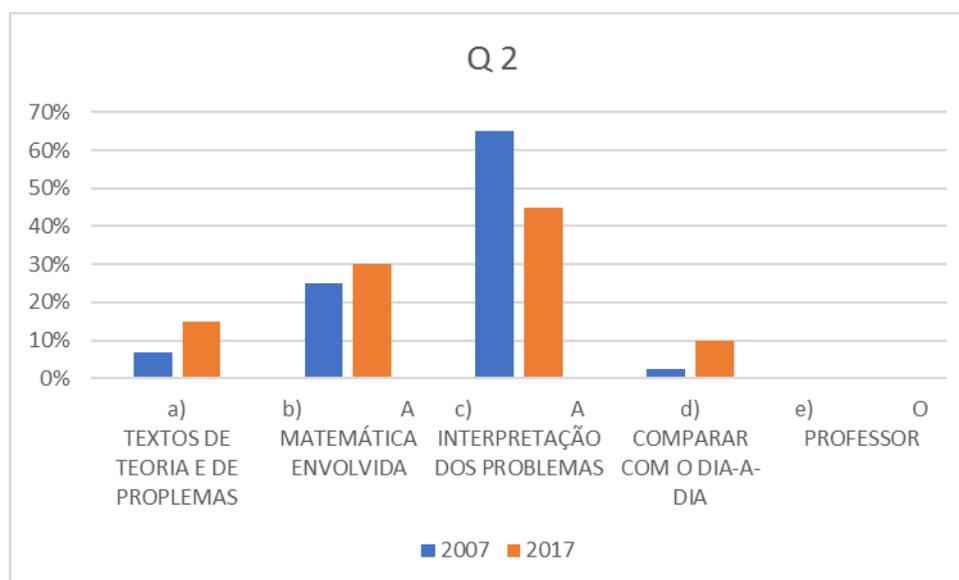
Nos gráficos apresentados nas figuras de 1 a 5, estão dispostos os histogramas das respostas obtidas com os estudantes na comparação dos anos de 2007 e 2017.

Histograma 1: histograma comparando as respostas referentes ao questionário 1, para os anos de 2007 em azul e 2017 em laranja.



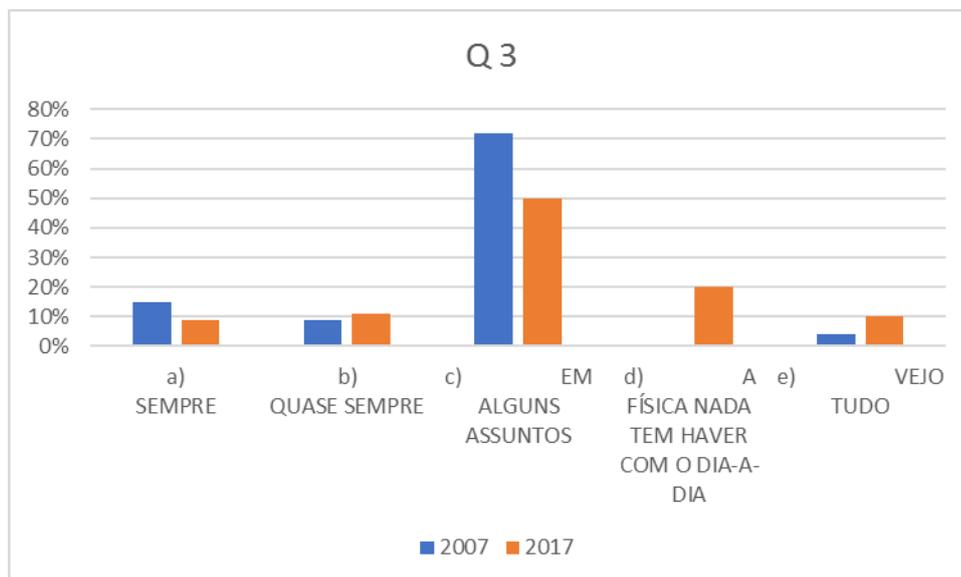
Fonte: O Autor 2017.

Histograma 2: histograma comparando as respostas referentes ao questionário 2, para os anos de 2007 em azul e 2017 em laranja.



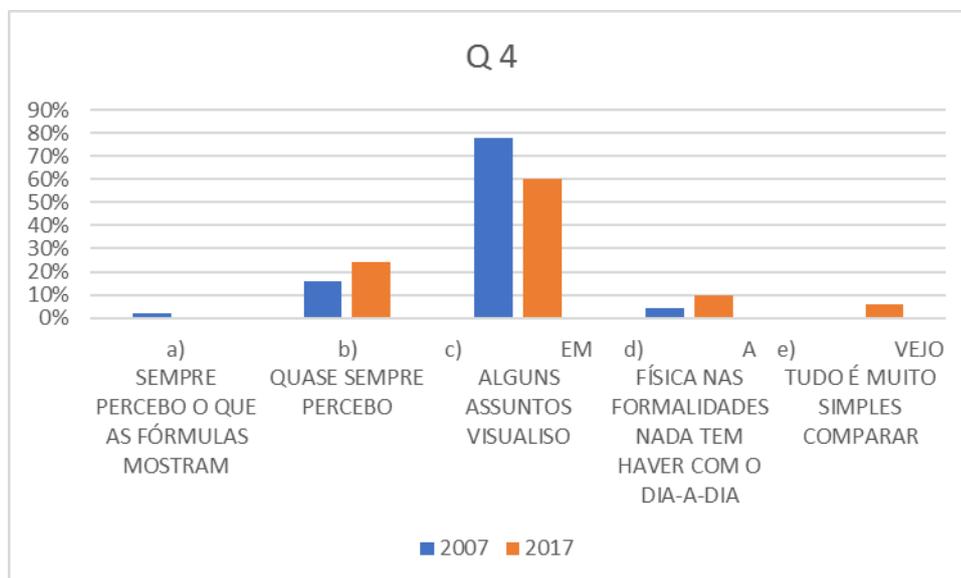
Fonte: O Autor 2017.

Histograma 3: histograma comparando as respostas referentes ao questionário 3, para os anos de 2007 em azul e 2017 em laranja.



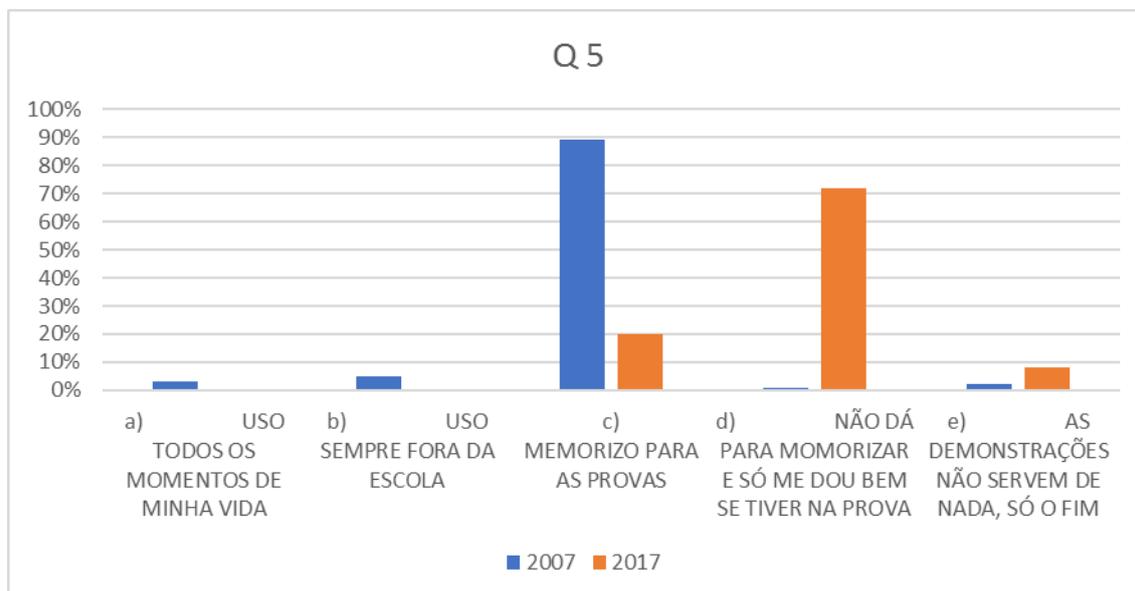
Fonte: O Autor 2017.

Histograma 4: histograma comparando as respostas referentes ao questionário 4, para os anos de 2007 em azul e 2017 em laranja.



Fonte: O Autor 2017.

Histograma 5: histograma comparando as respostas referentes ao questionário 5, para os anos de 2007 em azul e 2017 em laranja.



Fonte: O Autor 2017.

Percebemos nesse intervalo de dez anos que os estudantes estão se distanciando cada vez mais da física, como pode ser observado na figura 1, principalmente por dificuldades de interpretação dos problemas e por não conseguir trabalhar a matemática envolvida nesses problemas, como ressaltado na figura 2. Mesmo com a implantação do ENEM, que incentivou a leitura em problemas contextualizados, não houve uma redução relevante nas dificuldades do estudante em relacionar a física estudada e a interpretação matemática das equações associadas ao cotidiano, como podemos analisar nas figuras 3 e 4. Devido à pouca habilidade matemática, há uma dificuldade em gerar significado ao que está sendo estudado, pois o estudante não percebe que as equações representam uma aproximação simplificada das situações encontradas no cotidiano, visto que a memorização dos conteúdos estudados ainda prevalece como estratégia de aprendizagem, como vemos na figura 5.

Os conceitos importantes em ciências têm a obrigação de ser fruto de um trabalho investigativo e de redescoberta contínua. Diante deste quadro, o que fazer com estes alunos? Devemos deixá-los de lado e fingirmos que o problema não existe?

Motivados e confiantes na melhoria do ensino no país, sugerimos a introdução de um tema instigante e de potencial inovador, para auxiliar no estudo da

física no ensino médio. Há na literatura muitas propostas envolvendo astronomia, a exemplo de Castro, Pavani e Alves (2009) que discorrem em seu artigo sobre a produção em ensino de astronomia ao longo de 15 anos. Contudo, tais trabalhos abordam a astronomia focada em seus diversos ramos de atuação. Não obstante, neste trabalho, a astronomia é meio e não fim em si mesma. Ou seja, ela é o meio para se contextualizar a física mecânica no ensino básico, dado que, conforme visto nos parágrafos anteriores, ela é um campo conceitual, como propõe Vergnaud (1994), dando significado ao estudo da mecânica, como propõe Ausubel (2000).

## 2.2 Por que estudar Física através da Astronomia?

Estudar Astronomia é falar de forma natural sobre Física, Química, Matemática e Biologia. Então, podemos dizer que estamos falando de uma ciência interdisciplinar, pois engloba todas as ciências da natureza [5].

Atualmente, nossos estudantes estão se sentindo desmotivados no estudo da Física por não perceberem a sua devida importância e não se sentirem motivados por temas (VERGNAUD, 1983), tais como: lançamento de foguetes, ao invés de lançamento vertical dos corpos e suas equações. A astronomia é importante para entendermos o lugar onde vivemos e como podemos observá-lo.

O suceder dos dias e das noites, a divisão do tempo em horas, minutos e segundos, o calendário com o ano de 365 dias, seus meses e semanas, as estações do ano, as marés, as auroras polares, e até mesmo a vida em nosso planeta – sustentada pela energia que recebemos do Sol – são temas exaustivamente estudados e, às vezes, determinados, pela Astronomia.

Questionar a validade e utilidade da Astronomia hoje é como questioná-la na época dos antigos gregos, ou na época das Grandes Navegações. Se nossos ancestrais não tivessem se dedicado à Astronomia, provavelmente sequer estaríamos aqui agora. (OLIVEIRA, 1997)

O estudo da astronomia motiva porque traz avanços ao conhecimento, investiga a origem da vida, estreita a nossa relação com o Universo, inspira respeito à natureza e aos nossos limites, faz com que a tecnologia e o progresso avancem, permite um exercício mais pleno da cidadania, desperta a sensibilidade entre as pessoas (Á. Becker da Rosa; A. C. Giacomelli; C. T. Werner da Rosa). Assim, para o campo conceitual, um tema motivador e gerador de significado para o estudo da mecânica, não podendo o professor se desvincular do conteúdo tradicional, a utilização da mesma como parte motivadora do currículo escolar tem um enorme potencial.

### 2.3 A astronomia no currículo escolar

O conhecimento escolar é, sem dúvida, o principal tema de estudo quando se pensa em currículo. Afinal, a educação de qualidade é, atualmente, tão solicitada pela sociedade em que vivemos, que decorre dentre outros fatores, dos conteúdos desenvolvidos nas instituições de ensino, pois se tratam de elementos essenciais para a emancipação de todo cidadão, principalmente para aqueles oriundos de grupos sociais oprimidos. Segundo Veiga:

Currículo é uma construção social do conhecimento, pressupondo a sistematização dos meios para que esta construção se efetive; a transmissão dos conhecimentos historicamente produzidos e as formas de assimilá-los, portanto, produção, transmissão e assimilação são processos que compõem uma metodologia de construção coletiva do conhecimento escolar, ou seja, o currículo propriamente dito. (VEIGA, 2002, p.7)

Nos dias atuais vemos uma busca incessante de informações cada vez mais inter-relacionadas, as quais se alteram muito rapidamente. Neste contexto, surge a necessidade da elaboração de um novo currículo que seja mais realista e agregador. Para auxiliar a escola e seus profissionais nesse processo de formatação de um novo currículo, são emitidos leis e documentos pelos órgãos gestores dos diferentes sistemas, que têm como objetivo normatizar e orientar a organização do trabalho pedagógico desenvolvido nas instituições de ensino, a fim de definir normatizações importantes para o desenvolvimento de um trabalho eficaz e interdisciplinar que efetivamente garanta a formação integral dos estudantes.

Podemos perceber que educação é vocábulo de ampla repercussão e que não pode ser entendida a partir de uma definição simplificada. A educação não acontece no vazio, ela recebe as influências e as interferências do contexto onde está inserida e, portanto, não se desvincula da cultura da sociedade. Esta tem toda uma história que se registra através dos hábitos e posturas da humanidade. Nossas ações são reflexos de nossa formação, gerada principalmente pelas informações e comunicações que vamos absorvendo ao longo de nossas vidas. A educação é assunto constante nas discussões da sociedade contemporânea, afinal trata-se de um direito de todo cidadão brasileiro sendo aspecto estratégico para o desenvolvimento da nação promissora. Neste contexto, se encontra o professor, que tem a missão de garantir esse aprendizado, porém sua formação no curso superior esbarra num currículo tecnicista com um mínimo de prática pedagógica.

[...] mais do que nunca, a Educação Científica e Tecnológica se transforma num aspecto decisivo e fundamental para o indivíduo e para a sociedade. Essa Educação, através da escola e apoiada num professor bem formado (que revele competência no domínio dos conteúdos científicos e visão política) cria as condições para a transformação social num país de economia dependente. (VALLE, 2001.p.5)

Agindo como motivador, a Astronomia pode ser uma poderosa estratégia de aprendizado estimulando o educando. Nesse sentido, seria importante refletir sobre um trabalho pedagógico interdisciplinar, que contemple os temas transversais nos conteúdos desenvolvidos pelas diferentes áreas do conhecimento, onde um tema transversal é a proposta do ensino de astronomia estimulando a aprendizagem das exatas.

Acreditamos que esta proposta de novo currículo esbarra numa limitação de espaço físico, de formação do professor e redução de carga horária das disciplinas já existentes, devido a inclusão de novas disciplinas, pois as nossas instituições de ensino possuem uma carga horária total, engessada, não contemplando adequadamente esse novo currículo. Logo, estas instituições se revelam defasadas em relação à proposta de compreensão que se tem sobre os processos de ensinar e aprender, bem como sua interferência na construção social do conhecimento, além de constituir-se elemento determinante para a qualidade da educação e, conseqüentemente, para a formação de nossos estudantes.

Tendo em vista todos esses aspectos, apresentamos em nosso produto educacional o uso da astronomia ligada à física e interligada a outras disciplinas como matemática, por exemplo.

## **2.4 O professor e a necessidade de uma formação continuada**

O foco da educação moderna não é puramente o desempenho do professor em relação a dar aulas, mas sim, a comunicação entre este desempenho e o aprendizado do aluno. Na atualidade a perspectiva fundamental da didática é assumir a multifuncionalidade do processo de ensino-aprendizagem e articular suas três dimensões: técnica, humana e política no centro configurador de sua temática.

Neste sentido, a educação contribui para a concretização de uma unidade viva entre teoria e prática, no entanto, um dos compromissos da escola é respeitar a individualidade do(a) aluno(a), no sentido de que ela é fruto de uma interação entre ele e o meio onde vive.

O professor tem papel decisivo na condução do processo pedagógico de ensino e de aprendizagem, constituído da intencionalidade de ensinar de modo que os alunos aprendam, a partir da especificidade da educação, dos desafios e das possibilidades da escola. A Astronomia integrada ao currículo escolar se mostra uma importante área do conhecimento a ser estudada, pois consegue interagir com a Matemática, Física, Química e Biologia dentre outras áreas tecnológicas e atuais despertando a curiosidade do estudante ao interagir com esses temas emergentes. Não sendo a Astronomia um tema exclusivo e limitado ao ensino de física, MOREIRA fala:

Julgo que é um erro ensinar [...] sob um único enfoque, por mais atraente e moderno que seja. Por exemplo, ensinar física somente sob a ótica da Física do cotidiano é uma distorção porque, em boa medida, aprender física é, justamente, libertar-se do dia a dia. De modo semelhante, ensinar [...] apenas sob a perspectiva histórica, também não me parece uma boa metodologia porque para adquirir/construir conhecimento o ser humano, normalmente, não precisa descobri-los, nem passar pelo processo histórico de sua construção. Tampouco o microcomputador será um bom recurso metodológico, se for usado com exclusividade, dispensando a interação pessoal, a troca, ou negociação, de significados que é fundamental para um ensino [...] (MOREIRA, 2000. P.95).

De acordo com Libâneo (2004, p. 86), desde Marx e Engels, a educação somente pode ser compreendida como produto do desenvolvimento social e, portanto, determinada pelas relações sociais vigentes em cada sociedade. Para que todo o processo de conhecimento possa fazer sentido para os jovens, é imprescindível que ele seja instaurado através de um diálogo constante entre o conhecimento, os alunos e os professores. E isso somente será possível se estiverem sendo considerados objetos, coisas e fenômenos que façam parte do universo vivencial do aluno, seja próximo, como carros, lâmpadas ou televisões, seja parte de seu imaginário, como viagens espaciais, naves, estrelas ou o Universo. Assim, devem ser contempladas sempre estratégias que contribuam para esse diálogo cabendo ao professor uma postura crítica, dentro de uma reflexão permanente sobre suas ações e sobre o cotidiano escolar, no sentido de rever seus saberes e práticas.

Os alunos, como todos nós, são “bombardeados” por diferentes fontes, que chegam inclusive a produzir uma saturação informativa. Eles nem ao menos devem buscar a informação; é ela em formatos quase sempre mais ágeis e atrativos, que os busca. Conseqüentemente, quando os alunos vão estudar História, Física ou Inglês, já tem os conhecimentos procedentes do cinema, das canções que ouvem ou da televisão. Porém, trata-se de uma informação desgastada, fragmentada e, às vezes, até mesmo deformada. O que os alunos necessitam da educação não é somente mais informação, de que pode sem dúvida necessitar, mas, sobretudo da capacidade de organizá-la, de interpretá-la, de lhe dar sentido. (COLL, 2003, p.46)

Na tentativa de organizar este grande grupo de conteúdos e informações disponíveis nos diversos meios de comunicação, sem devida conexão, surge uma nova proposta de avaliação: ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio, proposto pelo governo para avaliar o Ensino Médio no país). Este verifica o desempenho dos nossos estudantes no vestibular e nos estudos acadêmicos, provando que o simples fato de prestar a devida atenção às informações oferecidas não se traduz em aprendizagens novas. Então, o professor deve estar bem formado, atualizado e motivado, dentre outras características, e isto nos remete a algumas implicações:

- valorização de sua atuação por parte das instâncias públicas e de ensino, no que se refere a investimentos que traduzam condições dignas de vida e trabalho; implantação e adequação de programas institucionalizados que o capacite a dominar as suas habilidades e adquirir tantas quantas sejam necessárias a contribuir para a formação do indivíduo polivalente que o mercado de trabalho exige;
- capacitação não somente para comunicar, como também para desenvolver práticas voltadas à realidade do contexto social de sua atividade profissional, bem como a necessidade iminente da revisão de sua prática e de sua formação profissional, baseado na reflexão.

Assim, para que o profissional seja capaz de cumprir as funções de ensinar, educar e interagir com eficiência, dentre outras atribuições destinadas aos educadores de sala de aula, deve existir uma constante atualização deste professor para que, dentro de seus conhecimentos acumulados de estudo, possa ser o elo de ligação entre o aluno e o conhecimento escolar. Assim, possibilitando a plena utilização de nosso produto educacional.

## **2.5 O que se espera do profissional professor na atualidade?**

A partir da década de 90, a formação dos professores trouxe muitas discussões acirradas. Pesquisadores como Perrenoud (1993), Nóvoa (1992) e Freire (1997), são exemplos de estudiosos que centralizaram algumas de suas investigações em respostas à pergunta: O que se espera do profissional professor na atualidade?

De forma geral, as indicações destes autores apontam o caminho no sentido de que os professores tenham consonância com a educação de seu tempo, sendo

mediadores e pesquisadores, competentes e reflexivos. E estes conceitos de professor como mediador e professor-pesquisador, para Ramal (2002, p. 229) estão diretamente implicados na discussão sobre as práticas educacionais na era informático-mediática.

Sendo assim, o estudo da Física ligada à Astronomia reafirma a característica de professor-pesquisador, uma vez que não temos no mercado uma literatura acessível e disponível para rapidamente ser usado em sala de aula, a fim de servir de norte nas práticas docentes. Devido a este fato, dentre outros, estamos de acordo com o que afirma Freire (1997, p. 43), “na formação permanente dos professores, o momento fundamental é o da reflexão crítica sobre a prática”.

Uma nova delimitação da ação docente que retirou o professor do plano central da aprendizagem do aluno, colocando-o como um facilitador da construção de conhecimentos, requerendo deste profissional professor uma nova forma de agir, Perrenoud (2000, p. 12) toma como guia, um referencial de competências. Para este autor, a noção de competência designa uma capacidade de mobilizar diversos recursos cognitivos para enfrentar um determinado tipo de situação.

Estamos diante de uma sociedade onde “o esperar” é atormentador, toda população e os estudantes, principalmente, fazendo parte deste contexto, recebem as informações na palma da mão em questões de segundos. Desta forma, os conhecimentos que necessitam de uma maturação para serem compreendidos são interpretados por uma parcela expressiva dos estudantes como sendo desmotivadores. Assim, uma excelente estratégia seria trabalhar os temas emergentes e atuais adaptando-os ao programa já estabelecido por cada instituição de ensino, tarefa esta que necessita de competência e de uma constante atualização, visando o melhor aprendizado e tornando a sala de aula mais atrativa e prazerosa.

## **2.6 Astronomia**

Como definição geral, podemos afirmar que astronomia significa “lei das estrelas” e no passado procurava, a partir de leis matemáticas e cálculos geométricos, descrever e prever o movimento dos corpos celestes. Hoje o conceito de astronomia é muito mais abrangente, como podemos ver em “O Observatório” (vol. 10, N. 10, p. 2 de dezembro de 2004)

A Astronomia é uma ciência moderna, que envolve a mais alta tecnologia, que explora o espaço à nossa volta e procura explicar os processos incríveis que ocorrem neste enorme volume. Diz respeito à estrutura e evolução da maior entidade possível: o Universo. Estuda as nossas origens e procura prever o futuro do nosso Sistema Solar, da nossa Galáxia (da Via Láctea) e do Universo inteiro.

Astronomia é uma ciência natural que estuda, além de corpos celestes e energias envolvidas no sistema físico, a composição química de objetos celestes, bem como a formação e o desenvolvimento do universo. Podemos didaticamente subdividir o estudo e as pesquisas deste campo da seguinte forma:

- **ASTRONOMIA OBSERVACIONAL** (áreas divididas de acordo com a região do espectro eletromagnético utilizado para captar imagens do Universo)
  - Radioastronomia
  - Astronomia infravermelha
  - Astronomia óptica
  - Astronomia do ultravioleta
  - Astronomia de raios-X
  - Astronomia de raios gama.
  - Astrometria e Mecânica celestial (estes não baseados no espectro eletromagnético)
  
- **ASTRONOMIA OBSERVACIONAL E TEÓRICA**
  - Astronomia solar (dinâmica e evolução solar)
  - Ciência planetária (dinâmica e evolução planetária)
  - Astronomia estelar (dinâmica e evolução estelar)
  - Astronomia galáctica (formação e evolução de galáxias)
  - Astronomia extragaláctica (estrutura em grande escala da matéria no universo)
  - Cosmologia (origem dos raios cósmicos, relatividade geral e cosmologia física)
  
- **CAMPOS INTERDISCIPLINARES**
  - Arqueoastronomia
  - Astrobiologia
  - Astroquímica e cosmoquímica

- Astronáutica

Os profissionais da educação no Brasil e no Mundo, sejam eles das áreas de Física, Matemática, Biologia ou Química, conhecendo os campos de atuação da Astronomia e suas subdivisões, como, por exemplo, a observacional e a teórica, podem, em suas práticas de sala de aula, motivar os estudantes lançando estes temas e fundamentando-os com a disciplina a ser estudada, estruturando suas aulas num formato interdisciplinar, buscando, desta forma, aflorar a curiosidade do estudante.

### 2.6.1 Qual a diferença entre Astronomia e Astrologia?

Houve um período em que a palavra Astrologia era mais usada como teoria do comportamento dos astros, enquanto Astronomia referia-se a sua observação. Atualmente, a definição de Astrologia, conforme o Dicionário Aurélio, “é a doutrina, estudo, arte ou prática, cujo objetivo é decifrar a influência dos astros no curso dos acontecimentos terrestres e na vida das pessoas”, ou seja, o resultado de suas observações está focado na adivinhação, se distanciando um pouco de sua verdadeira origem. Já a palavra astronomia pode ser entendida como sendo a junção das palavras astron (astro), usada para designar uma constelação ou grupo de estrelas e de aster (astro ou estrela), usada para designar um destes objetos isoladamente. Desta forma, iremos estudar alguns temas da Astronomia que são mais próximos do cotidiano e entendimento da sociedade. De maneira geral, estudaremos temas introdutórios com a intenção de motivar os estudantes no estudo da Física no Ensino Médio.

## **2.7 Sociedade, tecnologia e educação em astronomia**

Segundo Langhi e Nardi (2013), como é do conhecimento de todos, o terceiro milênio trouxe alterações significativas à vida das pessoas. Diariamente surgem artefatos tecnológicos que passam rapidamente das prateleiras das lojas para a vida cotidiana da população. As implicações decorrentes dos avanços do mundo da

tecnologia e da comunicação não passam despercebidas à escola. A tecnologia cruzou os muros escolares e invadiu a educação. Assim, a mudança que a sociedade vem concretizando, emerge nos meios educacionais a necessidade de caminhar num ritmo acelerado para poder adequar-se às inovações tecnológicas, a um mundo globalizado e competitivo. Desta forma, as informações são adquiridas por todos sem a devida avaliação, podendo estar incorretas e em desacordo com o conhecimento técnico e científico. Esta informação não pode ser desperdiçada, conforme defende Vygotsky e afirma Maldaner.

Os alunos chegam à escola com explicações próprias sobre os fenômenos do cotidiano e, como operações mentais, elas são sustentadas por conceitos produzidos nas interações sociais internalizadas, fazendo parte de sua estrutura mental. Não importa se os conceitos do cotidiano sejam muito diferentes daqueles científicos que a escola ensina. Ambos são importantes no trabalho pedagógico escolar, pois ambos serão mutuamente enriquecidos. (MALDANER, 2007, p.125)

Neste momento, a educação começou um processo de ampliação de seus limites, pois estamos vivendo a era da inserção cada vez maior de recursos tecnológicos no ambiente escolar. As informações, na intenção de atrair, são expostas através de imagens, sons, vídeos e aplicativos tecnológicos, deixando de expor o conteúdo formal, resultando em uma aprendizagem incompleta e, por vezes, incorreta.

O formalismo está associado a conceitos e leis que não devem ser alterados. Logo, esses métodos utilizados para atrair os alunos devem ser expostos junto com as devidas definições, proporcionando a formação correta do conhecimento. Por exemplo, ao assistir um vídeo de um lançamento de foguetes, o aluno observa que o mesmo é impulsionado para frente. Mas seu gás, proveniente da queima, que é impulsionado para trás. Ele não compreende que seu deslocamento ocorreu devido ao impulso. Pois na definição da língua portuguesa impulso significa impulsionar, seguir em frente. Assim, o estudante interpretara que o foguete se moveu pelo impulso apenas para frente, logo surge a necessidade da intervenção do professor esclarecendo a definição válida na Física.

É importante compreender então, que o ensino da Física Escolar requer, por parte do estudante, autonomia das linguagens da matemática, da interpretação dos textos, códigos, representações e do convívio com outros componentes curriculares. Deste modo, ao planejar suas aulas e escrever seu planejamento curricular, o professor deverá promover a interdisciplinaridade com as Ciências da Natureza e suas tecnologias.

A transposição didática mediada pela interdisciplinaridade, aqui representada pela Astronomia, poderá ser um importante elo no planejamento. Esse conjunto forma a Física Escolar e deverá ser discutida a partir de agora no estudo da Mecânica, mediada pelo professor que poderá construir os conceitos científicos estimulando o estudante a fazer correlações interessantes a partir do seu conhecimento sobre o tema, como diz Villani (1982, p.30-31), “[...] as ideias “espontâneas” em geral têm capacidade explicativa limitada e, por isso, elas podem ser questionadas diretamente e facilmente, levando até as últimas consequências suas previsões em Física.”

É importante que o educando entenda a Mecânica como o estudo do movimento dos objetos e de suas respostas à interação de forças. Estes objetos podem estar ao alcance das mãos, como um copo ou uma pedra. Entretanto, existem outros que não temos contato físico, por exemplo, um asteroide ou um planeta.

As orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais (2008) no ensino básico possibilitam uma discussão acerca desse saber, o que leva o estudante a: interpretar as notícias científicas vinculadas nos diferentes meios de comunicação, compreender essa ciência como algo presente em seu cotidiano e nos equipamentos tecnológicos, reconhecer esses conhecimentos como construção humana forjada nos diferentes contextos sócio históricos, políticos e econômicos, realizar uma leitura crítica de valor das situações-problema de sua vida como cidadão.

De acordo com Langhi e Nardi (2013), encontramos na Astronomia essas propostas dos Parâmetros Curriculares Nacionais e, em contrapartida, percebemos a Astronomia na Educação Básica do Brasil ainda escassa, constituindo-se basicamente de episódios isolados e esforços pontuais.

## **2.8 Ensinar Física valendo-se da Astronomia como meio de gerar Campos Conceituais para que a aprendizagem se torne significativa**

A Educação em Astronomia tem sido crescente nos últimos anos e vem sendo pesquisada e debatida em congressos por todo o mundo. O Brasil tem destaque, nesse cenário, com um aumento significativo de pesquisas nesta área

(LANGHI; NARDI, 2013). Mas, as escolas não vêm acompanhando esse crescimento e o conteúdo de astronomia foi se tornando escasso no ensino fundamental e médio. Pesquisas indicam (LANGHI; NARDI, 2013) que nos cursos de formação de professores de Física não se enfatizam os temas voltados à Astronomia, indo em desacordo com o que preveem as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores. Se a Astronomia é apontada como um excelente tema para a motivação e interdisciplinaridade, usaremos este tema em nossa estrutura pedagógica que está baseada em dois teóricos da educação: Gérard Vergnaud, com sua teoria dos Campos Conceituais, e David Ausubel, com a teoria da aprendizagem significativa. Vergnaud afirma que o estudante aprende a partir de um conjunto de representações simbólicas que dentre outras está ligada a gráficos, diagramas, sentenças formais, ... Assim introduzimos em nosso trabalho uma revisão direcionada dos conteúdos da matemática que contemplam tais indicações.

Esta abordagem de revisão, presente no material aplicado nas aulas, é baseada em tópicos que auxiliam os estudantes no entendimento de processos matemáticos exigidos no estudo da Física. Vergnaud nos norteia nestes aspectos práticos da didática da matemática introduzida na disciplina Física presentes neste produto. Os organogramas sequenciais do Produto educacional, norteador das aulas, estão baseados em sua descoberta mais importante: a Teoria dos Campos Conceituais, que ajuda a entender como os estudantes, de forma geral, constroem os conhecimentos matemáticos. Esta teoria é fundamental para ensinar a disciplina Física em paralelo a disciplina Matemática, pois permite prever formas mais eficientes de trabalhar os conteúdos em sala.

Em sua Teoria de Campo Conceitual, Vergnaud define como sendo um conjunto de problemas e situações cujo tratamento requer conceitos, procedimentos e representações de tipos diferentes, mas intimamente relacionados. Ele define conceito como um triplete de três conjuntos  $C = (S, I, R)$  onde:

- (S) é um conjunto de situações que dão sentido ao conceito;
- (I) é um conjunto de invariantes (objetos, propriedades e relações) sobre os quais repousa a operacionalidade do conceito, ou o conjunto de invariantes operatórios associados ao conceito, ou ainda o conjunto de invariantes que podem ser reconhecidos e usados pelos sujeitos para analisar e dominar as situações do primeiro conjunto;

- (R) é um conjunto de representações simbólicas (linguagem natural, gráficos e diagramas, sentenças formais, etc.) que podem ser usadas para indicar e representar esses invariantes e conseqüentemente, representar as situações e os procedimentos para lidar com elas.

Neste Material Didático, a Astronomia se apresenta como uma proposta de excelente ferramenta motivadora e cognitiva para o estudante. Na Teoria de Ausubel, a aprendizagem significativa no processo de ensino necessita fazer algum sentido para o aluno e, nesse processo, a informação deverá interagir e ancorar-se nos conceitos relevantes já existentes na estrutura do aluno. Por exemplo, para se ensinar o movimento relativo entre corpos, utilizamos o movimento dos Astros no espaço, para mostrar que é possível visualizar o deslocamento do Sol em relação a Terra. Mas, se o referencial for o Sol, teremos o movimento estudado e consolidado, por exemplo na disciplina de Geografia, que mostra o Sol em repouso e a Terra em movimento.

Para Ausubel, à medida em que a aprendizagem significativa ocorre, conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados em decorrência de sucessivas interações:

- *Diferenciação progressiva*

As ideias mais gerais e mais inclusivas da disciplina devem ser apresentadas no início para, depois irem sendo progressivamente diferenciadas. Em termos de detalhe e especificidade é mais fácil para o ser humano captar aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido, do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas.

- *Reconciliação integrativa*

Explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças importantes, reconciliar discrepâncias reais ou aparentes. O conteúdo deve não só proporcionar a diferenciação progressiva, mas também: explorar, explicitamente, relações entre proposições e conceitos, chamar atenção para diferenças e similaridades importantes e reconciliar inconsistências reais ou aparentes.

Pensada para o contexto escolar, a teoria de Ausubel leva em conta a história do sujeito e ressalta o papel dos docentes na proposição de situações que favoreçam a aprendizagem. De acordo com ele, há duas condições para que a aprendizagem significativa ocorra: o conteúdo a ser ensinado deve ser

potencialmente revelador e o estudante precisa estar disposto a relacionar o material de maneira consistente e não arbitrária. Não adianta desenvolver uma aula divertida, incluindo jogos ou experimentos lúdicos, se o professor não dinamizar o processo, ou seja, se sua aula tiver uma estrutura automática sem possibilitar os significados. Sendo assim, os conteúdos se perdem e o estudante não percebe a importância deste em sua totalidade.

### 2.8.1 Como Implementar as Ideias de Vergnaud usando Astronomia.

O Ensino de Astronomia vem contribuindo para a História, Filosofia da Ciência, Tecnologia e Sociedade. Podemos destacar algumas características importantes, baseado em Langhi e Nardi (2013), que contribuem com este contexto:

- O ensino da Gravitação que, pela abordagem pedagógica utilizada, pode contribuir para a ampliação do entendimento da Física enquanto Ciência e de suas relações com a Tecnologia, a sociedade, a História e Filosofia.
- O emprego da História da Ciência é outra estratégia considerada relevante por diversos educadores para auxiliar o processo de ensino de Ciências.
- O investimento em setores estratégicos como o aeroespacial assegura o domínio de processos, produtos e serviços de alto valor agregado, gerando divisas que impulsionam o crescimento socioeconômico
- Auxiliar o entendimento de fenômenos comuns no cotidiano, e evidenciar relações entre Ciência, Tecnologia e sociedade.

A Educação em Astronomia favorece a elaboração de atividades experimentais e a prática observacional do céu, onde também destacamos:

- A observação direta do céu, de seus objetos e de seus fenômenos é fundamental e insubstituível.
- Relógio de sol analêmico como um importante método didático, uma ferramenta de auxílio no processo de ensino-aprendizagem de conceitos básicos de Física e Astronomia.

Langhi e Nardi (2013) ressaltam que a Astronomia é um elemento, motivador e multidisciplinar, e destacam alguns pontos:

- Despertar o interesse pela busca de explicações e justificações de fenômenos que ocorrem no dia a dia dos cidadãos.
- A Astronomia é um tema já intrinsecamente motivador aos alunos, e traz interesse independentemente das estratégias usadas no ensino.
- Há que se considerar a facilidade da Astronomia em interagir com praticamente todas as disciplinas.
- Os Parâmetros Curriculares Nacionais reconhecem, ainda, que a Astronomia é notadamente interdisciplinar.
- Conhecendo o caráter interdisciplinar da Astronomia, desenvolvemos este trabalho para motivar o aprendizado de Ciências.

Para que esta relevante ciência seja estudada nas escolas é imprescindível a inserção de tópicos sobre Astronomia na formação inicial e continuada de professores, fornecendo os subsídios para o desenvolvimento de um trabalho docente satisfatório e em conformidade com os parâmetros do sistema educacional, tais como sugeridos em documentos oficiais para a educação básica nacional. Desta forma, dominando mais de um único saber, não apenas os tradicionais de seu curso, o profissional poderá solucionar situações didáticas de sala de aula, construindo no aluno, o conhecimento de forma clara e completa no campo da Física.

Para Caniato (1974), entre as diversas razões que justificam a introdução da astronomia como um dos meios para o processo ensino-aprendizagem, destacam-se:

- A Astronomia, pela diversidade dos problemas que propõe e dos meios que utiliza, oferece o ensejo de contato com atividades e desenvolvimento de habilidades úteis em todos os ramos do saber e do cotidiano da ciência;
- A Astronomia oferece ao educando, como nenhum outro ramo da ciência, a oportunidade de uma visão global do desenvolvimento do conhecimento humano em relação ao Universo que o cerca;
- A Astronomia oferece ao educando a oportunidade de observar o surgimento de um modelo sobre o funcionamento do Universo, bem como a crise do modelo e sua substituição por outro;
- A Astronomia oferece oportunidade para atividades que envolvam também trabalhos ao ar livre e que não exigem material ou laboratórios custosos;

- A Astronomia oferece grande ensejo para que o homem perceba como pode penetrá-lo com sua inteligência;
- O estudo do céu tem se mostrado sempre de grande efeito motivador, como também dá ao educando a ocasião de sentir um grande prazer ligado à ciência: o prazer de entender um pouco do Universo onde vivemos.

Um levantamento efetuado por Langhi e Nardi (2011), levando em conta a produção nacional de artigos sobre educação em astronomia publicados em periódicos, no período de 1985 a 2008, apontou que os pesquisadores brasileiros mencionam, de um modo geral, as seguintes justificativas para a importância do ensino de temas de astronomia na educação básica e na formação inicial e continuada de professores:

- Contribui para uma visão de conhecimento científico enquanto processo de construção histórica e filosófica;
  - Representa um exemplo claro de que a ciência e a tecnologia não estão distantes da sociedade;
  - Desperta a curiosidade e a motivação nos alunos e nas pessoas em geral;
  - Potencializa um trabalho docente voltado para a elaboração e aplicação autônoma de atividades práticas contextualizadas, muitas destas sob a necessidade obrigatória de uma abordagem de execução tridimensional que contribua para a compreensão de determinados fenômenos celestes;
  - Implica atividades de observação sistemática do céu a olho nu e com telescópios (alguns construídos por alunos e professores, desmistificando sua complexidade);
  - Conduz o habitante pensante do planeta Terra a reestruturações mentais que superam o intelectualismo e o conhecimento por ele mesmo, pois a compreensão das dimensões do universo em que vivemos proporciona o desenvolvimento de aspectos exclusivos da mente humana, tais como fascínio, admiração, curiosidade, contemplação e motivação;
    - Apresenta potencialidades de interdisciplinaridade;
    - Sua educação e popularização podem contribuir para o desenvolvimento da alfabetização científica, da cultura, da desmistificação, do

tratamento pedagógico de concepções alternativas, da criticidade sobre notícias midiáticas sensacionalistas e de erros conceituais em livros didáticos;

- Fornece subsídios para o desenvolvimento de um trabalho docente satisfatoriamente em conformidade com as sugestões dos documentos oficiais para a educação básica nacional, a partir da sua inserção na formação inicial e continuada de professores;

- Possui potenciais de ensino e divulgação, ainda nacionalmente pouco explorados, nos âmbitos das comunidades de astrônomos profissionais e semiprofissionais (amadores colaboradores com profissionais), bem como de estabelecimentos específicos onde estes atuam (observatórios, planetários e clubes de Astronomia).

## **2.9 Um Holandês que foi pioneiro no Ensino da Astronomia em Pernambuco. (Uma história que não pode ser esquecida)**

De acordo com as justificativas e sugestões dadas acima, concluímos que para tornar a Astronomia mais motivadora e multidisciplinar, estamos propondo um resgate ao pioneirismo de um Padre Holandês que, na década de 70 em Pernambuco, uniu intuitivamente e instintivamente estas técnicas de ensino aprendizagem de forma eficaz. Mesmo sem ter conhecimento teórico sobre os pensadores Vergnaud e Ausubel, o Padre Polman fez história no ensino e na divulgação da Astronomia ligada à teoria e à prática. Mostraremos agora um pouco desta história Astronômica em PE.

*Foto 1: Padre Jorge Polman (1927- 1986)*



*Fonte: Bodas de Prata sem Polman – Associação Astronômica de Pernambuco – Livreto 2011.*

### **Quem foi o Pe. Jorge Polman e o qual sua relação com a Astronomia?**

Johannes Michael Antonius Polman (Padre Jorge Polman). Chegou ao Brasil em 1952 e ainda não era padre. Esse fato viria a ocorrer no dia 01 de dezembro de 1957 no Seminário Menor da Várzea, Recife, pertencente a Ordem Sagrado Coração de Jesus. A partir desse momento, ficou conhecido como Pe. Jorge Polman.

No início de 1970, ingressou no Colégio São João no bairro da Várzea, trazendo consigo um telescópio de 4" e que seria a pedra fundamental para a criação do Clube Estudantil de Astronomia (CEA). Polman era professor de Ciências Físicas e Biológicas e, nas horas vagas, dedicava-se à astronomia. Não tardou para que os seus alunos, entusiasmados com os conhecimentos transmitidos por Polman, solicitassem instruções para a fundação de uma entidade. E assim, surgiu o CEA, tendo como fundador Pe. Polman, figura admirável que a Holanda nos legou. Com a criação do CEA seguiu-se uma série de atividades práticas, cursos, palestras, programas observacionais e participação em seminários e congressos. Em seguida, surgiu a Sociedade Astronômica do Recife (SAR), tendo Polman como seu primeiro presidente. Não tardou para que o CEA erigisse neste Colégio seu observatório com cúpula e vários instrumentos. Montou uma oficina completa para fabricação de telescópios. Seu lema predileto, como ficou largamente conhecido em todas as

ocasiões, era: Observar, Observar, Sempre Observar. Seu trabalho tinha o céu como limite.

### **Contribuições**

Em 1977 Polman desenvolveu um micrometro bifilar, o qual foi motivo para uma ampla reportagem na revista 'Sky and Telescope', maio de 1977, páginas 391 a 393. Ele foi um dos principais articuladores para a criação da LIADA (liga ibero-americana de astronomia), além de ser nomeado Conselheiro da IUA (International Union of Amateur Astronomers) em 1981 e Diretor da Seção de Ocultações por asteroides da LIADA. Desenvolveu grande e reconhecida atividade em estrelas variáveis, estrelas duplas, ocultações de estrelas e asteroides e cometas. Participou do Programa 'Luna Incognita' da ALPO (Association of Lunar and Planetary Observers), realizando observações solares para essa e outras entidades. Polman esteve presente em vários congressos no País e exterior.

Polman deixou uma semente que germinou, cresceu e deu bons frutos para a astronomia, não só de Pernambuco, mas de todo o Brasil. Formou uma legião de discípulos e admiradores. Um de seus discípulos, o Audemário Prazeres, hoje residindo em Bezerros, interior de Pernambuco. Seguindo pensamento de Polman, Audemário criou e tornou-se o presidente da 'Associação Astronômica de Pernambuco' (AAP) que visa criar naquela próspera cidade um moderno planetário junto a um observatório astronômico. A partir de 2010 seu nome está perpetuado em Campinas, SP, no 'Observatório Astronômico Pe. Jorge Polman' do Colégio Sagrado Coração de Jesus dirigido pelo colega Júlio C. F. Lobo. A ele aplicamos o pensamento de Goethe: "Maior que a influência atribuída às estrelas, é a que a memória dos homens bons exerce sobre nossa vida, nosso caráter, nosso destino". Polman, sacerdote de Deus e de Urânia. SEMPER OBSERVANDUM.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E APLICAÇÃO

Uma das grandes dificuldades na transferência do conhecimento é "como ensinar", ou seja, qual a metodologia adequada para ser utilizada pelo professor no intuito de efetivar o ensino-aprendizagem. De acordo com Morin (2000, p.15), existe um problema capital, sempre ignorado, que é o da necessidade de promover o conhecimento capaz de apreender problemas globais e fundamentais para neles inserir os conhecimentos parciais e locais.

Não existe uma única metodologia, mas um conjunto de procedimentos que podem facilitar a ação do professor. Portanto, podemos ensinar os conteúdos da Física interligados diretamente à Astronomia. Os temas centrais devem sempre ser trabalhados buscando-se a interdisciplinaridade. Não se tratando de elaborar novas listas de tópicos e conteúdos, mas sobretudo de dar ao ensino de Física novas dimensões.

Esta é base pedagógica, ligada aos Campos Conceituais propostos por Vergnaud, de nosso trabalho. Para os conteúdos tradicionais: Estudos os Movimentos, Vetores e Composição dos Movimentos, por exemplo, introduzimos previamente o estudo sobre o Trânsito de Vênus e Mercúrio para ser um parâmetro (de conjuntos, de invariantes e de representações simbólicas e situações) que dão sentido ao conceito.

Para que o aluno seja um questionador de seu meio e, com isso, um agente de mudança, não pode a atividade conceitual desvincular-se da vida cotidiana. A inserção da ciência na vida é o primeiro objetivo do ensino. Ao ser inserido neste contexto o estudante pode confirmar conceitos já estabelecidos em seu consciente ou modificar seu significado, como afirma MOREIRA:

[...] a mudança conceitual na estrutura cognitiva do aluno também não é um processo de substituição de uma concepção para outra, de um significado para outro. A mudança conceitual é progressiva, evolutiva, não substitutiva. As novas concepções, ou os novos significados de uma dada concepção, coexistem (talvez para sempre), na estrutura cognitiva, com as preexistentes. (MOREIRA, 1999, p.61)

Desses conceitos, depois de estimulados pelo interesse em compreender o fenômeno, surge o último desafio que é aplicar a matemática na situação-problema. A matemática necessária e os exercícios relacionados aos temas consolidam os conteúdos estudados. Vergnaud e Ausubel são exemplos de pensadores que estudaram a eficácia deste método de ensino-aprendizagem na escolarização.

Desta forma, colocamos a disposição de professores e alunos uma proposta alternativa de ensino-aprendizagem através do trabalho de investigação e redescoberta dos conceitos fundamentais, não se limitando a um trabalho que se baseia em expor conceitos, leis e princípios desvinculados da realidade, pois a Astronomia está ligada às condições que também geram nos estudantes o interesse e a curiosidade para motivar debates tecnológicos. Este é um tema atualizado que promove no estudante a diferenciação progressiva, quando introduzimos uma informação geral de ideias astronômicas e a reconciliação integrativa, quando em nosso produto educacional indicamos as relações entre ideias da Astronomia e da Física, apontando as similaridades e diferenças importantes nos conteúdos estudados. Assim, podemos verificar, por exemplo, no lançamento de foguetes, que o ar (em uma situação real) modifica o resultado encontrado por equações típicas de livros, mostrando que reconciliar discrepâncias reais ou aparentes é uma importante parte do estudo.

### **3.1 Recursos instrucionais disponíveis**

Ao elaborar esta pesquisa, foram utilizados os seguintes recursos instrucionais disponíveis:

- Aulas expositivas sobre os temas centrais; produção de "notas de aulas" para integrar os conteúdos;
- Uso de vídeos didáticos, com posterior debate;
- Aulas práticas (mesmo que a escola não disponha de laboratório, podem se propor algumas atividades experimentais com materiais trazidos pelos próprios alunos);
- Articulação com professores da área de linguagens e códigos e suas tecnologias;
- Produção de textos sobre diversos temas da Física;
- Debates abordando temas polêmicos da Física;
- Interpretação de textos da literatura brasileira e da música popular brasileira nos quais o autor trata de algum fenômeno físico;
- Interação com os professores da área de Ciências Humanas e Sociais e suas tecnologias;

- Visitas técnicas programadas.

### 3.2 Aplicação do produto educacional

O Produto Educacional foi aplicado em um estabelecimento de ensino tradicional (Colégio Presbiteriano Agnes Erskine do Recife) com regimento interno bem estabelecido, onde não se pode realizar muitas inovações, pois estas "novas formas de ensino" podem ser rejeitadas por desviar do contexto tradicional destacado no regimento interno da instituição. A Escola, fundada em 1905, possui um Ensino Religioso de natureza protestante onde cada sala de aula comporta em média, no Ensino Médio, 55 alunos.

Para compreendermos o perfil do estudante desta instituição foi realizado uma conversa com diferentes docentes de diferentes disciplinas sobre as turmas A e B, por já acompanharem estas turmas desde o início do ensino fundamental II. A partir dessa conversa, foi verificado que a turma A tinha um perfil de estudantes mais focados e que assimilavam mais rapidamente os conteúdos e conseqüentemente tinham melhores notas, esta turma foi descrita por alguns professores como uma turma "madura". E que a turma B facilmente perdia a concentração mesmo após a difícil batalha de colocá-los em sala e acalmá-los, os estudantes também tinham dificuldades elevadas na interpretação da matemática. Esta turma B foi descrita por alguns professores como uma turma "infantil".

Nas primeiras semanas de aula verificamos que as turmas do ensino fundamental, ao passarem para o ensino médio, mantiveram os perfis previamente descritos. Devido as características supracitadas optamos por aplicar o Produto Educacional na 1ª Série B do Ensino Médio desta instituição e não aplicar na 1ª Série A.

Para a análise deste experimento foi utilizado um delineamento experimental, para Moreira (2009),

"Entende-se por delineamento de uma pesquisa ao conjunto composto pelo plano de trabalho do pesquisador, a maneira como este seleciona as suas amostras e analisa os seus dados. Pode-se dizer que de nada valem a observação cuidadosa e a exaustiva e detalhada análise estatística se isto for feito para um plano de pesquisa inadequado à situação em estudo. Convém lembrar o que já foi ressaltado neste texto: não é uma boa estatística que torna boa uma pesquisa." Moreira e Rosa (2009)

O delineamento utilizado para nosso produto educacional foi o número 4 (delineamento experimental). Neste delineamento, contido no artigo: Subsídios Metodológicos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências, Moreira e Rosa (2009), trabalha-se com dois grupos, sendo um deles designados aleatoriamente. Em nosso trabalho, fizemos uma adaptação deste método. Escolhemos a turma com mais dificuldades de aprendizagem, não aleatoriamente. Um dos grupos (Turma B) é submetido ao tratamento do produto educacional e o outro grupo (Turma A) não se submete o tratamento.

Após a aplicação deste tratamento comparamos os resultados  *finais* (as médias finais de todas avaliações propostas em cada unidade escolar), afim de verificar de forma mais correta os resultados da aplicação. Esta forma de delineamento foi realizada a partir de avaliações iguais em cada turma, uma vez que esta forma de análise permite pós-teste iguais.

Destacam-se diferenças entre a (**1ª Turma**) 1ª Série A e a (**2ª Turma**) 1ª série B do Ensino Médio nesta instituição:

**1ª Turma:** aula sem a introdução do "novo método".

As aulas ministradas na 1ª Série A do Ensino Médio foram baseadas exclusivamente no material adotado pela instituição, um material tradicional e apostilado denominado SAS (Sistema Ari de Sá).

**2ª Turma:** aula com a introdução do "novo método".

As aulas ministradas na 1ª série B do Ensino Médio foram baseadas no material obrigatório do Sistema Ari de Sá, incluindo o estímulo no estudo. Este estímulo são os temas atraentes ligados a Astronomia, com a intenção de fortalecer o interesse dos estudantes pela disciplina Física e pela Ciência de forma Geral.

#### **Sequência do material utilizado na 1ª Série do Ensino Médio:**

Este material é apostilado e dividido em 4 partes. O aluno recebe este material de forma sequenciada e com tempo definido para o início e o fim de seu uso. O professor deve, em cada apostila (parte), realizar três avaliações com datas estabelecidas pela instituição com os temas indicados abaixo:

- Parte 1: Estudos dos Movimentos, Vetores, Cinemática Vetorial e Composição dos Movimentos.
- Parte 2: Balística, Movimento Circular, Leis de Newton.

- Parte 3: Trabalho, Energia, Impulso e Quantidade de Movimento.
- Parte 4: Gravitação, Estática e Hidrostática.

Nosso Produto Educacional aplicado nesta instituição possui uma sequência de capítulos flexíveis, onde o professor pode modificar a ordem dos mesmos no momento que achar necessário, podendo desta forma ser utilizado em qualquer instituição de Ensino que adote, por exemplo, outras apostilas ou até mesmo livros sugeridos no mercado na rede privada ou pública.

### ***Como foi Realizada a Aplicação?***

Neste Produto Educacional, os temas ligados a Astronomia foram abordados sempre de forma introdutória e norteadora, ligados à Física e apoiados na Visão dos Teóricos Ausubel (Teoria da Aprendizagem Significativa) e Vergnaud (Teoria dos Campos Conceituais).

Destacaremos agora a aplicação desta abordagem no material SAS (apostilas de 1 a 4), onde neste momento chamaremos as intervenções do produto educacional de Motivações, são elas:

- **1ª MOTIVAÇÃO: O Trânsito de Vênus e O Trânsito de Mercúrio**

Realizamos neste capítulo uma aula interdisciplinar onde, em parceria com o professor de matemática do Colégio, apresentamos a geometria específica para este momento. Vimos também os vídeos números (1, 2, 3, 5, 18 e 24) da série ABC da Astronomia, sempre guiado pela motivação dos estudantes. Nesta Motivação 1 os temas estudados estão listados abaixo:

Notação Científica e Ordem de Grandeza.

Conceitos Básicos da Cinemática.

Tempo, Período e Frequência.

Movimentos, com e sem Aceleração.

Geometria.

A Importância do Ensino da Física do Brasil para o Mundo.

- **2ª MOTIVAÇÃO: Movimento Circular e Elíptico dos Satélites e Planetas**

Neste capítulo, foram assistidos os vídeos números (6, 7, 9 e 19) da série ABC da Astronomia para aproximar o estudante do estudo tratado neste capítulo. Os temas estudados estão listados abaixo:

Movimento Circular e Uniforme.  
 Leis de Newton e Atração das Massas.  
 Gravitação.  
 Trabalho e Energia.  
 Estudo de algumas Funções.

- **3ª MOTIVAÇÃO: Lançando Foguetes e a Relação de Massa.**

Realizamos neste capítulo uma aula interdisciplinar, mostrando de forma experimental como lançar um foguete. Dividindo a sala em grupos, tivemos cinco grupos que lançaram o foguete a base de água e outros cinco grupos usando como combustível as reações químicas. Motivados pelas falhas ocorridas, apresentamos em seguida, uma breve revisão de progressões e séries específica para este momento, além de estudos sobre equações exponenciais e logarítmicas. Desta forma, embasados teoricamente, repetimos os lançamentos e fomos melhores sucedidos. Os vídeos número (14 e 16) da série ABC da Astronomia indicaram posteriormente como seria um lançamento tecnológico de foguetes. Nesta Motivação 3 os temas estudados estão listados abaixo:

Quantidade de Movimento.  
 Impulso.  
 Série Matemática, Exponencial e Logaritmo.  
 Velocidade Relativa.  
 Força de Resistência do Ar.

- **4ª MOTIVAÇÃO: O Movimento Vertical e a Força Gravitacional**

Realizamos neste capítulo uma aula interdisciplinar onde, motivados previamente pelos lançamentos de foguetes e percebendo a necessidade da matemática, revisamos as regras de proporções, construindo seus respectivos gráficos. Usando a sugestão de estudantes que anteciparam os estudos, assistimos

um vídeo (O Mensageiro das Estrelas), relatando fatos marcantes sobre os estudos de Galileo Galilei. Nesta Motivação 4 os temas estudados estão listados abaixo:

Movimento Vertical

Movimento Uniformemente Variado.

Força Gravitacional.

Proporção Matemática.

Gráficos de Funções.

### **Metodologia utilizada na Turma A:**

Nesta turma onde não aplicamos o produto educacional, a abordagem foi baseada exclusivamente no material SAS (Sistema Ari de Sá, apostilas de 1 a 4, aplicadas nesta ordem). Para formar um paralelo com as "Motivações" relatadas na Turma B, chamaremos nesta nova turma, cada unidade de "Sem Motivação".

- 1ª UNIDADE SEM MOTIVAÇÃO: **Movimentos Uniformes e Uniformemente Variados, Verticais e Vetores.**

Mostramos os conceitos básicos seguindo as instruções do material adotado, em seguida classificamos os movimentos dando exemplos de movimento de carros, pessoas, etc. Indicando como essas grandezas podem ser analisadas posteriormente de maneira vetorial. Encerrando sempre com atividades propostas pelo material e testadas com a realização de avaliações em datas marcadas pela instituição.

- 2ª UNIDADE SEM MOTIVAÇÃO: **Lançamentos, Movimentos Circulares, Leis de Newton e Forças em Trajetórias Curvilíneas.**

Exemplificamos os lançamentos usando objetos contidos na sala, afim de questionar os estudantes sobre a resistência do ar, seguindo as instruções do material adotado, em seguida classificamos os movimentos circulares dando exemplos de movimentos interligados como por exemplo funcionamento de relógios. No estudo das Leis de Newton, mostramos o contexto histórico de como possivelmente Newton iniciou os estudos que culminaram no conceito de força. Encerrando sempre com atividades propostas pelo material e testadas com a realização de avaliações em datas marcadas pela instituição.

- **3ª UNIDADE SEM MOTIVAÇÃO: Trabalho, Energia, Impulso, Quantidades de Movimentos.**

Mostramos os mecanismos básicos da transformação de energia, justificando a realização de um trabalho de uma força, sempre seguindo as instruções do material adotado. Em seguida, no estudo do Impulso, classificamos as forças aplicadas em corpos indicando o tempo de interação e como isso influenciaria nos movimentos e nas deformações. Encerrando sempre com atividades propostas pelo material e testadas com a realização de avaliações em datas marcadas pela instituição.

- **4ª UNIDADE SEM MOTIVAÇÃO: Colisões, Gravitação, Equilíbrios do Ponto e dos Corpos Extensos.**

Classificamos os tipos de colisões, seguindo as instruções do material adotado, em seguida destacamos a evolução histórica dos modelos planetários até os dias de hoje, realizando cálculos simples sugeridos pelo material. Fizemos uma bateria de atividades aplicando vetores no conteúdo referente ao equilíbrio dos corpos. Encerrando sempre com atividades propostas pelo material e testadas com a realização de avaliações em datas marcadas pela instituição.

A aplicação deste Produto teve o objetivo de ensinar Física Mecânica usando Astronomia como campo conceitual afim de gerar significado aos conteúdos estudados. Após as férias escolares, mês de julho, o IFPE (Instituto Federal de Educação Tecnológica) iniciou a divulgação de uma olimpíada pernambucana de Astronomia, de Física e de Lançamento de Foguetes indicada para estudantes de nível médio. Já que o enfoque desta olimpíada não é testar o nível de conhecimento do estudante, assim como a proposta deste trabalho, aproveitamos para aplicá-la. Um total de 69 estudantes dos dois primeiros anos desta instituição fizeram as provas. Podemos destacar que em anos anteriores, o colégio não tinha inscritos em olimpíadas da área de exatas. Para a turma B do 1º ano, onde aplicamos o PRODUTO, tivemos 49 estudantes realizando as olimpíadas, que representa aproximadamente 84,5% do total de alunos matriculados e frequentando as aulas na turma B.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Procuramos fazer uma análise comparativa entre as duas turmas das primeiras séries desta instituição, pretendendo identificar as mudanças no interesse dos estudantes e o novo perfil no entendimento da Física. Para isto, faremos um comparativo das médias, representadas aqui com a letra (M), dos estudantes em cada semestre, entre as turmas sem a aplicação e com a aplicação da Motivação. As médias (M) de cada unidade são compostas por três avaliações elaboradas pelo professor da turma e com datas determinadas pela escola: teste (1ª avaliação de aprendizagem), simulado (reunião de todos conteúdos estudados até o momento da aplicação e prova (2ª avaliação de aprendizagem). Finalizando esta análise, serão aplicadas as provas das olimpíadas pernambucanas de física e astronomia.

### 4.1 Resultados obtidos comparando Turma A e Turma B

Destacamos nas tabelas 1 e 2 as médias referentes a cada semestre e a respectiva porcentagem do total de alunos. Na primeira tabela indicamos as unidades do ano letivo (Sem Motivação 1, Sem Motivação 2, Sem Motivação 3 e Sem Motivação 4) em que não aplicamos o Produto Educacional e a segunda tabela representa os resultados da turma B, onde o produto foi aplicado.

*Tabela 6* – Relação das médias para a Turma A (sem aplicação do produto) com um total de 56 estudantes por unidade.

NOTAS	M < 2,0		2,0 < M < 7,0		M > 7,0	
TURMAS	A		A		A	
Sem Motivação 1	11	20%	34	61%	11	20%
Sem Motivação 2	13	23%	38	68%	5	9%
Sem Motivação 3	26	46%	15	27%	15	27%
Sem Motivação 4	8	14%	25	45%	23	41%

Fonte: O Autor

*Tabela 7 – Relação das médias para a Turma B (com aplicação do produto) com um total de 58 estudantes por unidade.*

NOTAS	M < 2,0		2,0 < M < 7,0		M > 7,0	
TURMAS	B		B		B	
<b>Motivação 1</b>	15	26%	37	64%	6	10%
<b>Motivação 2</b>	22	38%	24	41%	12	21%
<b>Motivação 3</b>	8	14%	34	59%	16	28%
<b>Motivação 4</b>	9	16%	18	31%	31	53%

*Fonte: O Autor*

Percebemos nas duas turmas uma redução no número de estudantes com médias abaixo de dois. Este quadro animador, mostra um deslocamento das médias para uma região compreendida entre as médias de dois a dez, indicando uma primeira diferença entre as turmas de acordo com as motivações aplicadas em cada semestre.

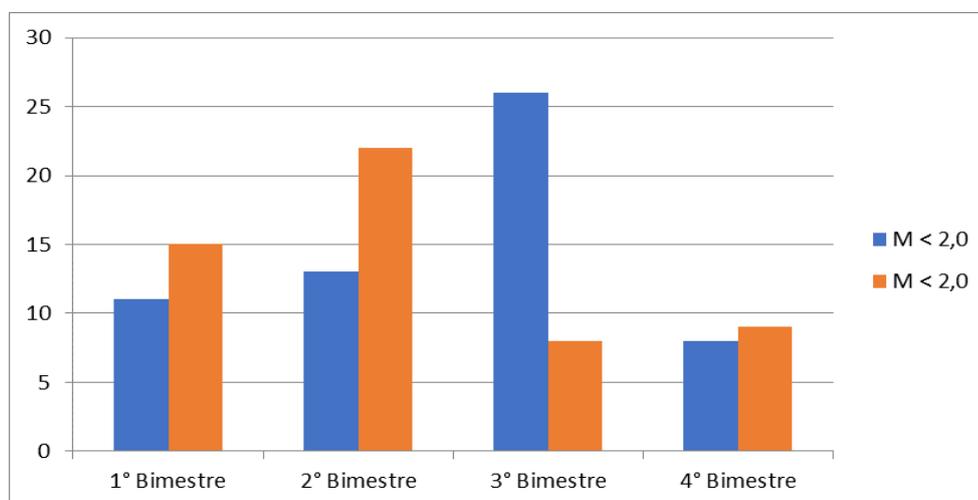
Mesmo com grande concentração de estudantes na faixa compreendida entre as médias dois e sete, um padrão triste e constante relatado por professores da escola analisada, e constatado nesta pesquisa, mostra uma tímida melhora nas notas dos estudantes deste perfil.

Observamos um crescimento no total de estudantes com notas acima de sete. Apontamos este como sendo um importante indicador que completa o deslocamento de médias e comprova uma real melhora no aproveitamento escolar, uma vez que um aproveitamento igual ou superior a 70% no valor total da avaliação é o objetivo que se deseja de um estudo convertido em médias.

Nos histogramas (1, 2 e 3) mostrados abaixo, a comparação entre as turmas bimestre a bimestre, segue uma progressiva melhora, como podemos ver:

No histograma referente a Figura 7 é possível visualizar o desempenho das turmas A e B, durante os quatro bimestres, comparando as médias inferiores a dois.

Histograma 6: histograma indicando as médias (M), em azul referente a turma A e em laranja referente a turma B, de cada bimestre.

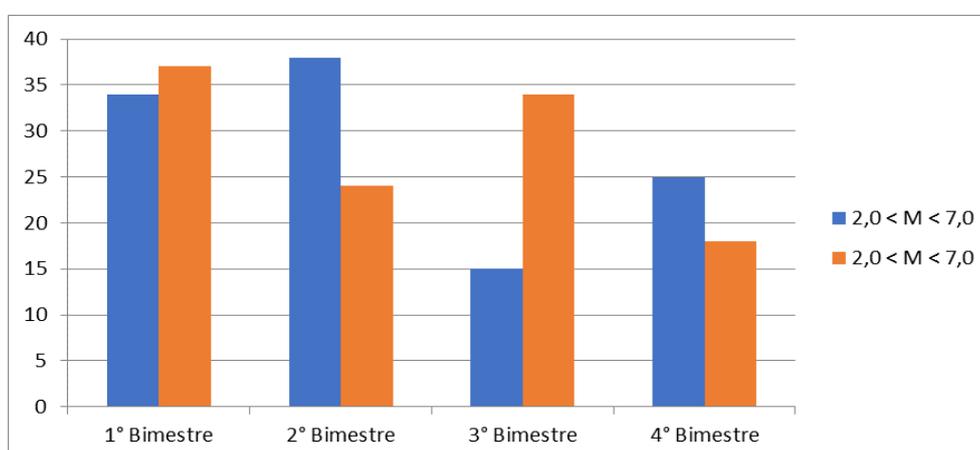


Fonte: O Autor.

Essas médias representam um resultado insatisfatório de um a maneira geral, mas a redução gradativa destes se torna motivador. Nossa intenção sempre foi zerar as barras nestas médias, contudo o que conseguimos foi uma satisfatória redução, indicadas pela motivação da turma B e uma leve melhora na turma A que atingiram índices cada vez menores ao longo dos semestres, conforme indicado no histograma da figura 7.

No histograma da Figura 8 é possível visualizar o desempenho das turmas A e B, durante os quatro bimestres, comparando as médias entre dois e sete.

Histograma 7: histograma indicando as médias (M), em azul referente a turma A e em laranja referente a turma B, de cada bimestre.

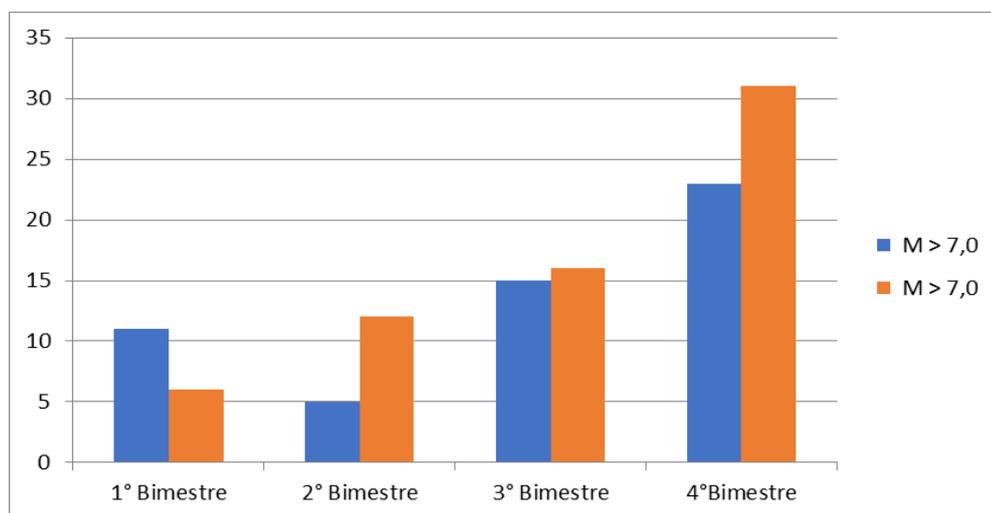


Fonte: O Autor.

As médias representam uma primeira melhora no desempenho das duas turmas independente da motivação, característica motivadora, contudo a maior densidade de estudantes se encontra nas médias compreendidas entre dois e sete, um resultado que, por linhas gerais, não agradam. Pois representam alunos motivados e com dificuldades. Mas, a curva decrescente indicada pelas barras no histograma da figura 9 sugere um avanço no nível de interesse dos estudantes.

No histograma da Figura 9 é possível analisar o desempenho das turmas A e B, durante os quatro bimestres, comparando as médias superiores a sete.

Histograma 8: histograma indicando as médias (M), em azul referente a turma A e em laranja referente a turma B, de cada bimestre.



Fonte: O Autor.

O aumento do número de alunos indicados pelo histograma apresentado na figura 9 é, com certeza, motivadora e inspiradora. Estudantes com histórico de médias ruins, progredindo em ambas as turmas, apontam o empenho do profissional, porém a turma onde foi aplicado o produto mostrou índices superiores a turma onde não foi aplicado. É importante ressaltar que: o número de aulas médio por turma, há dez anos eram de 5 aulas semanais, já em 2017 o número de aulas semanais são, em média, 4 aulas. Professores mais preparados são capazes de reparar as dificuldades dos alunos mesmo com menor número de aulas? Esta pergunta não foi o foco de nossa pesquisa, deixamos para reflexão um depoimento de quem teve a oportunidade de ter um número maior de horas estudadas. José

Olímpio Ferreira da Silva, mais conhecido como Mestre Corisco e responsável pelo grupo de Capoeira, Chapéu de Couro da UNICAP (Universidade Católica de Pernambuco). O Mestre teve a oportunidade de ser aluno do Padre Jorge Polman.

#### **4.2 Entrevista com o professor José Olímpio Ferreira da Silva, ex-aluno do Padre Jorge Polman, capoeirista e músico da UNICAP.**

"Meu nome é José Olímpio Ferreira da Silva atualmente eu trabalho com capoeira, sou mestre de capoeira da Universidade Católica de Pernambuco, coordeno o grupo e tive o prazer de na minha infância e adolescência ter sido aluno do Padre Jorge Polman, tanto de astronomia quanto aluno do primeiro grau de ciências físicas e biológicas".

##### ***O Clube de Astronomia***

A Várzea era um local onde existia antigamente um seminário e uma igreja vinculada a congregação do Sagrado Coração de Jesus em que o Padre fazia parte e, interessado em astronomia, foi estimulado por esses alunos do colégio a fazer o clube de Astronomia.

Eu fui aluno do Padre Jorge Polman na década de 70 (provavelmente de 74 a 80) como era muito novo não tinha muita ideia do que se fazia lá. O Padre não deixava por fora por ser criança, então o que eu lembro da atividade que eu fazia na minha idade entre os 11 aos 16 anos era observar o solo solar que era algo prático, basicamente projetar a imagem do Sol numa tela e verificar as manchas solares diariamente.

Observava-se pelo catálogo Messier (francês que observou mais de cem corpos celestes) e se usava esta metodologia por todo o curso de 2 anos. Se conhecia o céu se identificava perto das 80 constelações e estrelas principais, nebulosas, estrelas binárias.

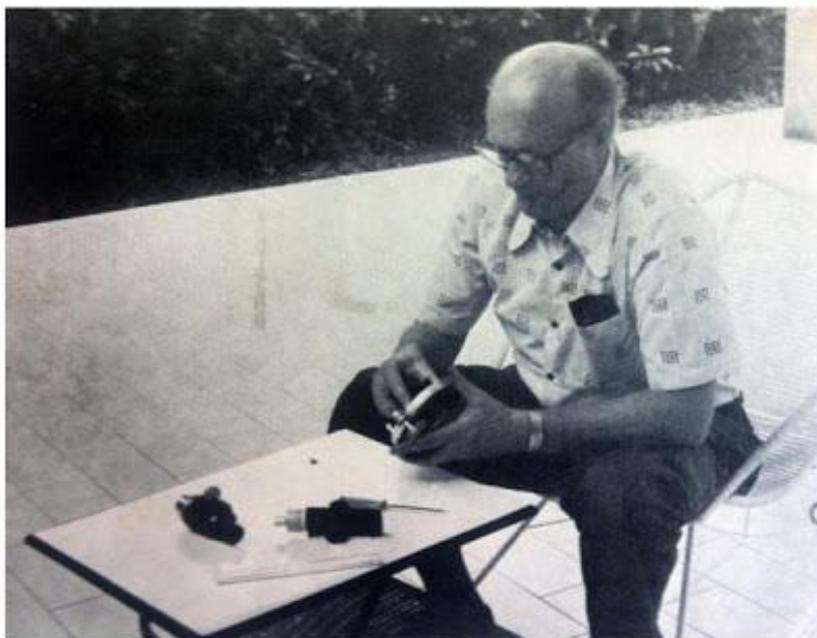
Não lembro de medidas exatas, mas o Padre criou várias coisas e lembro que saiu numa publicação internacional chamada Sky & Telescope onde criou o bifilar micrômetro, equipamento que media distância entre sistemas de estrelas binárias.

Ele tinha muita habilidade manual, ele fabricava os próprios telescópios de espelhos côncavos refletores. Era vinculado a uma série de entidades científicas internacionais.

### ***Moradia***

Morava num quarto do colégio e não na moradia dos Padres e os alunos tinham maior contato e de maneira espontânea e menos curricular, atingindo o nível de cada aluno e dava a profundidade desejada, debatia temas diversos incluindo criacionismo. Me impressionava toda esta postura sem abandonar sua questão religiosa, afirmando que Deus se encontrava naquele conhecimento científico.

*Foto 2: Polman montando o seu micrômetro bifilar. Sky and Telescope, Março 1977.*



*Fonte: Bodas de Prata sem Polman – Associação Astronômica de Pernambuco – Livreto 2011.*

### ***Onde estudar?***

Não existia outro local para se estudar astronomia que não tivesse a influência do Padre Jorge Polman, o público mais comum, mais convencional fazia parte de CEA (Clube dos Estudantes de Astronomia) mas existia também a SAR (Sociedade Astronômica do Recife) onde iam pessoas mais influentes da sociedade recifense para desenvolver seu conhecimento com o Padre.

***Seu pioneirismo não se vê parecido nos tempos atuais.***

Tinha uma oficina onde se criava muitos aparatos ligados à astronomia, por exemplo, radiotelescópios caseiros montados com telas e madeiras e ficou conhecido como o "galinheiro de Padre Jorge Polman". Lembro que se apontava o equipamento para o céu e se capitava sons, ele explicava o seu funcionamento, explicava como seriam os Eclipses...ele era extremamente criativo.

*"Não se pode esquecer do Padre pelo seu pioneirismo, conhecimento e pelo seu alcance didático." (Corisco)*

Ele criava e a prática dele, de mãos na obra, a gente não vê mais isso acontecendo. Grupos se articulam com astronomia nas redes sociais, mostrando muito conhecimento diversificado, mas não aprofundam muito conhecimento.

Dedicação, negando seu lado religioso em prol do lado cientista, divulgador, incentivados e entusiastas da ciência.

Estou a 33 anos liderando um grupo de Capoeirista e Prático capoeira a 40 anos e a forma da gente se organizar e a forma que atuamos é bastante parecida com o método científico de você observar e deduzir ações na nossa prática, isso tudo é uma herança do Padre Jorge.

Um das coisas que trago comigo até hoje, é a alegria, a organização, os costumes, veja que em minha mesa de estudos, tem uma lupa, um canivete encaixado num recipiente, da mesma forma que tinha na mesa do Padre. São Lembranças que eu trago comigo de forma em que tem influência direta na minha vida, na forma de me organizar e de perceber as coisas em minha volta.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS, CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Consideremos que a busca por estratégias eficazes, em nosso trabalho, alicerce a prática docente, sendo instrumentos pedagógicos realizáveis e norteadores. Nesta linha, este trabalho procura apontar que é possível reverter o quadro da educação no Brasil. Assim, sugerimos propostas que minimizem este quadro, classificado como preocupante e crítico.

A problemática mostrada é difícil de se resolver rapidamente, porém todos os pontos destacados mostram onde se pode atuar, afim de se ter um bom aproveitamento escolar nesta disciplina. O primeiro passo é mostrar, no caso da Física, que a ciência não está desvinculada da matéria estudada na escola e que é possível compreendê-la no momento em que se passeia num ônibus ou na simples observação do movimento de corpos celestes. Se os conceitos forem trabalhados sem esta relação cotidiana é possível e provável que tenhamos algumas falhas no ensino e na aprendizagem, como relata Cordeiro:

Os conceitos científicos, então, passam a ser usados apenas em avaliações escolares. No dia a dia, os alunos não os colocam em prática, pelo simples fato de que não aprenderam a relacioná-los com as situações do cotidiano. É como se, por exemplo, a “força gravitacional” só provocasse a queda de corpos dentro dos muros da escola. Na rua, os objetos caem simplesmente porque caem (CORDEIRO, 2003, p.28).

Se estes conceitos não forem trabalhados fazendo a união do estímulo teórico, comparando com temas mais práticos e reais, e mostrando como a física surge naturalmente para justificar estes fatores, os estudantes não se sentirão atraídos por esta disciplina.

Estes dados nos preocupam porque o nível de escolarização está reduzindo com o passar dos anos. Estas características, identificadas no questionário apresentado, que apontam nossos jovens com baixa interpretação textual, níveis baixíssimos de habilidades matemáticas, preocupação em apenas memorizar as equações trabalhadas em aula e seus questionamentos em problemas, se mostram distorcidos em relação ao contexto apresentado. Mesmo os que estão voltados para as exatas afirmam que as fórmulas são quase que exclusivamente para decorar, com raras comparações com o cotidiano.

Dados comparados num intervalo de dez anos, sugerem este agravo na aprendizagem, um fator, talvez, já percebido pelas universidades devido à implantação de disciplinas como, por exemplo, de pré-cálculo. Desta forma, se as

equações e as estruturas matemáticas forem apenas decoradas e não entendidas, continuaremos tendo um péssimo rendimento no ensino médio e as universidades continuarão recebendo esses alunos com profunda dificuldade de interpretação, de organização matemática, de fundamentação conceitual, de estruturação de raciocínios, entre outros.

Os alunos não entendem a necessidade de fundamentar estas teorias com a formalização matemática que está "por trás" dos fenômenos estudados. Assim qual deve ser a melhor saída para este quadro? Não podemos acreditar que disciplinas criadas com a intenção de minimizar a falta de preparo dos estudantes ao chegarem nos diversos cursos superiores no país, seja a solução adequada. Este novo perfil nos cursos superiores, reforça o alerta sobre a redução de carga horária das escolas, uma vez que os estudantes precisam, além do estímulo na hora do estudo, de um tempo maior para maturação dos conceitos estudados.

Se introduzirmos, de forma eficaz, temas motivadores como a astronomia, a aprendizagem pode se tornar mais adequada e interessante para o novo perfil imediatista dos estudantes. A física unida às tecnologias motiva e potencializa os resultados como podemos perceber com o número de inscritos em olimpíadas de física da instituição onde aplicamos o produto educacional. Acreditamos que com uma intervenção adequada do profissional, alinhada ao produto educacional que deixamos em anexo a esta dissertação, o aprendizado da física na escola se tornará mais prazeroso, eficaz e duradouro, podendo somar na boa formação dos estudantes em nosso país.

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de aulas interessantes, interligadas aos temas motivadores da Astronomia. Como já dito, seria importante que a carga horária das escolas fosse ampliada para uma melhor assimilação dos conteúdos estudados, mas como ainda não é possível, procuramos o desenvolvimento de ideias inovadoras e adequadas a carga horária vigente.

Trabalhamos com Física ligada à Astronomia apenas nas turmas de 1ª série do Ensino Médio, um trabalho de certa forma incompleto, pois para conclusão de seus estudos, ainda existem dois anos a serem cumpridos. Assim estes estudantes, por hora motivados, necessitam de uma sequência em seus estudos.

Como perspectiva, buscaremos abordar conceitos em outras grandes subáreas da física, como termodinâmica, ondas, óptica, eletromagnetismo, relatividade e quântica. Temas abordados nas séries seguintes.

Em termodinâmica poderemos estudar os principais processos que determinam a temperatura de um gás interestelar, as condições de resfriamento, o processo estatístico que se encontram nos glomerados de estrelas. Além da Primeira Lei da Termodinâmica, as nebulosas dentre outras.

Em Ondas, Óptica e Eletromagnetismo será possível estudar o comportamento das Ondas Gravitacionais suas possíveis causas e efeitos. No estudo das cores das galáxias veremos que estas estão cada vez mais próximas ou mais distantes da Terra. Através do conhecimento do espectro eletromagnético, o qual se estende muito além dos comprimentos de onda da luz visível. Poderemos explorar o Universo utilizando as mais variadas técnicas de visualização, e por meio delas captar fenômenos que passam despercebidos, utilizando os estudos sobre as ondas eletromagnéticas.

Em relatividade e quântica estudaremos as diferenças existentes entre as leis de gravitação de Newton e a proposta de Einstein da Relatividade Geral, as correções relativísticas para eventos de velocidades próximas da luz, o espectro da radiação dos planetas estudada pela quântica.

## REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

CASTRO, E.S.B.; PAVANI, D. B.; ALVES, V. M. **A produção em ensino de astronomia nos últimos quinze anos.** Disponível em: <[http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/\\_aproducaoemensinodeastro.trabalho.pdf](http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/_aproducaoemensinodeastro.trabalho.pdf)>. Acesso em: 28 jul 2016.

COLL, César. **Psicologia da aprendizagem no Ensino Médio.** Porto Alegre: Artmed, 2003.

CORDEIRO, Luís Fernando. **É significativa a aprendizagem escolar do conceito físico de aceleração no primeiro ano do Ensino Médio?** Dissertação – Mestrado em Educação, Universidade Federal do Paraná, 2003.

ESPAÇO CIÊNCIA. **Astronomia.** Disponível em: <<http://www.espacociencia.pe.gov.br/atividade /astronomia/>>. Acesso em: 17 set 2017.

Justificativas para o ensino de Astronomia: o que dizem os pesquisadores brasileiros? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências** Vol. 14, No 3, 2014

LANGHI, R.; NARDI, R. **Educação em Astronomia: repensando a formação de professores.** São Paulo: Escrituras, 2013.

MALDANER, Otavio A. **Situação de estudo: uma organização do ensino que extrapola a formação disciplinar em Ciências.** Ijuí: Ed. Unijuí, 2007.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – MEC. **PCN +: Ensino MÉDIO:** Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2002.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Parâmetros Curriculares Nacionais:** terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental – ciências naturais. Brasília: MEC/SEMTEC, 1998.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa.** Brasília: Universidade de Brasília, 1999.

MOREIRA, M. A.; ROSA, Paulo R. **Recopilação de trabalhos publicados ou apresentados em congressos sobre o tema *Métodos Qualitativos e Quantitativos* a fim de subsidiar metodologicamente o professor investigador, em particular da área de ensino de ciências.** Porto Alegre: 2009.

MORIN, Edgard. **Os sete saberes necessários à educação do futuro.** São Paulo: Cortez, 2000.

O OBSERVATÓRIO. **Qual a origem da palavra Astronomia?** Disponível em: <<http://www.oal.ul.pt/oobservatorio/vol10/n10/pagina2.html>> Acesso em: 28 Jul 2016.

OLIVEIRA, R. S. **A importância do ensino da astronomia.** Disponível em: <<http://www.planetariodorio.com.br/2010/06/24/a-importancia-do-ensino-da-astronomia/>>. Acesso em: 17 de setembro de 2017

PERRENOUD, **Dez novas competências para ensinar.** Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

RICARDO, Elio C.; FREIRE, Janaína C.A. A concepção dos estudantes sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29, n. 2, 2007.

ROSA, Á. Becker et al. **Revista Ibero-americana de Educação**, Organização dos Estados Iberoamericanos (OEI/CAEU), vol. 72, núm. 2, novembro, 2016.

SILVA, Benedito Antônio. Contrato Didático. In: MACHADO, Silvia Dias Alcântara. (Org.) **Educação Matemática** – Uma (nova) introdução, p. 49-75. São Paulo: EDUC, 2008.

SILVA, J.; SOUZA, J. O ensino de Física em Botucatu, **Revista Botucatuense de Ensino de Física**, v. 97, n. 4, p. 1103-1125, 2010.

TRAVNIK, N. Johannes Michael Antonius Polman (Padre Jorge Polman). Disponível em: <<http://astronomia.blog.br/padre-polman/>>. Acesso em 28 jul 2016

VEIGA NETO, Alfredo. **De Geometrias, Currículo e Diferenças IN: Educação e Sociedade**, Dossiê Diferenças-2002.

VERGNAUD, G. Multiplicative conceptual field: what and why? In GUERSHON, H.; CONFREY, J. (1994). (Eds.) ***The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics***. Albany, N.Y.: State University of New York Press.1994

VILLANI, A. et al. Analisando o ensino de Física: contribuições de pesquisas com enfoques diferentes. **Revista de Ensino de Física**, São Paulo, v.4, p. dezembro 1982.

## **APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL**

Produto Educacional resultante da pesquisa aplicada sobre nossas inquietações e motivações acerca do tema abordado com o intuito de possibilitar um ensino mais significativo para os alunos.

Capítulo 0. Apresentação do Produto Educacional

Capítulo 1. Os Trânsitos de Mercúrio e Vênus.

Capítulo 2. O Movimento Circular e Elíptico dos Satélites.

Capítulo 3. Lançando Foguetes.

Capítulo 4. A Queda dos corpos e a Força Gravitacional.



**ASTRONOMIA: UMA FERRAMENTA MOTIVACIONAL PARA O ESTUDO DA  
FÍSICA MECÂNICA NO ENSINO MÉDIO**

**Produto Educacional Apresentado para Dissertação de  
Mestrado em Ensino de Física.**

**RICARDO DA SILVA FARIAS**

Orientador(es):

Dr. Sergio de Lemos Campello

Dr. Augusto César Lima Moreira

**CARUARU – 2017**

## APRESENTAÇÃO

Prezado Professor,

Este material foi elaborado, baseada no método de Mapas Conceituais de Ausubel e Campos Conceituais de Vergnaud, visando despertar um melhor interesse dos estudantes pelas disciplinas da área de exatas e, em específico, à Física. Durante a realização das aulas de física na 1ª série do ensino médio, introduzimos temas relacionados à Astronomia, aproximando os estudantes da realidade, gerando maior interação nas aulas. Elaboramos atividades curtas investigativas em sala de aula, de maneira contextualizada, incluindo a utilização de ferramentas, tais como vídeos da Série ABC da Astronomia (série de vídeos produzidos pela TV ESCOLA) e conteúdos abordados.

Vídeos abc da astronomia: Série de 30 episódios apresentando os principais conceitos de Astronomia. A cada programa, o professor e Astrônomo Walmir Cardoso, apresenta um tema derivado de uma letra do alfabeto. O ABC da Astronomia é uma série que viaja pelo alfabeto da língua portuguesa e, em 30 episódios, apresenta os principais conceitos da ciência que estuda as estrelas. A cada programa, o professor e astrônomo Walmir Cardoso nos mostra um tema derivado de uma letra. Animações, fotos espaciais e imagens de arquivo complementam a viagem espacial que traz, como grande diferencial, o ponto de vista do hemisfério sul sobre os temas e conceitos.

A proposta educacional de nosso país, da rede pública, ainda não nos permite ministrar aulas sem a utilização dos livros aprovados no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e em se tratando da rede privada, existem um conjunto de fatores que impossibilitam a troca destes materiais/livros pela nossa proposta de ensino. Sendo assim, nosso material vem com o objetivo de ser trabalhado em conjunto a estes matérias tradicionais que atuam no mercado, auxiliando o professor na motivação dos estudantes na arte de aprender.

Nesta proposta de ensino, foram abordados os seguintes temas:

CAPÍTULO 1 – Trânsito de Vênus e Mercúrio, para tratar conteúdos relacionados a Cinemática (Ordem de Grandeza, Tempo, Período, Frequência, Velocidades, etc.);

CAPÍTULO 2 – O movimento Circular e Elíptico dos Satélites, para estudarmos os movimentos Circulares (Leis de Newton, Leis da Gravitação, Trabalho, Energia e Conservação);

CAPÍTULO 3 – Lançamento de Foguetes, mostrando as formas de lançamento e sua relação com a massa (Quantidade de Movimento, Impulso, Funções Exponencial e Logarítmica, Progressões, Resistência do Ar, ....);

CAPÍTULO 4 – A queda dos corpos e a Força Gravitacional, percebendo a importância da experimentação na física e em particular no movimento vertical (Equações do Lançamento Vertical e Tipos de Forças). O conteúdo trabalhado aborda a matemática necessária para o acompanhamento dos jovens nesta etapa de aprendizado.

Os capítulos deste material (produto educacional) aqui destacados, podem ser trabalhados em sala de aula ou em campo aberto para a realização de atividades experimentais. A ordem dos capítulos fica livre para cada professor escolher, conforme sua estratégia pedagógica, classificando-se como um material versátil e de fácil utilização.

Aos amigos professores, desejo uma excelente aula aplicando este material!

Ricardo da Silva Farias

## Capítulo 1

### Os Trânsito de Mercúrio e Vênus

Nesse capítulo o professor poderá realizar sua aula de forma interdisciplinar onde, em parceria com o professor de matemática, poderão apresentar a geometria específica para este momento. O professor poderá mostrar os vídeos números (1, 2, 3, 5, 18 e 24) da série ABC da Astronomia, sempre guiado pela motivação dos estudantes. Neste Capítulo 1 os temas estudados estão listados abaixo:

Notação Científica e Ordem de Grandeza.

Conceitos Básicos da Cinemática.

Tempo, Período e Frequência.

Movimentos, com e sem Aceleração.

Geometria.

A Importância do Ensino da Física do Brasil para o Mundo.

### CARACTERÍSTICAS DE CADA VÍDEO QUE PODE SER UTILIZADO NESTE CAPÍTULO

#### ***Vídeo 1 (7:41) ABC da Astronomia | Astronomia***

(Introdução Motivadora Geral). Mostrando a evolução dos conceitos na astronomia e suas subdivisões.

Observar o céu é um hábito praticado por todos os povos, em todos os tempos. A análise do que acontece fora do planeta Terra é uma das ciências mais antigas da humanidade: a astronomia, palavra originada do grego que significa Lei das Estrelas. Com o tempo, a ciência que estuda a posição e o movimento dos astros no universo ganhou mais vertentes e desafios. No episódio de abertura da série ABC da Astronomia, o professor e astrônomo Walmir Cardoso te convida a viajar por essa evolução: desde os primeiros olhares do homem até a astronomia extragaláctica.

#### ***Vídeo 2 (4:42) ABC da Astronomia | Ano Luz***

O Ano Luz pode parecer uma unidade para medir tempo, mas este é um padrão que define as distâncias entre os planetas e demais corpos celestes no universo. Cientistas chegaram a esta medida porque a velocidade da luz é considerada constante:

300 mil km/s. Pode-se dizer que olhar para o céu é ver o que está no passado, e neste episódio do ABC da Astronomia você vai entender o porquê desta afirmação conhecendo algumas das estratégias para calcular o ano luz, além das maneiras de encontrar distâncias entre os astros.

### ***Vídeo 3 (3:40) ABC da Astronomia | Big Bang***

O ABC da Astronomia mostra neste programa que o surgimento do universo foi muito mais do que uma explosão, como temos ideia do que tenha ocorrido. O tempo e o espaço também surgiram durante o evento conhecido como Big Bang, e desde então acontece uma expansão acelerada de partículas por toda a nossa galáxia. Saiba como se dá o desenvolvimento do universo desde aquele momento, há 13,7 bilhões de anos, e como o jovem Sistema Solar, nascido há 9,5 bilhões de anos, entra nessa história.

### ***Vídeo 5 (4:20) ABC da Astronomia | Distâncias***

Desde crianças aprendemos a fazer julgamentos relacionados às distâncias dentre objetos, como entender que um avião fica menor à medida em que se distancia no céu. Mas esses conceitos, baseados muitas vezes na nossa intuição, podem levar a algumas conclusões equivocadas, porque os ângulos e efeitos enganam nossos olhos. Essa regra vale também no espaço: para calcular e entender as distâncias astronômicas, é necessário usar técnicas especiais de medida. Entenda como isso funciona.

### ***Vídeo 18 (4:20) ABC da Astronomia | Quadrante***

O Quadrante é uma ferramenta criada para olhar para o céu. Com um pouco de geometria e matemática, os navegantes atravessaram oceanos. Com mais cálculo, mais matemática e com a ajuda dos quadrantes mais sofisticados, podemos organizar nossas descobertas sobre o céu. Neste programa do ABC da Astronomia, entenda como essas ferramentas simples funcionam, e como a sua evolução ajudou os astrônomos a chegarem mais longe nas pesquisas sobre o universo.

### ***Vídeo 24 (3:48) ABC da Astronomia | Wolf***

O Sol está no centro de nosso sistema, rodeado por outros sete planetas além da Terra. E conhecer o astro rei não é nada fácil: além de todos os filtros e das sondas especiais que já enviamos para tentar analisá-lo, é preciso criar referências. O número de Wolf nasceu de uma expressão matemática e cria uma das mais importantes formas de observar o comportamento das manchas solares. Neste programa do ABC da Astronomia, você entende como ele surgiu.

## Capítulo 2

### O movimento Circular e Elíptico dos Satélites

Nesse capítulo o professor poderá realizar sua aula utilizando os vídeos números (6, 7, 9 e 19) da série ABC da Astronomia para aproximar o estudante do estudo tratado neste capítulo. Os temas estudados estão listados abaixo:

Movimento Circular e Uniforme.

Leis de Newton e Atração das Massas.

Gravitação.

Trabalho e Energia.

Estudo de algumas Funções.

#### CARACTERÍSTICAS DE CADA VÍDEO QUE PODE SER UTILIZADO NESTE CAPÍTULO

##### ***Vídeo 6 (4:10) ABC da Astronomia | Estrelas***

Elas são gigantescas fornalhas em constante atividade, produzindo energia e todos os elementos que compõem a natureza que conhecemos. Talvez seja por isso que nos encantem tanto quando olhamos para o céu durante a noite e admiramos seu brilho. Neste programa do ABC da Astronomia, você vai ver que as estrelas nascem, vivem e morrem. Saiba como se dá este ciclo e aprenda um pouco sobre a nossa estrela mais famosa: o Sol.

##### ***Vídeo 7 (4:19) ABC da Astronomia | Fases da Lua***

Nosso único satélite natural é usado por diversas culturas para medir o tempo, ou até mesmo para seguir superstições. Ao longo de um mês, a Lua oferece belos espetáculos a nós, felizardos espectadores. Tudo isso nada mais é do que um jogo de luz e sombra que ocorre entre ela, o Sol e a Terra. O esquema que resulta nas fases da Lua parece simples para quem observa, mas tem diversos detalhes que este programa esclarece. Saiba como esse fenômeno ocorre entendendo a relação de posicionamento e distância entre estes três corpos celestes.

***Vídeo 9 (4:20) ABC da Astronomia | Heliocentrismo***

No início a Terra era o centro de tudo. Depois de muita polêmica foi o Sol, Helios, que passou para o centro do universo. Os estudos avançaram, e com a ajuda da tecnologia, atualmente a nossa compreensão ampliou o tamanho do universo: o centro de tudo passa a ser indeterminado, com a expansão acelerada das galáxias. Neste programa do ABC da Astronomia, você pode viajar no tempo e compreender o pensamento em relação ao que está ao nosso redor, desde os filósofos da antiguidade até os grandes observatórios que temos hoje.

***Vídeo 19 (3:44) ABC da Astronomia | Rotações***

Rotação é o movimento periódico em torno de si mesmo, e revolução é o movimento de um objeto em torno de outro. Quando a gente pensa nos movimentos da Terra e da maioria dos planetas, fica fácil imaginar todos girando no mesmo sentido e na mesma direção. Mas nem sempre é assim. Tem planeta que "rola", e tem ainda planeta que gira ao contrário. Neste programa, você vai entender as consequências causadas pela movimentação dos planetas no universo, e vai descobrir que existe até planeta em que o dia é maior do que o ano.

## Capítulo 3

### Lançando Foguetes e a Relação de Massa

Nesse capítulo o professor poderá realizar sua aula interdisciplinar, mostrando de forma experimental como lançar um foguete. Dividindo a sala em cinco grupos que lançaram o foguete a base de água e outros cinco grupos usando como combustível as reações químicas. Poderá utilizar os vídeos número (14 e 16) da série ABC da Astronomia indicaram posteriormente como seria um lançamento tecnológico de foguetes. Neste Capítulo 3 os temas estudados estão listados abaixo:

Quantidade de Movimento.

Impulso.

Série Matemática, Exponencial e Logaritmo.

Velocidade Relativa.

Força de Resistência do Ar.

#### **CARACTERÍSTICAS DE CADA VÍDEO QUE PODE SER UTILIZADO NESTE CAPÍTULO**

##### ***Vídeo 14 (3:45) ABC da Astronomia | Meteoro***

Admirados por uns e muito temidos por outros, eles são meteoroides antes de chegar à Terra e passam a ser chamados de meteoros quando riscam nossa atmosfera. Depois disso, quando são grandes e chegam até o chão, são meteoritos. Neste ABC da Astronomia você vai descobrir que o Meteoro é um acontecimento, e não um objeto. Entenda também a diferença entre eles e as estrelas cadentes. Ah! Também falamos das chuvas de meteoros nesse episódio.

##### ***Vídeo 16 (4:00) ABC da Astronomia | Observatório***

Há lugares na Ásia, África e América que têm estruturas construídas há séculos para acompanhar os solstícios e equinócios, momentos usados para a agricultura e muitas vezes ligados a atividades culturais. Com o passar do tempo, os observatórios se modernizaram: os principais elementos ópticos dos telescópios atuais continuam crescendo em tamanho e complexidade. E quando fomos para fora da Terra, enxergamos coisas cada vez mais surpreendentes. Neste programa, você viaja pela evolução da arte de admirar - e estudar - o universo.

## Capítulo 4

### O Movimento Vertical e a Força Gravitacional

Nesse capítulo o professor poderá realizar sua aula interdisciplinar onde, motivados previamente pelos lançamentos de foguetes e percebendo a necessidade da matemática, poderá construir os respectivos gráficos dos movimentos observados. Os temas estudados estão listados abaixo:

Movimento Vertical

Movimento Uniformemente Variado.

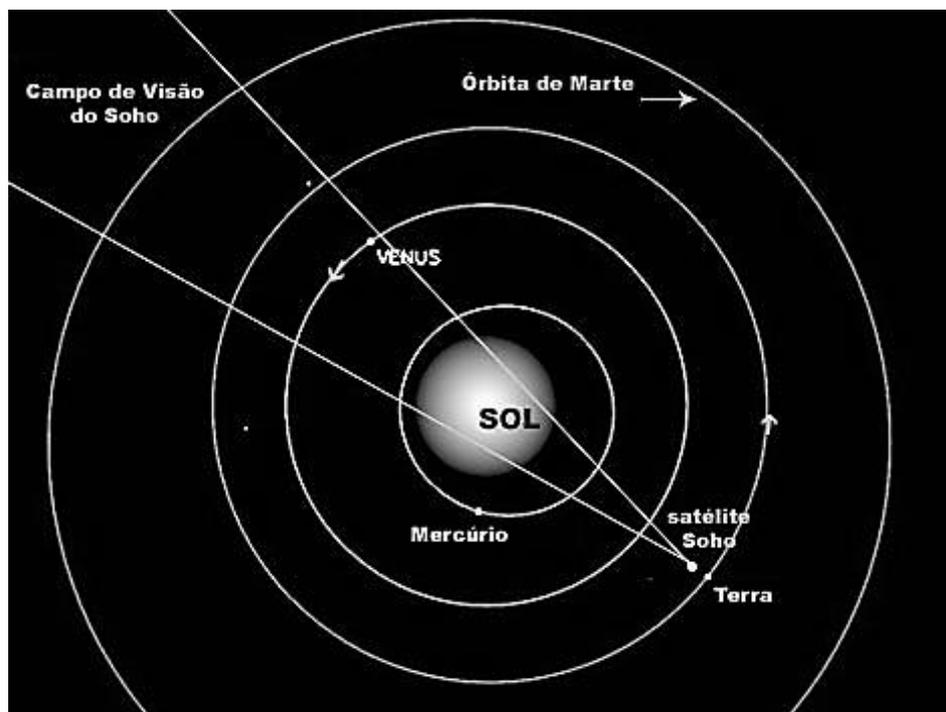
Força Gravitacional.

Proporção Matemática.

Gráficos de Funções.

Deixamos como sugestão para o professor, assistir com os estudantes o vídeo (O Mensageiro das Estrelas), relatando fatos marcantes sobre os estudos de Galileu Galilei.

A utilização deste Produto tem o objetivo de ensinar a Física Mecânica usando astronomia como campo conceitual afim de gerar significado aos conteúdos estudados.



# OS TRÂNSITOS DE MERCÚRIO E VÊNUS

O ESTUDO DOS MOVIMENTOS

Neste capítulo trataremos dos movimentos dos corpos e suas medidas sem se preocupar com a ordem cronológica dos fenômenos relatados. A astronomia trabalhada tem o objetivo de estimular o leitor na investigação dos temas abordados.

Ricardo Farias

# 1 O Trânsito de Mercúrio e o de Vênus

## ➤ O que podemos dizer a respeito dos trânsitos de Mercúrio e de Vênus?

Quando o planeta Mercúrio ou o planeta Vênus passa entre a Terra e o Sol, ocultando uma pequena parte do disco solar (visto a partir da Terra), configuração semelhante a de um eclipse solar, então estamos diante de um “trânsito”, como vemos na **figura 1.a** e na **figura 1.b**.



**Figura 1.a** ◀ (Foto NASA) Trânsito de Mercúrio, 2016.

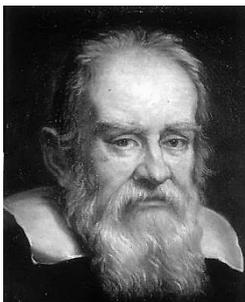


**Figura 1.b** ◀ (Foto apolo11) Trânsito de Vênus, 2012.

Nas observações feitas em Trânsitos sempre usamos projeções em planos (Discos Solares), assim coletamos os dados importantes ao estudo.

## 1.1 O DISCO SOLAR

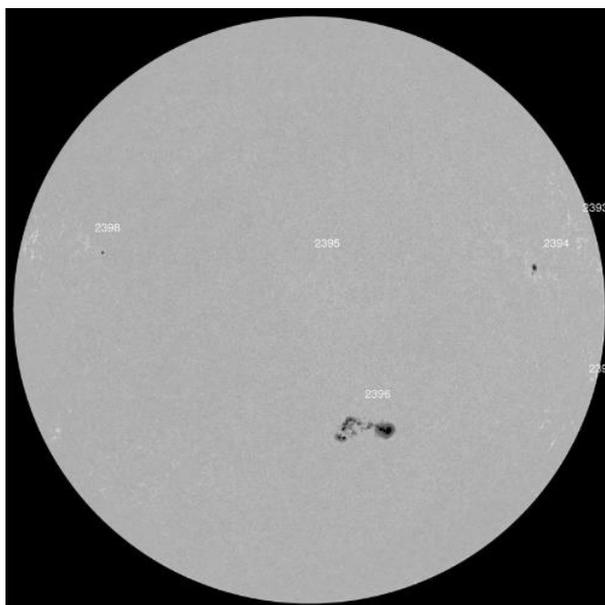
Sabemos que o Sol é uma esfera, mas o que podemos observar da Terra é o hemisfério visível do Sol, a este hemisfério chamamos Disco Solar. Ao contrário do que imaginamos, o Sol não é um disco “liso e homogêneo”, fotos tiradas mostram que existem manchas vistas na **figura 1.c**.



Galileu, em 1609, foi o primeiro a observar estas manchas. Nesta oportunidade ele pode mostrar um comportamento periódico de aproximadamente 11 anos de manchas solares.

*Galileu Galilei (1564 – 1642)*

► Hemisfério é a metade da superfície da esfera, limitada por um círculo máximo, um meridiano ou a linha do Equador.



**Figura 1.c** ◀ Imagem do disco solar feita em 2015 pelo HMI do SDO/NASA.

A área total da superfície do Sol é de  $6,0877 \times 10^{12}$  km<sup>2</sup> que também equivale a 12 mil vezes a área da superfície terrestre. Dados baseados na Fonte: Tolentino, R.J.V. Sobre manchas solares. *Astronomia no Zênite*, maio 2016.



### PARA VER MAIS DISTANTE

A medida referente a superfície solar é bastante grande e aproximadamente igual a 6 087 700 000 000 km<sup>2</sup>. Esta forma não é fisicamente a mais adequada, por isso vamos aprender um pouco sobre a forma “compacta” indicada para a escrita de números e medidas muito grandes ou muito pequenas, denominada notação padrão ou científica.

## 1.2 NOTAÇÃO PADRÃO OU CIENTÍFICA

Representar um número em notação científica é escrevê-lo sob a forma de produto de um número  $n \neq 0$  com um só algarismo antes da vírgula por uma potência de base dez, isto é:

$$N = n \cdot 10^x \quad \text{quando } 1 \leq n < 10 \quad \text{Equação 1.a} \blacktriangleleft$$

**Exemplo:** Sabe-se que um ano-luz equivale a distância percorrida por um pulso de luz durante um intervalo de tempo de um ano é, aproximadamente, 9 460 800 000 000 000 metros. Usando a **equação 1.a**, a notação científica fica  $9,46 \cdot 10^{15} m$ .



## Você lembra?

### ► LEITURA E ESCRITA DE NÚMEROS DECIMAIS

Para fazer a leitura de um número decimal, devemos ler:

- A parte inteira do número, seguida da palavra inteiro (s);
- A parte decimal do número, seguida das palavras:
  - ✓ Décimos, se a parte decimal tem apenas um algarismo;
  - ✓ Centésimos, se a parte decimal tem apenas dois algarismos;
  - ✓ Milésimos, se a parte decimal tem apenas três algarismos;
  - ✓ Décimos de milésimos, se a parte decimal tem apenas quatro algarismos.
  - ✓ E assim por diante.

Quando a parte inteira for zero, lemos apenas a parte decimal.

**Exemplo:** 63,80

Pode ser lido de três maneiras diferentes:

"seis dezenas, três unidades e oito décimos"

"sessenta e três inteiros e oitenta centésimos"

"sessenta e três inteiros e oito décimos"

## ► ORDEM DE GRANDEZA

Um estudo integrado ao de notação científica é o da **Ordem de Grandeza** dos números e medidas que é a potência de dez, de expoente inteiro, mais próxima do módulo da medida da grandeza analisada.

**Exemplo:** A ordem de grandeza do número 89 é  $10^2$ , porque 89 está mais próximo de  $10^2 = 100$  do que  $10^1 = 10$ . A ordem de grandeza do número 2 é  $10^0 = 1$ , porque 2 está mais próximo de  $10^0 = 1$  do que  $10^1 = 10$ .

Calculando a Ordem de Grandeza de um ano-luz do exemplo anterior encontra-se  $10^{16}$  m. Percebe-se que  $9,46 \cdot 10^{15}$  m está mais próximo de  $10^{16}$  m do que de  $10^{15}$  m.



PARA VER MAIS DISTANTE

Se  $1 \leq n < \sqrt{10}$ , então a ordem de grandeza é  $10^x$ .

Se  $\sqrt{10} \leq n < 10$ , então a ordem de grandeza é  $10^{x+1}$ .

Lembre-se que a  $\sqrt{10} \cong 3,16$ .

## ■ ATIVIDADES

[Atividade 1.1] Represente os números a seguir em notação científica e ordem de grandeza:

- O volume da Terra ( $1\ 070\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ \text{m}^3$ )
- O volume do Sol ( $1\ 400\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ \text{m}^3$ )
- O volume da Lua ( $22\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ \text{m}^3$ )
- Idade do universo ( $500\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ \text{s}$ )

- e) Massa de uma partícula de poeira (0,0000000007 kg)
- f) Distância do Sol até Plutão (6 000 000 000 000 m)
- g) Velocidade da Luz no vácuo (299 792 458 m/s)

[Atividade 1.2] A medida da área de uma mancha solar é expressa em milionésimos do hemisfério visível do Sol (MH). O valor 1 000 MH corresponde a 3 043,7 milhões de km<sup>2</sup>. Então:

- a) Qual o valor, em m<sup>2</sup>, de 1 MH ?
- b) Escreva, em notação científica, a resposta do item anterior.

[Atividade 1.3] A superfície do planeta Terra que corresponde a 510 072 000 m<sup>2</sup>, tem, aproximadamente, 169 milionésimos do disco solar visível ou 169 MH.

Então:

- a) uma mancha solar com cerca de 500 MH de área, contém, aproximadamente, quantas Terras?
- b) Escreva a Ordem de Grandeza, em km<sup>2</sup>, da área da superfície da Terra.

[Atividade 1.4] Baseando-se na [atividade 1.3], calcular o raio da Terra.



#### PARA VER MAIS DISTANTE

A área de uma mancha solar geralmente é calculada de forma rápida e precisa com softwares específicos que processam e analisam as imagens do Sol e suas manchas. Porém, de maneira analógica ou tradicional, e de acordo com o Journal of the British Astronomical Association (vol.112, n°6, p.353-356), a área de uma mancha capturada através de uma foto ou imagem do Sol também pode ser calculada de forma manual através de:

$$A_M = \left[ \frac{A_S \cdot 10^6}{2\pi R^2 \cdot \cos \varphi} \right]$$

**Equação 1.b ◀**

- $A_M$  (área da mancha solar)
- $A_S$  (medida do tamanho da mancha solar na imagem)
- $R$  (raio do Sol na imagem)
- $\varphi$  (distância angular medida na foto, entre o centro do Sol e a mancha)

$[A_S]$  pode ser calculada na foto do Sol usando uma régua de escala quadriculada, posicionando o quadriculado por sobre a mancha e contando o número de quadriculos que cobrem a mancha, tanto na umbra (parte mais escura), quanto na penumbra em volta.

Fonte: Tolentino, R.J.V. Sobre manchas solares. *Astronomia no Zênite*, maio 2016.

## 1.3 MEDIDAS DE TEMPO

Um Trânsito é um fenômeno astronômico cuja duração, intervalo de tempo, não é sempre igual, ocorrendo de alguns minutos à poucas horas. Quando ocorre um desses Trânsitos, é possível observar da Terra, nosso referencial, um pequeno ponto escuro atravessando o Sol. Este fenômeno astronômico é entendido e esperado, porque Mercúrio e Vênus têm suas órbitas mais próximas do Sol do que a da Terra. Para que um Trânsito ocorra tem que haver um alinhamento entre o Sol, os planetas Mercúrio, Vênus e Terra.

### 1.3.1 PERÍODO E FREQUÊNCIA

Os trânsitos de Mercúrio ocorrem com mais frequência que os de Vênus, devido às distâncias destes astros em relação ao Sol serem diferentes. Estes intervalos de tempo em que se completa um ciclo, são chamados de **período de revolução**.

- Mercúrio completa uma volta ao redor do Sol em aproximadamente 88 dias terrestres e Vênus em aproximadamente 225.

### DATAS DOS TRÂNSITOS DE MERCÚRIO ENTRE OS ANOS 1900 E 2100 BASEADO NO PERÍODO DE ALINHAMENTO

Passamos a observar Trânsitos planetários (Mercúrio e Vênus) a partir do século XVII. Os Trânsitos tornaram-se previsíveis, após Johannes Kepler equacionar as leis que regem os movimentos dos planetas.

14 de novembro de 1907	7 de maio de 2003
7 de novembro de 1914	8 de novembro de 2006

8/9 de maio de 1924	9 de maio de 2016
10 de novembro de 1927	11 de novembro de 2019
11 de maio de 1937	13 de novembro de 2032
11/12 de novembro de 1940	7 de novembro de 2039
14 de novembro de 1953	7 de maio de 2049
6/7 de Maio de 1957	9/10 de novembro de 2052
7 de novembro de 1960	10/11 de maio de 2062
9 de maio de 1970	11 de novembro de 2065
10 de novembro de 1973	14 de novembro de 2078
13 de novembro de 1986	7 de novembro de 2085
6 de novembro de 1993	8/9 de maio de 2095
15 de novembro de 1999	10 de novembro de 2098

**Tabela 1.1** (Trânsito de Mercúrio)

#### DATAS DOS TRÂNSITOS DE VÊNUS ENTRE OS ANOS 1800 E 2200 BASEADO NO PERÍODO DE ALINHAMENTO

O Trânsito de Vênus é um evento raro, até 2017 observado apenas cinco vezes pela humanidade.

9 de dezembro de 1874	5/6 de junho de 2012
6 de dezembro de 1882	10/11 de novembro de 2117
8 de junho de 2004	8 de dezembro de 2125

**Tabela 1.2** (Trânsito de Vênus)

► Observando a **tabela 1.1** encontra-se 28 Trânsitos de Mercúrio compreendido no período entre os anos de 1900 e 2100. Na **tabela 1.2** encontra-se 6 Trânsitos de Vênus observados entre 1800 e 2200. Percebe-se, então, o Trânsito de Mercúrio com uma frequência maior que o de Vênus.

$$f = \frac{n}{\Delta t}$$

**Equação 1.c** ◀

- $n$  (número de ocorrências)
- $\Delta t$  (intervalo de tempo medido em qualquer unidade de tempo)

No Sistema Internacional a frequência é dada em ciclos/segundos, ou seja, em hertz (Hz). Uma unidade bastante usada para frequência é a rotação por minuto (rpm), onde:

$$1 \text{ rpm} = \frac{1}{60} \text{ Hz} .$$

O número de ocorrências que acontece em um Trânsito é o número de ciclos completados numa unidade de tempo. Para os Trânsitos usaremos o número de ocorrências por ano ou de alinhamentos por ano.

## 1.4 UM POUCO DE HISTÓRIA – Século XVII

- Em 1627 Kepler previu um Trânsito: Mercúrio (07 de novembro de 1631) e Vênus (07 de dezembro de 1631). A observação desses fenômenos serviria para "provar" as suas teorias, mas infelizmente não viveu para visualizar o fenômeno. Ele faleceu em 1630.
- Segundo Kepler os Trânsitos de Vênus ocorreriam em intervalos de aproximadamente 121,5 anos.
- Em outubro de 1631, menos de sessenta dias antes do fenômeno, Jeremiah Horrocks, astrônomo e matemático inglês, descobriu que Vênus passaria de fato na frente do Sol, e não atrás, como previu Kepler. Deveria haver um Trânsito de Vênus no dia 04 de dezembro daquele mesmo ano. Horrocks e William Cabtree foram os primeiros a observar um Trânsito de Vênus, ambos na Inglaterra.



**Figura 1.d** ◀ Jeremiah Horrocks observando o trânsito de Vênus de 1631. Pintura feita por Eyre Crowe, cerca

de 250 anos após a morte de Horrocks.

- Cabtree apenas observou o fenômeno não fazendo qualquer anotação.



**Figura 1.e** ◀ William Crabtree observando o mesmo trânsito, por Ford Maddox Brown (permissão de Manchester Town Hall)

- Horrocks projetou a imagem do Sol em uma folha de papel quadriculado, o que lhe ajudou em suas anotações.



**Figura 1.f** ◀ O amanhecer da astronomia britânico: Jeremiah Horrocks observando o trânsito de Vênus de 1639 por WR Lavender, 1903 (com a permissão do Museu Municipal de Astley, Chorley)

- Horrocks morreu subitamente em 1641. O seu trabalho só foi publicado em 1662, juntamente às observações do trânsito de Mercúrio de 1661 feitas pelo astrônomo Johannes Hevelius.

## ATIVIDADES

[Atividade 1.5] Usando a tabela, calcular o intervalo de tempo total de cada trânsito, expressando seu resultado, em dias, horas e minutos.

Trânsitos de Vênus no passado				
Data(s) do trânsito	Hora (Tempo Universal Coordenado)			Observações
	Início	Meio	Fim	
23 de novembro de 1396	15:45	19:27	23:09	Último trânsito a não ser parte de um par.
25-26 de maio de 1518	22:46 25 de maio	01:56 26 de maio	05:07 26 de maio	
23 de maio de 1526	16:12	19:35	21:48	Último trânsito antes da invenção do telescópio
7 de dezembro de 1631	03:51	05:19	06:47	Previsto por Kepler
4 de dezembro de 1639	14:57	18:25	21:54	Primeiro trânsito observado por Horrocks e Crabtree
6 de junho de 1761	02:02	05:19	08:37	Mikhail Lomonossov, Chappe d'Aueroche e outros observam da Rússia; Mason e Dixon observam no Cabo da Boa Esperança.
3-4 de junho de 1769	19:15 3 de junho	22:25 3 de junho	01:35 4 de junho	Viagem do Capitão Cook ao Taiti
9 de dezembro de 1874	01:49	04:07	06:26	Pietro Tacchini lidera expedição a Muddapur, Índia. Uma expedição francesa vai à Ilha Campbell, na Nova Zelândia, e uma expedição britânica viaja ao Havaí.
6 de dezembro de 1882	13:57	17:06	20:15	John Phillip Sousa compõe uma marcha, "O Trânsito de Vênus", em homenagem ao trânsito. <sup>[31]</sup>
8 de junho de 2004	05:13	08:20	11:26	Várias redes de telecomunicação transmitem globalmente vídeos ao vivo da passagem de Vênus
5-6 de junho de 2012	22:09 5 de junho	01:29 6 de junho	04:49 6 de junho	Totalmente visível no Havaí, Alasca, Austrália, Nova Zelândia, no Pacífico e Ásia oriental, com o início do trânsito visível na América do Norte e o final na Europa.

[Atividade 1.6] Transforme os resultados obtidos na primeira atividade para o Sistema Internacional de Unidades.

[Atividade 1.7] É hora de ser um Cientista!!!! Usando lógica, dedicação e criatividade é que se obtém previsões na Física e Astronomia. Procure escrever alguma espécie de previsão para Trânsitos futuros e encontre uma relação matemática para prevê-los.



PARA VER MAIS DISTANTE

Ao longo da história as observações e teorias compiladas sofreram modificações, ajustes, ou até mesmo, foram substituídas por novas teorias mais amplas e corretas. Essas teorias foram e continuam sendo desenvolvidas por vários cientistas.

## 1.5 VELOCIDADE

Vênus é mais rápido que a Terra em seu movimento orbital. Ele gasta apenas 243 dias para dar uma volta completa em torno do Sol, (ver **tabela 1.3**). Rapidez é o quociente entre a distância percorrida e o intervalo de tempo. Muito semelhante ao conceito de Velocidade. Velocidade é uma grandeza física que mede a variação de posição com o tempo e a velocidade escalar média será definida pela equação  $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s - s_0}{t - t_0}$ . Sua unidade no S.I. é, m/s e no C.G.S. é cm/s.

Planeta	Duração do "dia"
Mercúrio	58,7 dias terrestres
Vênus	243 dias da Terra
Terra	23h56m4s
Marte	24h34m
Júpiter	9h54m
Saturno	10h39m
Urano	17h14m
Netuno	16h03m
Plutão	9h18m

**Tabela 1.3** (duração da rotação de alguns planetas)



### PARA VER MAIS DISTANTE

Se os planos das órbitas de Vênus e da Terra coincidissem, teríamos um alinhamento Sol-Vênus-Terra a cada 19 meses. Sabe-se que Vênus é inclinado de  $3,4^\circ$  (suficiente para não termos um Trânsito de Vênus) em relação ao plano da órbita da Terra, isto faz com que não exista uma frequência alta de alinhamentos.

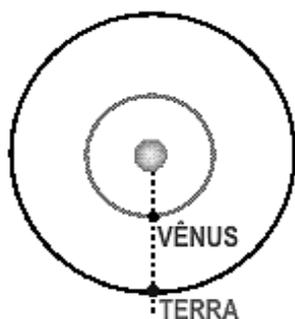


Figura 1.g ◀ Alinhamento Sol – Terra – Vênus

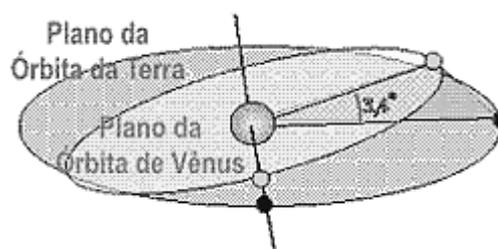


Figura 1.h ◀ Ângulo entre os planos das órbitas

Analisando os dados percebemos que a previsão de Kepler (Trânsito de Vênus a cada 121,5 anos) não considerava as dimensões do Sol. Devido à grande extensão angular do Sol, temos outro Trânsito de Vênus oito anos antes.

Ao verificar com mais cautela a **tabela 1.2**, veremos o Trânsito acontecer no mês de dezembro e oito anos depois, aproximadamente em junho.

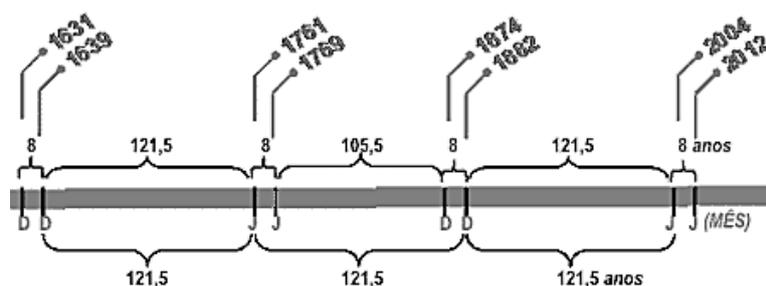


Figura 1.i ◀ Escala, em anos, representando os Trânsitos de Vênus

### | 1.5.1 DISTANCIA TERRA – SOL (149 600 000 km)

Um dos principais problemas da ciência na época era obter a distância Terra - Sol. Usando a relação de Kepler conhecida como Lei dos Períodos e conhecendo a medida da distância Terra – Sol, seria possível calcular as medidas das distâncias de todos os planetas ao Sol.



$$\frac{R^3}{T^2} = cte$$

Equação 1.d ◀

- $R$  (raios médios das órbitas dos planetas do sistema solar)
- $T$  (períodos de revolução dos planetas)

Johannes Kepler (1571 – 1630)

## | 1.5.2 ESCALA DE DISTÂNCIAS PARA O SISTEMA SOLAR



Halley (em 1716, após quase quarenta anos de estudos) publicou os detalhes finais para a obtenção da distância Terra – Sol. Halley obteve um meio de determinar a "paralaxe solar" a partir da diferença nos tempos de um mesmo trânsito de Vênus medidos por observadores situados em latitudes diferentes.

*Edmond Halley (1656 – 1742)*

### | 1.5.2.1 O MÉTODO DE DELISLE



Em 1725 o astrônomo francês Joseph-Nicolas Delisle apresentou um novo método para a determinação da distância Terra – Sol, também a partir de observações do Trânsito de Vênus. Pelo método de Delisle a paralaxe solar poderia ser obtida a partir de dados da entrada e/ou saída de Vênus sobre o disco solar. Este método apresentava vantagens sobre o método de Halley, não seria preciso

observar todo o trânsito para se calcular tal distância. Bastava observar o início ou o fim do Trânsito. A grande desvantagem desse método, entretanto, era o fato de necessitar de um conhecimento preciso da longitude do local da observação, o que era muito difícil no século XVIII.

O desenvolvimento de equipamentos e sistemas para medição do tempo (relógios) era um outro grande problema nesse século. Esse problema trazia limitações ao método de Delisle diretamente nas medições (precisava-se de relógios precisos para determinar o momento da entrada e/ou da saída de Vênus sobre o disco solar) assim como no estabelecimento das longitudes dos sítios de observação.

## ► LATITUDE

A latitude de um ponto qualquer sobre a superfície da Terra (coordenada geográfica definida sobre uma esfera ou superfície terrestre) é o ângulo contado a partir do equador até esse ponto, ao longo do meridiano do lugar. Sendo medida, por convenção, de  $-90^\circ$  (no polo sul),  $0^\circ$  (no equador) até  $+90^\circ$  (no polo norte), ou seja, é o ângulo medido sobre o equador a partir de um meridiano de referência até o meridiano do lugar.

► O meridiano de referência do Sistema de Coordenadas Geográficas é aquele que passa pelo Observatório de Greenwich (Inglaterra).

## ► LONGITUDE

É a coordenada geográfica definida sobre uma esfera ou superfície terrestre, que especifica a posição Leste-Oeste de um ponto. Sua medida é dada em graus ( $^{\circ}$ ) ou em horas (h), indo de  $0^{\circ}$  no meridiano de Greenwich até  $+180^{\circ}$  (ou +12 h), quando contamos no sentido oeste de Greenwich, e até  $-180^{\circ}$  (ou -12 h), quando contamos para leste (é comum nomear como longitude leste ou oeste).

## ► SÍTIOS DE OBSERVAÇÃO

O brilho das estrelas ainda pode ser contemplado em alguns lugares da Terra, distantes das capitais e da poluição das grandes cidades, com menos presença de luz e com o céu bem mais limpo.

## ► PARALAXE

Representa um ângulo entre dois segmentos de reta que partem de um determinado astro e se dirigem um para o centro da Terra e o outro para o observador.

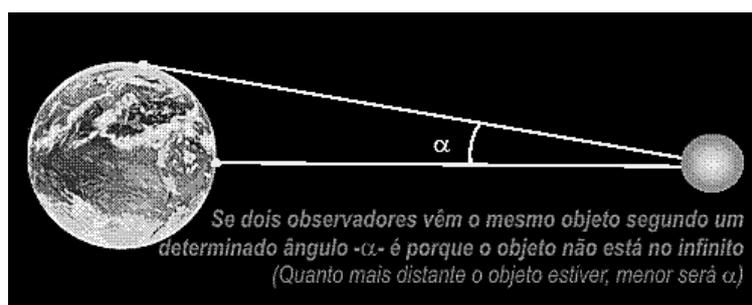


Figura 1.j ◀ Paralaxe Terra – Lua

### ➤ Como medir a Paralaxe?

Dentre os antigos instrumentos de astronomia, podemos citar o gnômon, o astrolábio, o sextante, o quadrante mural, dentre outros.

## ► GNÔMON

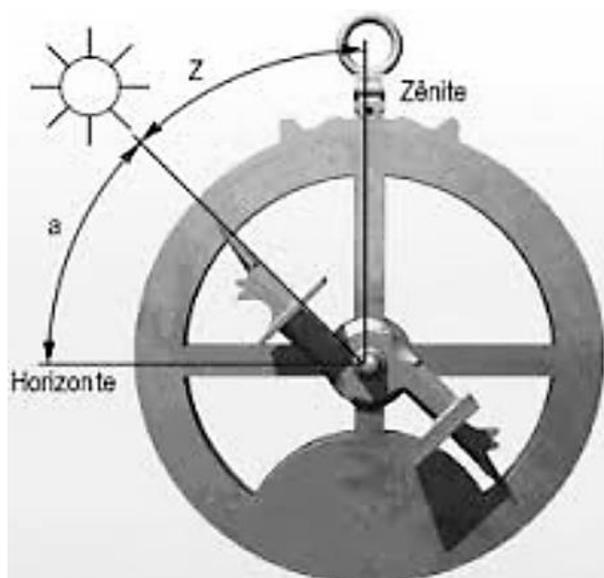
Provavelmente o mais antigo instrumento astronômico construído pelo homem. Seria uma vara, geralmente na vertical e no chão. Observava-se a sombra dessa vara, provocada pelos raios solares ao longo do tempo.



**Figura 1.k** ◀ Gnômon Solar

### ► ASTROLÁBIO

Um disco circular, graduado em sua borda em unidades angulares, e uma régua linear (mediclina). Era usado para medir a altura dos astros acima do horizonte, utilizado na Idade Média para fins astrológicos e astronômicos. Também era utilizado para resolver problemas geométricos, como calcular a altura de um edifício ou a profundidade de um poço.



**Figura 1.l** ◀ Astrolábio náutico de 1555

## ► SEXTANTE

Consta de um setor circular de  $60^\circ$ , graduado na borda, e com uma régua linear passando pelo vértice central do setor circular. Direccionava-se a régua em direção ao astro e fazia-se a leitura da graduação do setor, obtendo-se a altura ou a distância zenital do astro. O sextante pode ser considerado um sucessor do astrolábio.

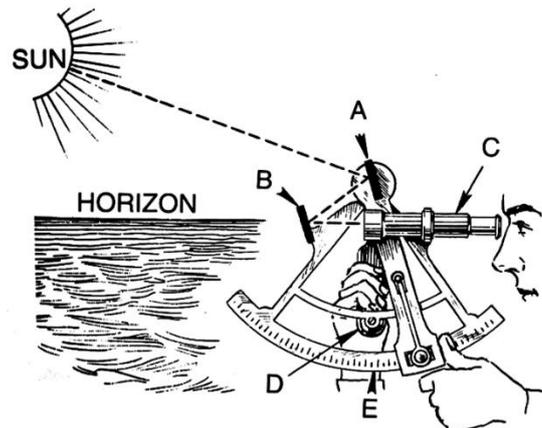


Figura 1.m ◀ Sextante náutico inventado no século XVII

## ► QUADRANTE MURAL

É um sextante com um setor circular de  $90^\circ$  em vez dos  $60^\circ$ .

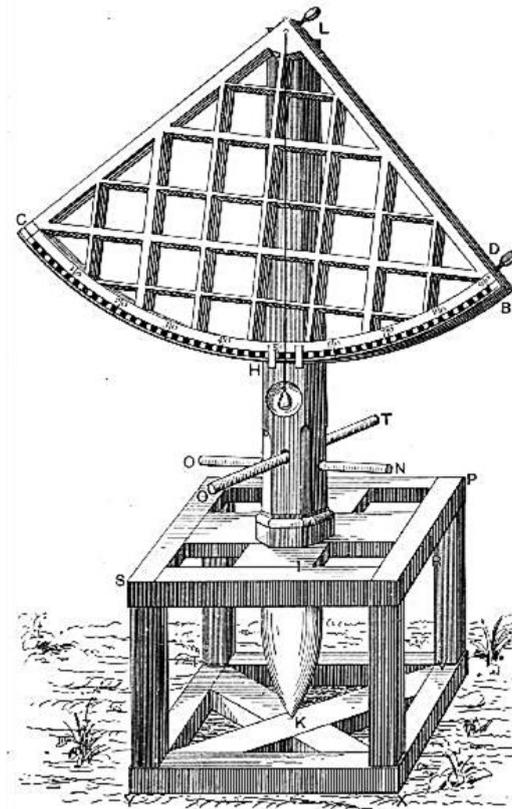
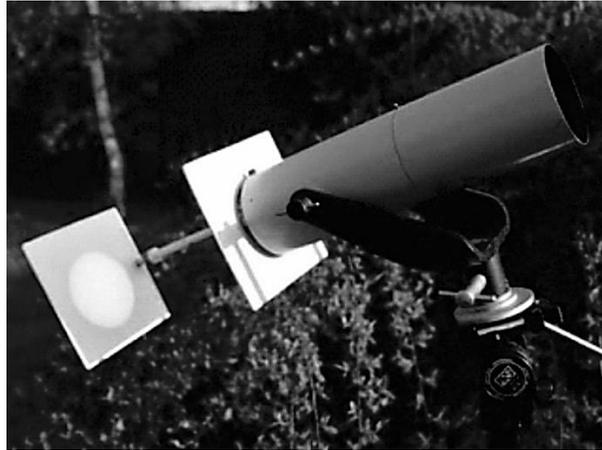


Figura 1.n ◀ Quadrante Mural

## 1.6 COMO ACOMPANHAR UM TRÂNSITO EXPERIMENTALMENTE?

Para observação do fenômeno, em particular, por várias pessoas simultaneamente, o método de projeção usando um telescópio é recomendado. Porém, o uso de filtro solar em telescópio pode ser mais prazeroso pela impressão causada pelo disco de Mercúrio contra a fotosfera solar. O observador deverá se certificar, entretanto, que possui o filtro correto para observação e jamais deverá improvisar qualquer tipo de filtro.



**Figura 1.0** ◀ Projeção do Trânsito de Mercúrio de 2016  
UFRPE

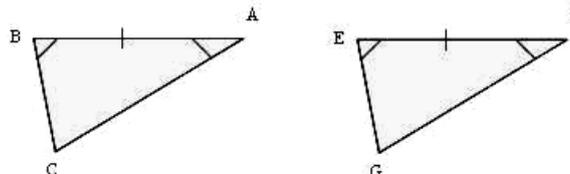


## Você lembra?

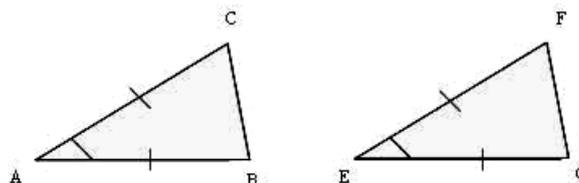
### ► RESUMO DE GEOMETRIA PLANA E TRIGONOMETRIA BÁSICA

#### ► SEMELHANÇA DE TRIÂNGULOS

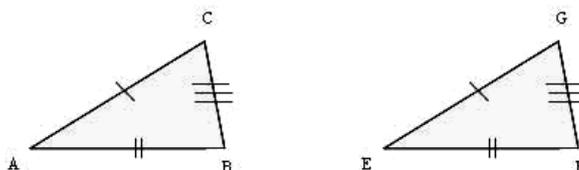
1º CASO (ALA) Dois triângulos são congruentes quando possuem dois ÂNGULOS e um LADO respectivamente congruentes.



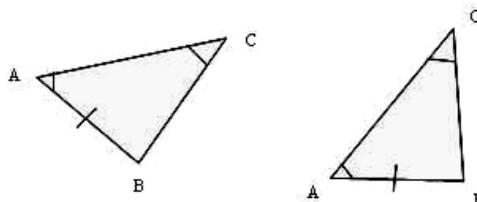
2º CASO (LAL) Dois triângulos são congruentes quando possuem dois LADOS e um ÂNGULO respectivamente congruentes.



3º CASO (LLL) Dois triângulos são congruentes quando possuem os três LADOS respectivamente congruentes.



4º CASO (LAAo) Dois triângulos são congruentes quando possuem um LADO, um ÂNGULO ADJACENTE ao lado considerado e o ÂNGULO OPOSTO a tal lado respectivamente congruentes.



5º CASOS ESPECIAIS (Apenas em triângulos retângulos)

5.1º CASO Se dois triângulos retângulos têm hipotenusas congruentes e um par de catetos de mesma medida (um em cada), então os triângulos são congruentes.

5.2º CASO Dois triângulos retângulos que têm respectivamente congruentes um cateto e um ângulo adjacente são congruentes.

5.3º CASO Dois triângulos retângulos que têm respectivamente congruentes um cateto e o ângulo agudo oposto a esse cateto, são congruentes.

## ► MEDIDA DE ÂNGULOS E ARCOS

Sistema graus (sistema sexagesimal)

Grau (medida de um ângulo equivalente a  $1/90$  do ângulo reto)

$1^\circ = 1/90$  do ângulo reto =  $60'$  = um grau

$1' = 1/60$  do grau =  $60''$  = um minuto

$1'' = 1/60$  do minuto =  $3.600''$  = um segundo

Sistema grados (sistema centesimal)

Grado (medida de um ângulo equivalente a  $1/100$  do ângulo)

$1 \text{ dgr} = 0,1 \text{ gr}$

$1 \text{ cgr} = 0,01 \text{ gr}$

$1 \text{ mgr} = 0,001 \text{ gr}$

Sistema Radianos (sistema circular)

A medida de um ângulo, no sistema radianos, é a razão entre o arco que este ângulo determina sobre qualquer circunferência de centro no vértice do ângulo, é o raio da referida circunferência.

Radiano (medida de um ângulo equivalente a  $1/(\pi/2)$  do ângulo reto)

$$\frac{x}{90^\circ} = \frac{y}{100gr} = \frac{z}{(\pi/2)rd}$$

► CONVERSÕES

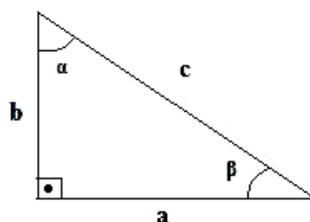
$$180^\circ \leftrightarrow \pi$$

$$\pi \leftrightarrow 200gr$$

$$180^\circ \leftrightarrow 200gr$$

A medida de um arco é a medida do ângulo central, correspondentes ao arco.

► RAZÕES TRIGONOMÉTRICAS DE UM ÂNGULO AGUDO



$$\operatorname{sen} \beta = \frac{b}{c} \quad \operatorname{cos} \beta = \frac{a}{c} \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{b}{a}$$

$$\operatorname{cosec} \beta = \frac{c}{b} \quad \operatorname{sec} \beta = \frac{c}{a} \quad \operatorname{cot} g \beta = \frac{a}{b}$$

► VALORES NOTÁVEIS

Tomando-se um triângulo retângulo conveniente, as definições das funções permitem obter-se o seguinte quadro de valores notáveis.

	30°	45°	60°
seno	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$
coosseno	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$
tangente	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$

## ATIVIDADES

[Atividade 1.8] A Terra dista do Sol  $1,49 \cdot 10^{11}$  m. Sabendo que a luz leva 496 s para percorrer essa distância, calcule sua velocidade utilizando a razão entre o espaço percorrido e o tempo gasto nesse percurso.

[Atividade 1.9] O método da paralaxe aplicado à medida Terra-Lua!!!! Estando cada observador sobre um mesmo meridiano da Terra, ao fotografarem a Lua, cada um deles verá o satélite contra um fundo de estrelas ligeiramente diferente. Comparando suas fotos com um bom atlas celeste eles medirão o ângulo  $p$ . Sendo assim, responda qual a distância Terra- Lua.

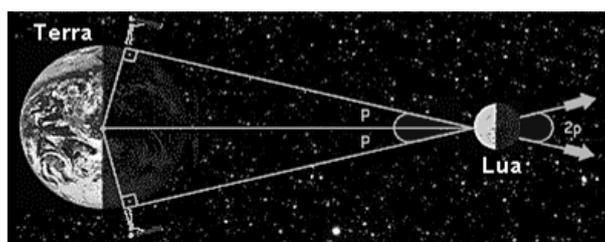


Figura P1.a ◀

[Atividade 1.10] Faça você mesmo!!!! Esse método é simples e viável, embora o resultado obtido seja sempre um valor aproximado. A seguir propomos a obtenção de um outro método, que você mesmo poderá descobrir tendo como referência o anterior. Você está no sul da África e conhece o raio da Terra,  $R$ , medindo o ângulo  $A$  que a Lua faz com a vertical do lugar. Um amigo seu faz o mesmo, medindo  $A'$  na Europa, sendo que ambos estão sobre um mesmo meridiano terrestre. Apenas com essas informações,

construa uma geometria capaz de obter a distância Terra-Lua. Este problema não é original. Ele foi solucionado no século XVIII pela dupla Lalande (em Berlim) e Lacaille (no Cabo da Boa Esperança), mas permite algumas variações bastante criativas. Pense um pouco...

[Atividade 1.11] O Trânsito ou Cazimi: como uma aula de Astronomia e Astrologia!!!! Se um telescópio não estiver disponível, há outro método? Pode-se usar a câmara escura (ou método "pin-hole"). Provavelmente catedrais (ou prédios com pés direitos altos) funcionariam como "salas escuras" ideais para observação desse evento sem instrumentos. Este método de projeção, embora não necessite de recursos ópticos mais aprimorados, pode ser de difícil implementação na ausência de um ambiente escuro dessa dimensão. Durante o evento de 2016, o disco de Mercúrio terá um ângulo corresponde a 0,0033 graus. Se um minúsculo orifício puder ser improvisado na janela de um quarto escuro, para que Mercúrio projete um disquinho de 0,5 mm de diâmetro, o orifício deverá se localizar a 5 metros de distância do anteparo de projeção, se a distância terra – sol for de 149 600 000 km, calcule o diâmetro real do disco solar.

## 1.7 UM POUCO DE HISTÓRIA – Expedições do Século XIX

- (TRÂNSITO DE 1882) No trânsito de 1882 a região de visibilidade total compreendia toda a América do Sul, toda a América Central e o leste da América do Norte. Além da França e da Inglaterra, aumentaram ainda mais as contribuições de outros países, dentre eles dos Estados Unidos, com oito missões organizadas pelo Observatório Naval de Washington. As missões norte americanas obtiveram aproximadamente 1400 fotos aproveitáveis do fenômeno.
- (BRASIL) O Brasil participou com três missões organizadas pelo Observatório Nacional. A primeira, sob a coordenação de J. d'O. Lacaille, ficou em território nacional e observou a partir de Olinda; a segunda, sob o comando do Barão de Teffé foi para a ilha de São Tomaz (Antilhas); e a terceira, tendo à frente Luis Cruis, diretor do Observatório Nacional e coordenador das missões, observou a partir de Punta Arenas (Chile).

### ► O TRÂNSITO DE VÊNUS EM MINAS GERAIS

Em Minas Gerais o Sol nascerá aproximadamente às 6h 30min, quando o trânsito já houver passado da metade. Veremos Vênus sobre o disco solar até às 8h 13min (terceiro contato). A saída terá se completado às 8h 32min (quarto contato).



**Figura 1.p** ◀ Trânsito de Vênus de 2004

Baseado nos dados do telescópio, percebemos o disco solar com diâmetro (maior corda) de aproximadamente 45 mm. Esta projeção do Trânsito em Minas Gerais nos deu um percurso total, de observação, de aproximadamente 10 mm. Mesmo sabendo que Vênus é um Planeta de dimensões 12.103,6 km de diâmetro, percebemos este como um ponto (sem dimensões) percorrendo uma parte do disco solar, nestes casos podemos classificá-lo como um ponto material.

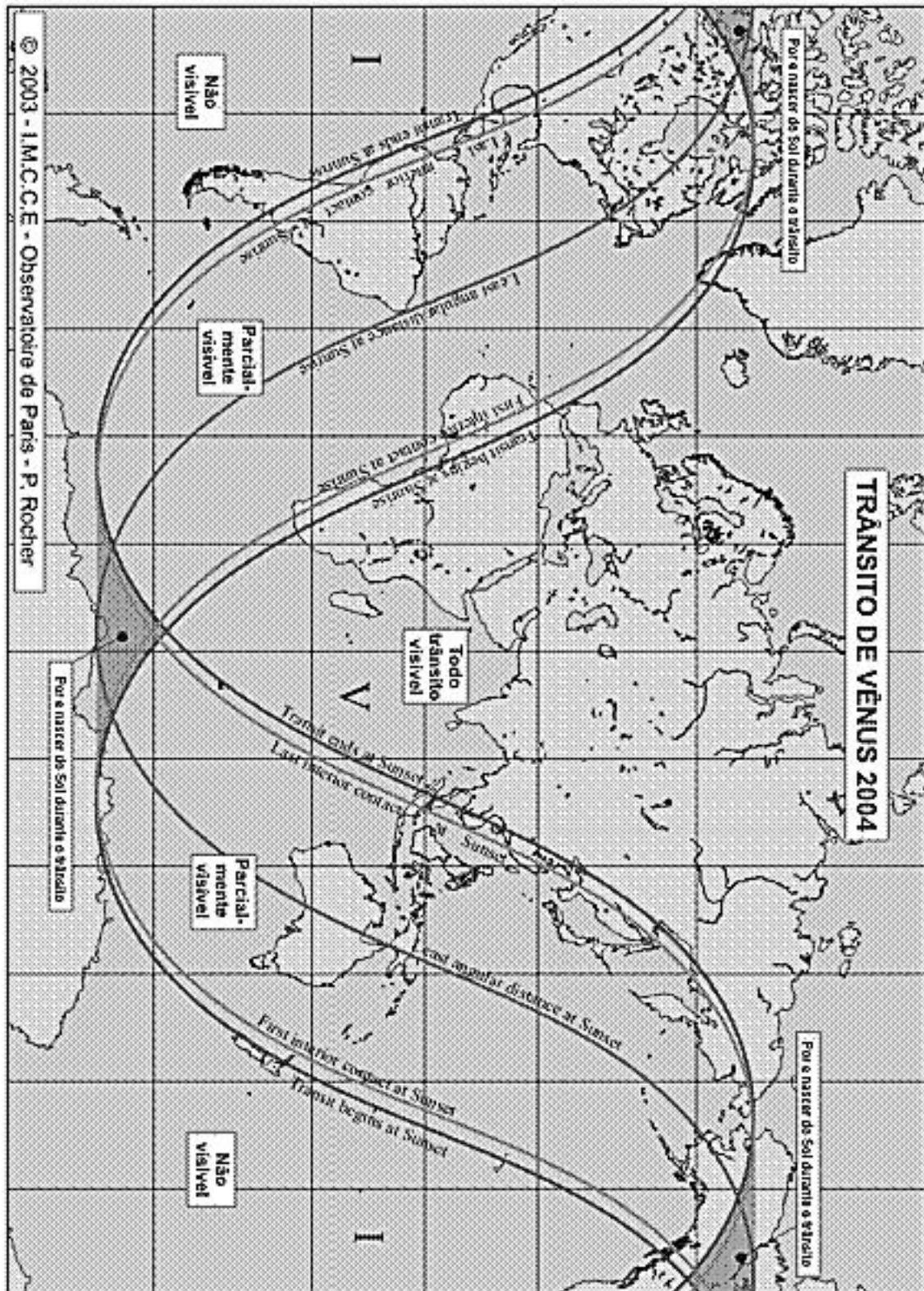


Figura 1.q ◀ Este mapa apresenta as regiões de visibilidade do trânsito de Vênus em 8 de junho de 2004.

VISUALIZAÇÃO COMPLETA DO TRÂNSITO DE VÊNUS (calota polar norte)

**Europa:** praticamente toda a Ásia e grande parte da África. O Sol vai se pôr na Oceania antes do trânsito haver acabado. **Brasil:** o Sol nascerá com o trânsito já acontecendo.

## ATIVIDADES

[Atividade 1.12] A investigação é muito relevante nas ciências. Faça uma pesquisa apontando a importância do Brasil nestas missões (TRÂNSITO DE 1882) e destaque características que levaram Olinda a ser escolhida.



### PARA VER MAIS DISTANTE

Na Física/Astronomia, de forma geral, podemos definir alguns conceitos básicos referentes a (aos): corpos, suas dimensões, seu lugar no espaço, como se move, etc. Assim podemos destacar algumas definições importantes.

## 1.8 CONCEITOS BÁSICOS – Cinemática

- (PARTÍCULA MATERIAL) é um corpo cujas dimensões são desprezíveis em relação a outras dimensões envolvidas no estudo.
- A (POSIÇÃO ESCALAR) de uma partícula, num instante, apenas localiza, sobre a trajetória, a posição da partícula naquele instante, mas nada informa nem sobre o sentido do movimento (se houver movimento), nem sobre o caminho que a partícula percorreu até aquele instante.

Posição escalar de uma partícula, num determinado instante, é a distância, medida ao longo da trajetória, da origem até a partícula.

- (PARTÍCULA EM REPOUSO) sua posição se mantém constante com o tempo, em relação a um determinado ponto.
- (PARTÍCULA EM MOVIMENTO) quando sua posição varia com o tempo, em relação a um determinado ponto.
- (REFERENCIAL OU PONTO DE REFERÊNCIA) é um ponto (ou sistema de pontos) em relação ao qual se estuda o comportamento da partícula.

Quando não houver nenhuma indicação quanto ao referencial, fica implícito que o referencial considerado foi a Terra.

- (MOVIMENTO PROGRESSIVO) aquele cujo sentido concorda com o sentido positivo da trajetória (as posições são crescentes).

- (MOVIMENTO RETRÓGRADO) aquele cujo sentido discorda do sentido positivo da trajetória (as posições são decrescentes).
- (INTERVALO DE TEMPO) é dado pela relação  $t_f - t_i$ .
- (DESLOCAMENTO ESCALAR) de uma partícula durante um certo intervalo de tempo é a variação da posição escalar da partícula do intervalo de tempo considerado.

O deslocamento escalar é dado pela relação  $s_f - s_i$ .

Quando a partícula se move sempre no mesmo sentido, o espaço percorrido é igual ao módulo do deslocamento escalar.

Se o deslocamento escalar é maior que zero o movimento é progressivo.

Se o deslocamento escalar é menor que zero o movimento é retrógrado.

## ATIVIDADES

[Atividade 1.13] Baseado nos dados do observatório de Minas Gerais, sabemos que o início da observação do Trânsito de Vênus se deu, aproximadamente às 6h 30min. Veremos Vênus sobre o disco solar até às 8h 20min (média de observação entre o terceiro e quarto contato). Se a projeção do Trânsito foi de aproximadamente 5mm, responda o que se pede:



Figura P1.b ◀

- Quanto mede, na imagem fornecida, o diâmetro visível do planeta Vênus.
- Em que condições Vênus é um ponto material, neste caso, é um ponto material? Por quê?
- A média de tempo entre 3° e 4° contato está correta?
- Monte você mesmo a trajetória orientada, desenhe destacando o máximo possível de conceitos básicos da cinemática.
- Qual a velocidade média de percurso observada, em mm/h?

- f) Esta unidade é a melhor medida para se ter um bom entendimento do fenômeno em foco? Por quê?
- g) Usando os dados da figura, sabendo que a escala é milimetrada, destaque características na observação do Trânsito respondendo se o tipo de movimento é Uniforme ou Variado.

[Atividade 1.14] A lua dista da Terra  $3,8 \cdot 10^8$  m. Sabendo que a luz viaja com a velocidade constante de 300 000 km/s. Responda:

- a) Quanto tempo ela leva para percorrer a distância Terra – Lua?
- b) Quantos segundos – luz a luz dista da Terra?

[Atividade 1.15] No ano terrestre 440 depois de Cristo (alguns anos antes da queda do Império Romano), uma astronave partiu de um planeta que gira em torno de Betelgeuse, a estrela mais luminosa da constelação de Órion. Ela rumou para a Terra com movimento uniforme e com velocidade igual a  $1/3$  da velocidade da luz. Sabendo que a distância a ser percorrida pela astronave é de 520 anos-luz, em que ano ela chega à Terra?

## REFERÊNCIAS

NASA. **Trânsito de Mercúrio**. Disponível em: <<https://www.lanasa.net/news/observacion-astronomica/transito-de-mecurio/>>. Acesso em: 15 mar 2016.

APOLO11. **Trânsito de Vênus, 2012**. Disponível em:  
<[http://www.apolo11.com/spacenews.php?posic=dat\\_20120601-063533.inc](http://www.apolo11.com/spacenews.php?posic=dat_20120601-063533.inc)>. Acesso em: 12 out 2015.

Dados baseados na Fonte: Tolentino, R.J.V. Sobre manchas solares. *Astronomia no Zênite*, maio 2016.  
Disponível em: <<http://www.zenite.nu/sobre-manchas-solares/>>

Disponível em: <http://www.zenite.nu/sobre-manchas-solares/>

CRABTREE'S VENUS-TRANSIT MEASUREMENT. *Quarterly Jnl of the Royal Astr. Soc.* 1991, 32, p.5. Disponível em: <http://doi.org/kn/venustransit.htm> 23 Jan 2017

Texto adaptado do Prof. Renato Las Casas (31/05/2004)  
<[http://comotempo1anocp2.blogspot.com.br/2016\\_04\\_01\\_archive.html](http://comotempo1anocp2.blogspot.com.br/2016_04_01_archive.html)> Disponível em:  
<http://www.observatorio.ufmg.br/pas57.htm> . Visualizado em 17 out 16.

Antônio Carlos Miranda. (UFRPE) Disponível em:  
<[http://www.ead.ufrpe.br/transito\\_mercurio\\_disco\\_solar](http://www.ead.ufrpe.br/transito_mercurio_disco_solar)>

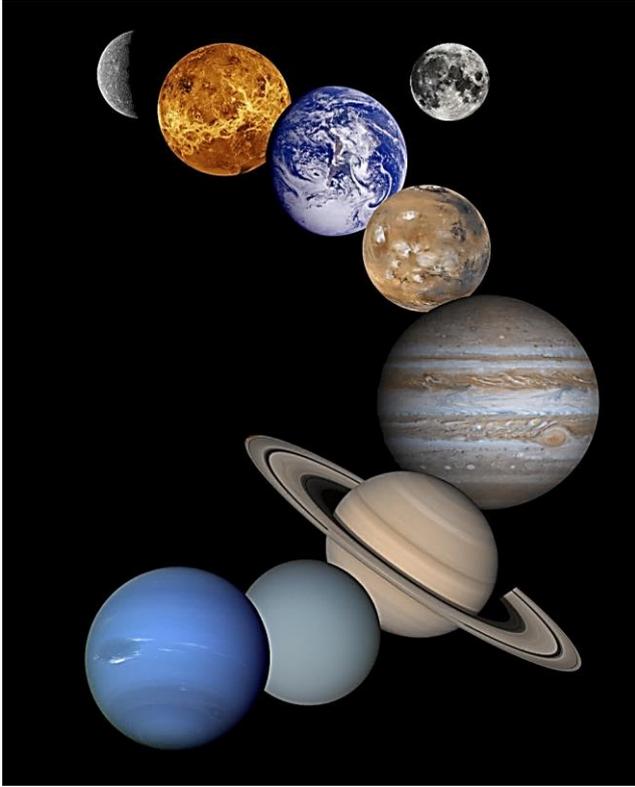
(Fonte: Costa, J. R. V. O método da paralaxe. *Astronomia no Zênite*, jul 2000. Disponível em:  
<http://www.zenite.nu/o-metodo-da-paralaxe/>)

Disponível em: <http://www.observatorio.ufmg.br/pas57.htm>. Visualizado em 17/10/16.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza e SARAIVA, maria de Fátima Oliveira. **Astronomia e Astrofísica**. São Paulo: Livraria da Física, 2013.

CANIATO, Rodolpho. **O Céu**. São Paulo: Ática, 1993.

DOCA, Ricardo Helou / Biscuola, Gualter José / Bôas, Newton Villas. **Tópicos da Física 1 – Mecânica**. São Paulo: Saraiva, 2007.



# O MOVIMENTO DOS SATÉLITES E PLANETAS

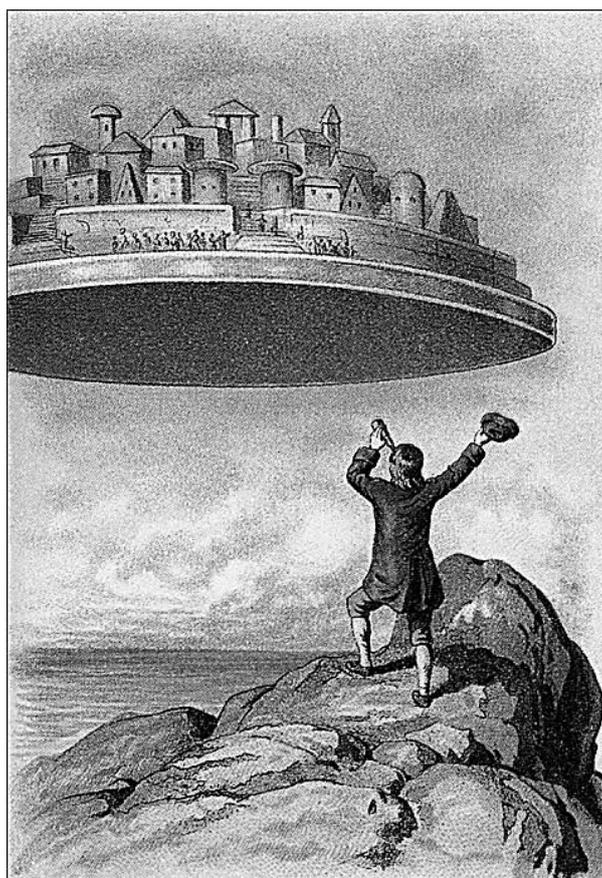
O ESTUDO DAS ENERGIAS ENVOLVIDAS NOS  
MOVIMENTOS

Neste capítulo trataremos dos movimentos dos satélites, do trabalho e energia envolvidos nos movimentos sem se preocupar com a ordem cronológica dos fenômenos relatados. A astronomia trabalhada tem o objetivo de estimular o leitor na investigação dos temas abordados.

## 2 O Movimento Circular e Elíptico dos Satélites e Planetas

### 2.1 UM POUCO DE HISTÓRIA – Os Satélites Artificiais

- O estabelecimento de um satélite artificial da Terra é um velho sonho do homem. Parece que o primeiro autor a imaginar um satélite da Terra foi Jonathan Swift (1667 - 1745), o imortal criador de “Viagens de Gulliver”. O satélite artificial que ele descreveu em um de seus livros é uma ilha voadora denominada “Ilha de Laputa”, que permanecia em equilíbrio no céu “graças a um processo de repulsão magnética”.



**Figura 2.a** ◀ Metáfora de “Laputa e Lagado”, de “As viagens de Gulliver”, para explicar as diferenças entre o gênio, o sábio e os “trivialmente” inteligentes.

- Em um reino imaginário chamado Laputa, consiste basicamente em uma cidade que fica em uma ilha voadora ou suspensa. Swift, fez basicamente uma crítica à sociedade, especialmente na parte da descrição dos moradores desta ilha. Enquanto que alguns estavam sempre com os olhos voltados para o céu, outros estavam sempre com a cabeça rigidamente virada para um dos lados.
- Mas, a ideia estabeleceu-se, definitivamente, no século XX. Em 1911, André Bing, expôs, pela primeira vez, de maneira clara a possibilidade de se enviar um satélite artificial a determinada altitude. Em 1912, quando Esnault-Pelteria se interessou pela astronáutica, voltou novamente a conceber um projeto de satélite artificial.

## 2.2 POR QUE A LUA NÃO FOGE À ATRAÇÃO DA TERRA E A TERRA DO SOL?

Contemplamos e admiramos a Lua (nosso Satélite natural) desde muito tempo. Os antigos povos observavam o comportamento destes satélites, procurando encontrar a influência destes com o ser humano. Então, uma pergunta que surge é:

### ➤ Por que a lua não foge à atração da terra?

É por causa da gravitação. Esta gravitação, pode ser entendida com certa aproximação, como sendo – atração.



PARA VER MAIS DISTANTE

Gravitação é o estudo das forças de atração entre massas (forças de campo gravitacional) e dos movimentos de corpos submetidos a essas forças.

Newton afirmou que esta força é proporcional ao produto das massas e na razão inversa do quadrado da distância. É ela que mantém a Terra e a Lua em suas respectivas órbitas. Se essa gravitação/força desaparecesse, ambos os corpos continuariam com seus movimentos para sempre em linha reta.

## 2.3 ÓRBITAS DOS PLANETAS

Kepler em sua primeira lei afirmou que em relação a um referencial no Sol, os planetas se movimentam descrevendo órbitas elípticas, ocupando o Sol um dos focos da elipse.

Nessa trajetória destacamos dois pontos:

- Periélio, o mais próximo do Sol.
- Afélio, o mais afastado do Sol.

Chamando de  $d_{\text{mín}}$  e  $d_{\text{máx}}$  as distâncias do periélio ("peri" ao redor e "helios" Sol) e do afélio (do grego "apo" distância e "helios" Sol) ao centro do Sol, respectivamente, definimos raio médio da órbita ( $R$ ) do planeta como a média aritmética simples entre  $d_{\text{mín}}$  e  $d_{\text{máx}}$ . Assim a trajetória dos planetas pode ser interpretada como uma trajetória circular.

$$R = \frac{d_{\text{mín}} + d_{\text{máx}}}{2} \quad \text{Equação 2.a} \blacktriangleleft$$

### | 2.3.1 ÓRBITAS DOS PLANETAS NO SISTEMA SOLAR

As órbitas das figuras abaixo estão em escala, entretanto os planetas e o Sol não.

► Órbita dos planetas telúricos e planeta anão: Telúricos (Mercúrio, Vênus, Terra e Marte) e planeta anão (Ceres). Próximo à órbita de Ceres encontram-se centenas de milhares de asteroides conhecidos. Para referência, a distância média entre a Terra e o Sol é de 150 milhões de km ou 1 UA (Unidade Astronômica).

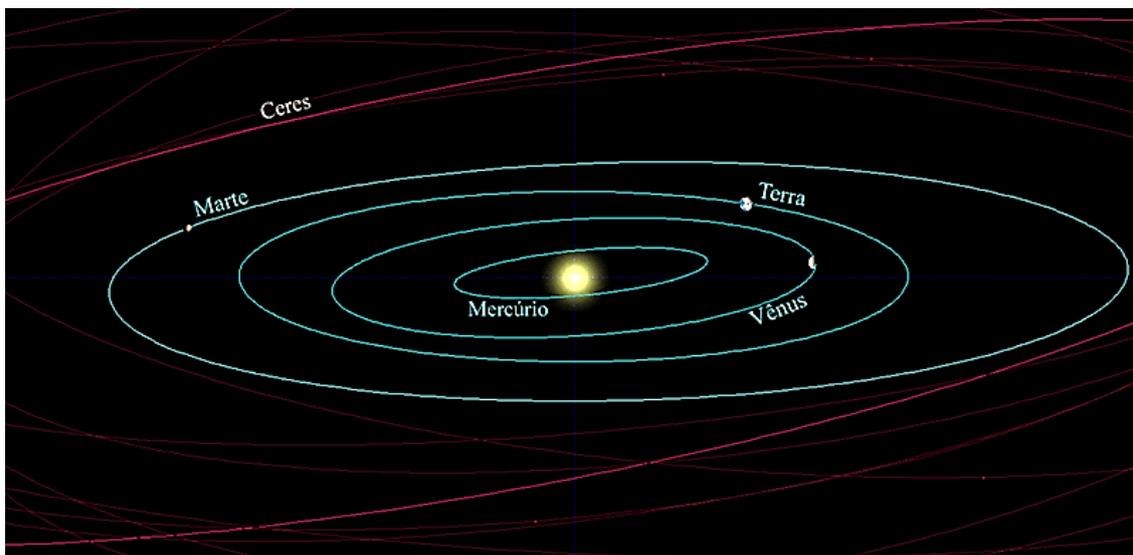
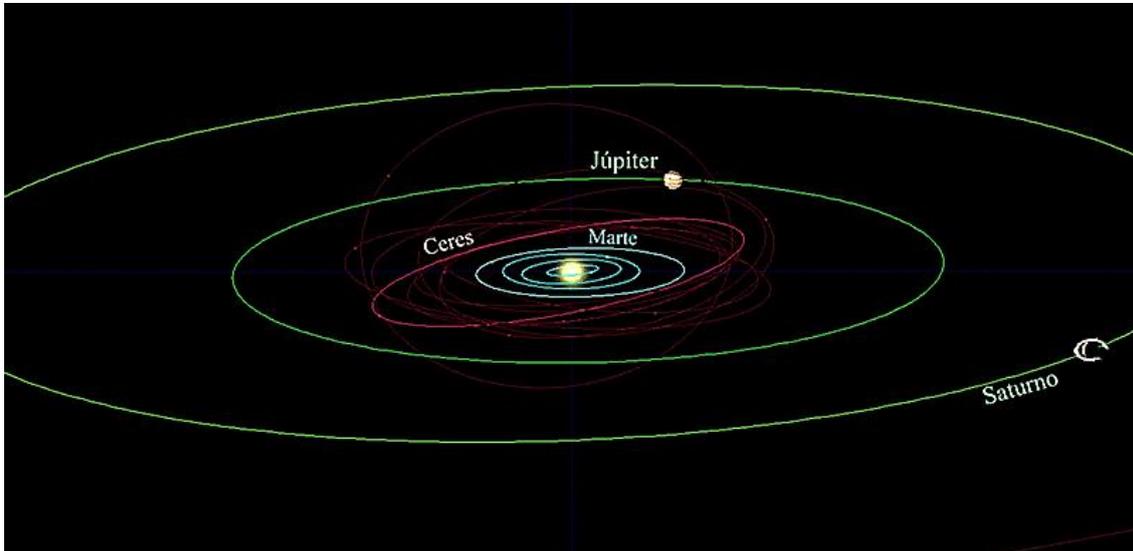


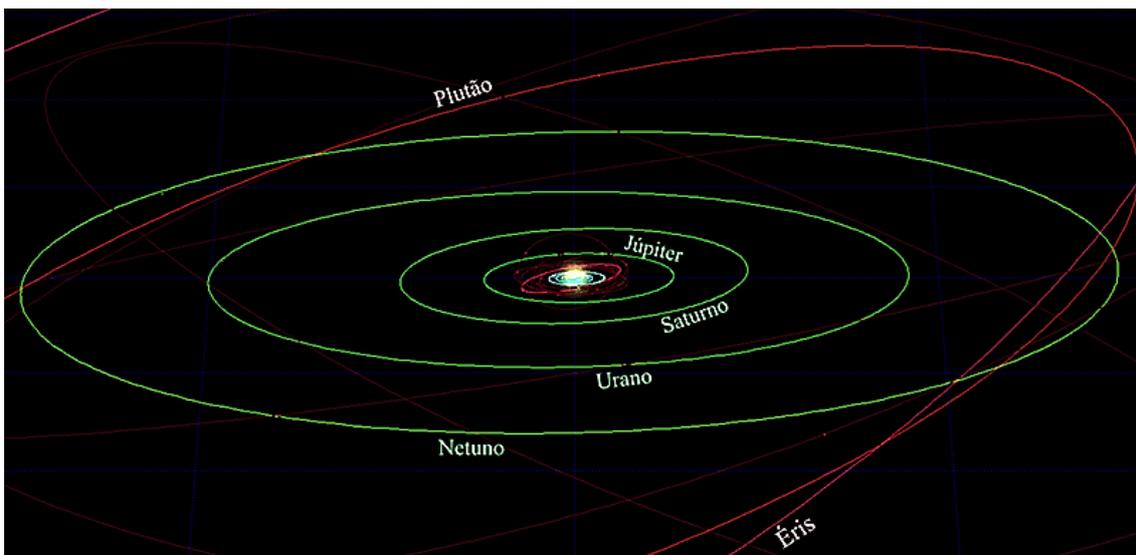
Figura 2.b ◀ Órbita dos planetas telúricos e planeta anão.

► Planetas jovianos (órbitas de Júpiter e Saturno em verde) e o Sistema Solar interno (órbitas azuis). Entre Júpiter e Marte vemos o cinturão de asteroides, onde o planeta anão Ceres também orbita. O tamanho dos planetas está fora de escala.



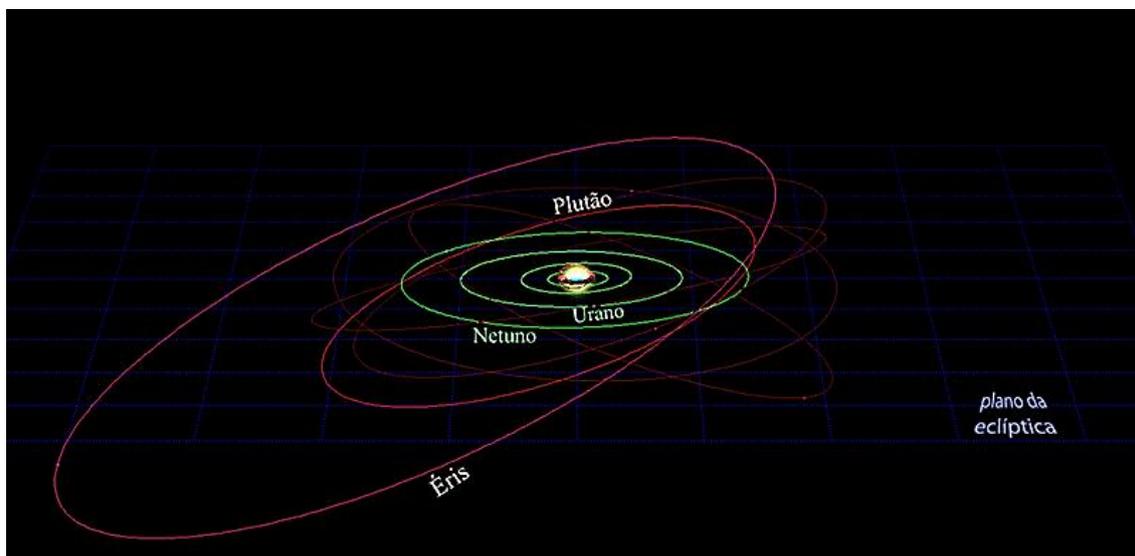
**Figura 2.c** ◀ Órbita dos planetas jovianos e asteroides.

► Todos os planetas jovianos: Netuno, Urano, Saturno e Júpiter. Nesta escala mal podemos ver o Sistema Solar interno e aparecem trechos das órbitas dos planetas anões Plutão e Éris. Netuno se encontra a cerca de 4,5 bilhões de km do Sol ou 30 UA.



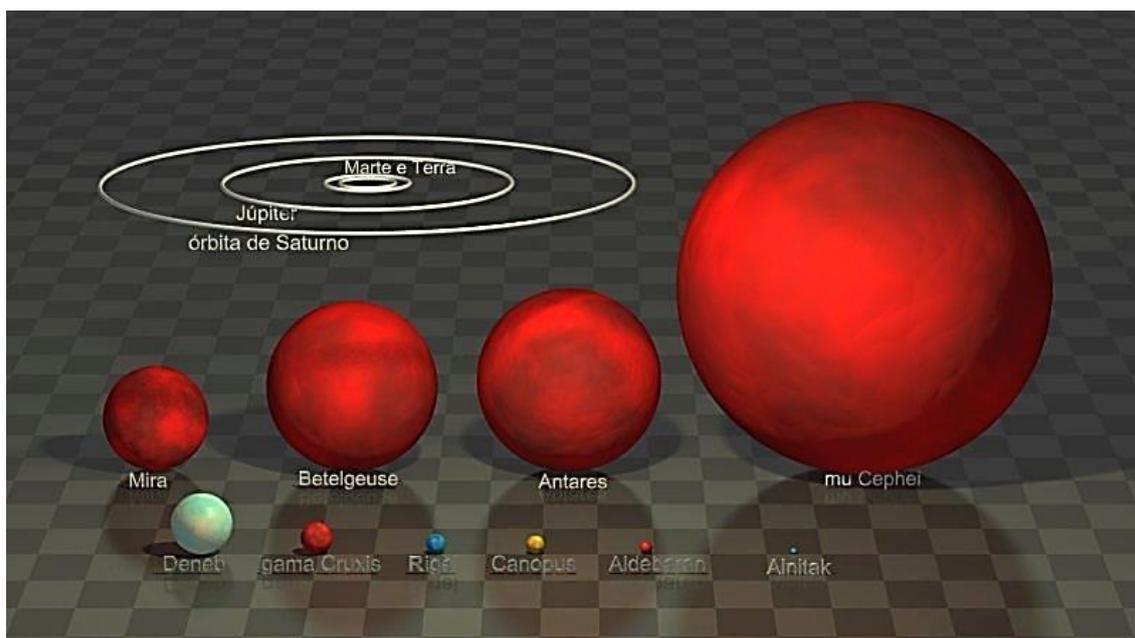
**Figura 2.d** ◀ Órbita dos planetas incluindo parte das órbitas de Plutão e Éris.

- ▶ Visão geral do Sistema Solar: O planeta anão Éris orbita entre 5,7 e 14,6 bilhões de km do Sol (37,8 e 97,6 UA).



**Figura 2.e** ◀ Órbita dos planetas em escala completa.

- ▶ Algumas estrelas são realmente gigantes. O Sol é invisível nesta escala. *Mu Cephei* (constelação da Cefeida) tem um brilho “aparentemente fraco”, entretanto é uma das maiores estrelas conhecidas, com diâmetro comparável ao diâmetro da órbita de Saturno.



**Figura 2.f** ◀ Comparação das dimensões em proporção dos astros.

► Analisando os dados fornecidos pela tabela abaixo podemos perceber que (equação 2.a) representa uma boa aproximação de um movimento circular.

Objetos	Afélio	Periélio	Raio Médio	Razão
	$10^6$ km	$10^6$ km		
Mercúrio	69,817445	46,001009	57,909227	1,5177
Vênus	108,942780	107,476170	108,209475	1,0136
Terra	152,098233	147,098291	149,598262	1,0340
Marte	249,232432	206,645215	227,938824	1,2061
Ceres	446,428973	380,951528	413,690251	1,1719
Júpiter	816,001807	740,679835	778,340821	1,1017
Saturno	1.503,509229	1.349,823615	1.426,666422	1,1139
Urano	3.006,318143	2.734,998229	2.870,658186	1,0992
Netuno	4.537,039826	4.459,753056	4.498,396441	1,0173
Plutão	7.376,124302	4.436,756954	5.906,440628	1,6625
Makemake	7.894,762625	5.671,928586	6.783,345606	1,3919
Éris	14.594,512904	5.765,732799	10.180,122852	2,5313

**Tabela 2.1** (duração da rotação de alguns planetas)

## 2.4 CONCEITOS BÁSICOS – Movimento Circular

- (CORPO RÍGIDO) é um conjunto de pontos materiais cujas distâncias relativas permanecem invariáveis.
- (MOVIMENTO DE TRANSLAÇÃO) um corpo rígido está em movimento de translação quando, durante o movimento, um segmento de reta que una dois quaisquer dos seus pontos permanece sempre paralelo a si mesmo.
- (MOVIMENTO DE ROTAÇÃO) um corpo rígido está em movimento de rotação quando, durante o movimento, cada um dos seus pontos descreve trajetórias circulares cujos centros se encontram, todos, sobre uma mesma reta chamada eixo de rotação.
- (DESLOCAMENTO ANGULAR) é dado pela relação  $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ .

Relação entre deslocamento escalar e deslocamento angular  $\Delta s = \Delta\theta.R$ .

Se, no intervalo de tempo  $\Delta t$ , uma partícula sofrer um deslocamento angular

$\Delta\theta$ , a velocidade angular  $\omega$  da partícula será definida por  $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ .

- (VELOCIDADE ANGULAR MÉDIA) é dado pela relação  $\omega_m = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ .

(VELOCIDADE ANGULAR INSTANTÂNEA) é dado pela relação

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt}.$$

Relação entre velocidade escalar e velocidade angular é dado pela relação

$$v = \omega.R.$$

- (ACELERAÇÃO) se, no intervalo de tempo  $\Delta t$ , a velocidade angular de uma partícula sofrer uma  $\Delta\omega$ , a aceleração angular  $\alpha$  da partícula será definida por

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}.$$

(ACELERAÇÃO ANGULAR MÉDIA) é dado pela relação  $\alpha_m = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$ .

(ACELERAÇÃO ANGULAR INSTANTÂNEA) é dado pela relação

$$\alpha = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt}.$$

#### | 2.4.1 MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME (FORMULÁRIO)

*Grandeza escalar = Grandeza angular . Raio* **Equação 2.b** ◀

*Posição escalar*  $\begin{cases} \text{linear: } s = s_0 + vt \\ \text{angular: } \theta = \theta_0 + \omega t \end{cases}$  **Equação 2.c** ◀

*Velocidade escalar*  $\begin{cases} \text{linear: } v = cte \\ \text{angular: } \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = cte \end{cases}$  **Equação 2.d** ◀

*Aceleração escalar*  $\begin{cases} \text{linear: } a^l = 0 \\ \text{angular: } \alpha = 0 \end{cases}$  **Equação 2.e** ◀

*Aceleração vetorial*  $\begin{cases} \text{componente tan gencial: } a_t = 0 \\ \text{componente normal: } a_c = a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = \frac{4\pi^2}{T^2} . R = 4\pi^2 f^2 . R \end{cases}$  **Equação 2.f** ◀

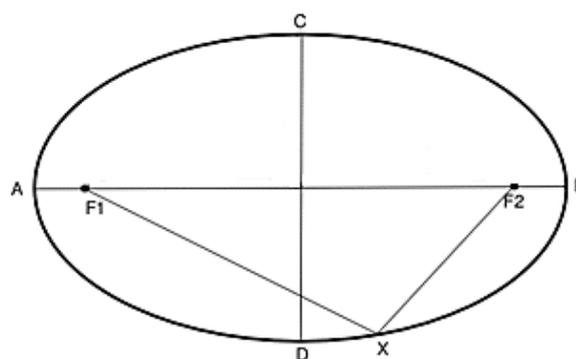


## Você lembra?

### ► A ELIPSE

Já falamos também no caso de a Lua não cair não sobre a Terra. Seu movimento em torno da Terra é quase circular; na realidade, devido às perturbações, ela descreve uma elipse de fraca excentricidade. A distância ao centro da Terra e a sua velocidade possuem valores tais que a força de atração se opõe uma força centrífuga (relacionada aos referenciais não inerciais) que lhe dá um exato equilíbrio. A existência dos satélites não é apenas uma questão de distância absoluta a seu planeta, nem uma questão de massa, mas uma relação entre a sua velocidade e a sua distância. Suponhamos para maior simplificação, que as órbitas sejam circulares. Entretanto, na teoria como na prática, pode existir um número infinito de órbitas estáveis, do tipo elíptico, ocupando o centro da Terra um dos focos.

Elipse é o conjunto de pontos de um plano para os quais a soma das distâncias de  $X$  aos dois pontos  $F_1$  e  $F_2$  pertencentes a esse plano, permanece constante.



### PARA VER MAIS DISTANTE

Os planetas de nosso sistema solar podem percorrer uma órbita elíptica fechada com baixa energia de translação, caso a energia seja aumentada, sua órbita passará a formar uma parábola (órbita aberta). Nessas condições o seu movimento será indefinido sem qualquer gasto de energia.

Uma órbita perfeitamente circular, que tenha uma medida de raio igual em qualquer ponto da sua circunferência, terá uma excentricidade de valor zero. Números maiores que o zero indicam órbitas elípticas, parabólicas ou hiperbólicas. Classificadas como mostra a tabela 2.2:

$e = 0$	$0 < e < 1$	$e = 1$	$e > 1$
Circular	Elíptica	Parabólica ou radial	Hiperbólica

**Tabela 2.2** (graus de excentricidade)



aceitação. Coube a **Newton** formular uma lei que definisse a força capaz de modificar a velocidade vetorial dos planetas.

*Isaac Newton (1642 – 1727)*

Newton deduziu que a intensidade desta força varia com o produto das massas e inversamente com o quadrado da distância entre seus centros, como indica a **equação 2.g**. A constante de proporcionalidade que devemos introduzir para tornar a proporção uma igualdade é a chamada constante da gravitação universal ( $G$ ). Este valor foi determinado experimentalmente pela primeira vez em 1917 por Cavendish. No

SI, o valor hoje aceito é,  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$ .

$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{d^2} \quad \text{Equação 2.g} \blacktriangleleft$$

Levando em consideração que  $F$  é inversamente proporcional ao quadrado de  $d$ , temos a tabela:

<b>Distância</b>	$d$	$2d$	$3d$	$4d$
<b>Força</b>	$F$	$F/4$	$F/9$	$F/16$

## ATIVIDADES

[Atividade 2.2] Nas regiões relativamente próximas por onde um satélite artificial circula, a gravitação conserva ainda um valor de mesma ordem que na superfície da Terra. A 1000 km de altitude, por exemplo, reduzida à relação do quadrado das distâncias ao centro da Terra, ela fica diminuída em 25%. Verifique usando a relação de força de Newton, o resultado relatado no texto acima.

[Atividade 2.3] A atração terrestre cai para 1/50 de seu valor ao nível do mar quando se distancia de 36000 km e a 1/36000 na distância de 384000 km, que é a distância média da Lua à Terra. Verifique usando a relação de força de Newton, o resultado relatado no texto acima.

### | 2.5.1 TERCEIRA LEI DE KEPLER

Quando se observa as órbitas dos planetas ao redor do Sol, eles obedecem à terceira lei de Kepler, a qual diz: “o quadrado dos períodos de revolução é proporcional ao cubo do grande eixo”. Esta lei é observada mesmo pelos minúsculos satélites do planeta Marte. O mais próximo deles, é Phobos, que está a 6000 km de distância do planeta, dando uma volta em sua órbita em menos de 8 horas; o mais distante, é Deimos, a 20 000 km, fazendo a sua órbita em 30 horas.

### ► 3ª LEI DE KEPLER

Para qualquer planeta do Sistema Solar, é constante o quociente do cubo do raio médio da órbita,  $R^3$ , pelo quadrado do período de revolução (ou translação)  $T^2$ , em torno do Sol.

$$\frac{R^3}{T^2} = K_p \quad \text{Equação 2.h} \blacktriangleleft$$

- $K_p$  (constante de Kepler)

### | 2.5.2 DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE ORBITAL (V) E PERÍODO (T) DE UM SATÉLITE

Suponha, agora, um observador, na superfície de Marte. O que ele observaria e nos diria seria o seguinte: o movimento do satélite somente poderia ser visto por composição com o movimento de rotação do planeta sobre si mesmo. Suponhamos, para maior simplificação, que a órbita de um satélite seja circular e que seja descrita no plano do equador terrestre e onde a revolução se faça no mesmo sentido da rotação terrestre.

A força gravitacional que o satélite recebe do planeta é a resultante centrípeta do seu movimento circular e uniforme.

$$v = \sqrt{\frac{G.M}{r}} \quad \text{Equação 2.i} \blacktriangleleft$$

Considerando a Terra como o planeta analisado,  $v = \sqrt{\frac{G.M}{r}} \cong 8 \text{ km/s}$ .

- $v$  (velocidade orbital)
- $M$  (massa do planeta)

- $r$  (raio da órbita)
- $G$  (constante de gravitação).

O cálculo da velocidade dos satélites em suas órbitas é fácil mesmo no caso da órbita ser uma elipse cujo centro do planeta em torno do qual ele gira é um dos focos. Ela se torna mais simples quando a sua órbita se confunde com um círculo. Podemos reescrever esta velocidade em função de  $R$ ,  $g$  e  $r$ . A velocidade orbital é igual a:

$$v = R\sqrt{\frac{g}{r}} \quad \text{Equação 2.j} \blacktriangleleft$$

- $R$  (raio da terra)
- $r$  (raio da órbita)
- $g$  (gravidade local)

A partir daí podemos calcular o tempo de revolução de um satélite em torno da Terra e a velocidade do perigeu em Km/s usando a relação.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G.M}} \quad \text{Equação 2.k} \blacktriangleleft$$

Para o Período e Velocidade no Movimento Elíptico:

$$T = 1,42 \left[ \frac{P}{R(1-e)} \right]^{\frac{3}{2}} \quad \text{Equação 2.l} \blacktriangleleft$$

$$v = 7,9 \sqrt{\frac{R(1+e)}{p}} \quad \text{Equação 2.m} \blacktriangleleft$$

- $p$  (distância do perigeu)
- $R$  (raio da terra medindo aproximadamente 6 370 Km)
- “ $e$ ”(excentricidade da órbita)



PARA VER MAIS DISTANTE

Apogeu é na astronomia o ponto mais distante que um corpo celeste apresenta em relação à Terra. Perigeu é a menor distância de um corpo celeste em relação ao planeta Terra.

- apo (longe)
- geo (terra)

## ■ ATIVIDADES

[Atividade 2.4] Para que os satélites mantenham uma trajetória circular além de nossa atmosfera é preciso uma velocidade um pouco maior que 7,9 Km/s. Para que a trajetória seja elíptica, a velocidade deve ser inferior a 11 Km/s em relação à superfície da Terra. Se esta distância é de 13000 Km (aproximadamente o dobro do raio terrestre). Sabendo-se que a velocidade limite será superior a 7,9 Km/s, comprove usando as fórmulas já estudadas, que a velocidade sugerida de 7,9 Km/s e 11 Km/s estão corretas.

[Atividade 2.5] Ernest Esclangon (17 de março de 1876 – 28 de janeiro de 1954) Astrônomo e



Matemático francês desenvolveu há alguns anos, uma teoria segundo a qual quando o satélite está relativamente próximo da Terra, a menos de dois raios terrestres, por exemplo, a trajetória do satélite é um círculo e sua velocidade deverá ser determinada por:

$$v = 7,9 \cdot \sqrt{\frac{R}{r}} \text{ km / s}$$

Portanto, quanto mais distantes estão os satélites, menores são as suas velocidades. Comprove, usando a fórmula encontrada por *Esclangon*, que numa órbita de 24 horas a 42300 km de altitude (do centro da Terra) a velocidade orbital cai para aproximadamente 3 km/s.

## ■ 2.6 A GRAVIDADE VARIANDO COM A ROTAÇÃO DA TERRA

### ➤ Onde você ficaria “mais leve”?

À proporção que se caminha na superfície terrestre, do equador para o polo, ao nível do mar, o valor de  $g$  aumenta:

$$\text{No equador } g = 9,78039 \frac{m}{s^2} \quad \text{No polo } g = 9,83217 \frac{m}{s^2}$$

O valor de  $g$ , ao nível do mar, à latitude de  $45^\circ$  é chamado de aceleração normal da gravidade.

Valor normal  $g = 9,80665 \frac{m}{s^2}$        $g = 9,8 \frac{m}{s^2}$  (com dois algarismos significativos)

➤ **Você sabia que o movimento de rotação da terra tem influência no peso do corpo?**

Para calcular o quanto ficamos mais leves, devemos usar a força centrípeta que age sobre o corpo e é dada por:  $F_c = m.\omega^2.R$

Logo o peso será:

$$P = G \cdot \frac{M.m}{R^2} - m.\omega^2.R \quad \text{Equação 2.n} \blacktriangleleft$$

Pela **fórmula 2.n**, sabe-se que no equador, a gravidade aparente é menor do que no polo.

## ■ ATIVIDADES

[Atividade 2.6] Comprove que no equador onde a velocidade e o raio terrestre são, respectivamente, 460 m/s e 6370 km, a força centrífuga é 34/10000 do peso.

[Atividade 2.7] Os pêndulos mais grosseiros percebem esta diferença descrita na [Atividade 2.6]. Mostre que:

Se a Terra girasse 17 vezes mais depressa, a força centrífuga no equador se tornaria igual à atração terrestre e a gravidade aparente seria nula.



PARA VER MAIS DISTANTE

**A realidade é um pouco diferente das aproximações e modelagens formuladas até o momento**

Consideramos apenas a mais simples das órbitas, circular e no plano do equador. Na realidade, os fatos não são tão simples como se quer apresentá-los. Trata-se de um sistema complexo que compreende, além da Terra e seu satélite artificial, o Sol, a Lua e os planetas. Suponhamos que um foguete sai da Terra com uma velocidade pouco

superior a 7,9 km/s e inferior a 11,2 km/s, assim este foguete descreverá uma órbita elíptica e não circular, que se desenvolverá num plano próximo ao plano do equador, mas não se confundindo com ele. Esta órbita será perturbada e não mostraremos o cálculo dessas perturbações, mas apenas suas causas.

As perturbações em ordem de importância são:

- A dilatação equatorial da Terra, o Sol, a Lua e os planetas. Pode-se desprezar a ação destes últimos e também as da Lua, portanto os períodos de revolução da Lua e dos Satélites não são da mesma ordem de grandeza.
- A dilatação da Terra não terá, evidentemente, ação sobre a trajetória rigorosamente circular e no plano de simetria equatorial.

#### ➤ O que é azimute?

É uma medida de direção horizontal, definida em graus que podem variar de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  e as medidas são feitas em quadrantes, em sentido horário, significando, em árabe, caminho, sendo muito utilizado em astronomia. No azimute, a direção corresponde ao norte, e aumenta de acordo com o lado direito dos ponteiros do relógio.

#### ▶ TIPOS DE AZIMUTE

- O azimute magnético (indicado pela bússola, muito utilizado nas navegações e em astronomia, que é uma das coordenadas horizontais)
- O azimute geográfico (medido em direção do Polo Norte)
- O azimute cartográfico (medido a partir da direção das linhas verticais na carta).

## ■ 2.7 O SATÉLITE NA SUA ÓRBITA (TRABALHO E ENERGIA)

### | 2.7.1 TRABALHO DE UMA FORÇA

Para se distanciar um corpo da Terra é preciso desenvolver certo trabalho que se avalia no produto da força a ser vencida pela distância a ser percorrida. A força a ser vencida é a gravitacional, que decresce constantemente na razão direta do quadrado da distância.

Se a força neste caso fosse constante e não variável, teríamos o caso particular do trabalho e seria utilizado no cálculo a **equação 2.0**:

$$\tau_F = F \cdot d \quad \text{Equação 2.0} \blacktriangleleft$$

### ► TIPOS DE TRABALHO

- O TRABALHO POSITIVO (ou trabalho motor) ocorre quando uma força que atua sobre uma partícula favorece seu deslocamento.

$$\vec{F} \text{ e } \vec{d} \text{ têm mesmo sentido, então } \tau_F > 0$$

- O TRABALHO NEGATIVO (ou trabalho resistente) ocorre quando uma força que atua sobre uma partícula se opõe ao deslocamento.

$$\vec{F} \text{ e } \vec{d} \text{ têm sentidos opostos, então } \tau_F < 0$$

- O TRABALHO NULO ocorre quando a força que atua sobre uma partícula não favorece nem se opõe a seu deslocamento.

$$\vec{F} \text{ e } \vec{d} \text{ são perpendiculares entre si, então } \tau = 0$$



## Você lembra?

### ► O CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL

Os cálculos mais elaborados e específicos de lançamento de foguetes e satélites são estruturados usando uma matemática poderosa, chamada CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL. Esta ferramenta matemática é estudada no curso superior das engenharias, matemática, química e física, foi desenvolvida por Newton e Leibniz. Como se sabe, é creditado tanto a um quanto ao outro o título de inventores do Cálculo, pois, mesmo morando em lugares distintos, seguiram de forma paralela com tal feito. Os Cálculos do Trabalho de uma força são feitos através de uma integração. O resultado é simples quando se quer conhecer o trabalho a ser efetuado para transportar uma carga da superfície da Terra para o infinito: ele é igual ao produto do peso da carga na superfície da Terra pelo raio terrestre.



Leibniz foi um filósofo, cientista, matemático, diplomata e bibliotecário alemão.

Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 – 1716)

Em um curso avançado, usaríamos o método da integração para determinar o trabalho ao deslocar uma carga para o espaço. Neste momento, o trabalho necessário para se transportar uma carga a qualquer distância pode ser calculado rapidamente, usando a fórmula.

$$\tau = mgR^2 \cdot \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right) \quad \text{Equação 2.p} \blacktriangleleft$$

- $m$  (massa transportada)
  - $g$  (gravidade na superfície da Terra)
  - $R$  (raio da Terra)
  - $r$  (distância de seu centro)
- 

## ATIVIDADES

[Atividade 2.8] Use seus conhecimentos e verifique esta afirmação. Para uma carga de 1 tonelada, é preciso efetuar um trabalho de 6 378 toneladas-quilômetros, o que equivale, a fazer subir esta carga a uma montanha de 6 378 km de altura, supondo-se a gravidade constante e igual a seu valor ao nível do mar.

**(Refaça os cálculos usando as unidades no sistema internacional)**

[Atividade 2.9] Use  $\tau = GMm \cdot \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right)$  para obter  $\tau = mgR^2 \cdot \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right)$ , assim mostrará que são fórmulas equivalentes.

**(Dica:** nesta atividade, você trabalhará com Força Gravitacional e Peso.)

[Atividade 2.10] Mostre que fazendo  $r$  torna-se infinito, obtém-se a expressão  $(mgR)$ .

## | 2.7.2 ENERGIA

Energia é a capacidade de um sistema realizar trabalho ou é o resultado de uma transformação de trabalho. Quando transportamos um corpo para o espaço, desprendemos muita energia, imagine um satélite sendo lançado para a Lua por exemplo. Isto quer dizer que é preciso comunicar ao móvel uma velocidade inicial tal que a sua energia cinética seja igual ao trabalho a ser efetuado contra a gravidade. Esta velocidade é dada pela **equação 2.q**:

$$v = R \left[ 2g \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Equação 2.q} \blacktriangleleft$$

Ela é, na verdade, a velocidade com que um corpo abandonado no infinito, com uma velocidade igual a zero e caindo em queda livre, chegaria à superfície da Terra. Estes dados são teóricos, evidentemente, não levando em consideração a atmosfera da Terra, a presença de outros astros e a rotação terrestre.

- (ENERGIA CINÉTICA) de um corpo é a energia a ele associada quando estiver em movimento. É calculada pelo semiproduto da massa do corpo pelo quadrado de sua velocidade.

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad \text{Equação 2.r} \blacktriangleleft$$

- (TEOREMA DA ENERGIA CINÉTICA) e da (CONSERVAÇÃO DA ENERGIA) são bastante úteis no estudo da Astronomia e principalmente no lançamento de foguetes.

O trabalho da força resultante que age sobre um corpo, seja ela constante ou não, é igual à variação da energia cinética sofrida pelo corpo.

$$\tau_{F_R}^p = \Delta E_c = E_{c_f} - E_{c_i} = \frac{m \cdot v_f^2}{2} - \frac{m \cdot v_i^2}{2} \quad \text{Equação 2.s} \blacktriangleleft$$

## ■ ATIVIDADES

[Atividade 2.11] Mostre usando o teorema do trabalho **Equação 2.s** que podemos obter a energia cinética inicial do corpo se conhecermos o trabalho a este associado.

[Atividade 2.12] Prove a **Equação 2.q** e fazendo  $r$  tender ao infinito, mostre que esta fórmula é dada por  $v = \sqrt{2gR}$ .

### | 2.7.2.1 FOGUETE EM ÓRBITA (A CONSERVAÇÃO DA ENERGIA)

Trataremos, agora do caso do foguete. Depois do foguete subir verticalmente, torna-se necessário curvar gradualmente a sua trajetória para orientá-la paralelamente a superfície terrestre, uma vez atingida a altura de estabilização e adquirida a velocidade circular desejada.

Para que um foguete possa mover-se indefinidamente em torno da Terra não é suficiente comunicar-lhe a velocidade correspondente, mas é preciso que seja orientado horizontalmente em relação a superfície terrestre. Sem esta precaução o foguete poderá distanciar-se para o infinito ou descrever uma elipse e cair ao solo antes de atingir o seu ponto de partida.



#### PARA VER MAIS DISTANTE

Mineur, o grande astrofísico, através do cálculo matemático demonstrou que para se manter um foguete numa trajetória circular a 200 km de altura, por exemplo, e animado de uma aceleração,  $g$ , é indispensável não apenas que a velocidade do foguete ultrapasse a velocidade da gravitação – a fim de contrabalancear a força centrífuga – como incliná-la progressivamente para a Terra. Sem estas precauções fugiria para o infinito.

► Pode-se avaliar, sem dificuldades, os gastos da energia total do foguete, fazendo-se a soma das energias cinéticas na partida da Terra e sobre a sua órbita. O satélite demanda menos energia para o seu estabelecimento quando mais próximo está da Terra. A energia de liberação no infinito é quase o dobro da energia cinética para uma órbita de pequena altitude.

► É possível também realizar uma economia apreciável de combustível utilizando a rotação da Terra. Por exemplo, se a trajetória projetada para o satélite é um círculo no plano do equador, o lançamento terá sentido para o Leste. Como se sabe, todo ponto da Terra situado no equador possui, devido à rotação de nosso globo, uma velocidade própria de 0,5 km/s. Esta pode ser deduzida da velocidade exigida para que um corpo se torne satélite.

► Os teóricos da astronáutica procuraram também os meios de reduzir as exigências de velocidade características das viagens nas órbitas circulares. O método mais conhecido é o das “órbitas bitangentes” ou das “elipses de transferência”. A ideia geral é de fazer o foguete descrever uma elipse cujo perigeu esteja situado nas proximidades da superfície e cujo apogeu esteja situado na órbita visada. Esta elipse será tangente a um círculo de pequena altitude em relação a órbita. O processo pode ser visualizado praticamente da seguinte forma: o foguete sobe verticalmente, de maneira a atravessar rapidamente a atmosfera e inclina progressivamente a sua trajetória para acelerar numa direção quase horizontal. A perda pela gravidade será reduzida, assim, ao mínimo.



Os elementos de uma trajetória chamada sinergia foram definidos por Oberth, cientista alemão, um dos precursores da moderna astronáutica.

Hermann Oberth (1894 – 1989)

► Quando a velocidade correspondente ao perigeu da elipse de transferência é atingida, o propulsor cessa a sua ação e o engenho (corpo do foguete) percorre em voo livre submetido unicamente à atração terrestre. Ele chega ao apogeu com uma velocidade reduzida: neste momento é suficiente fazer funcionar os propulsores para lhe comunicar o complemento da velocidade necessária para estabelecer-se definitivamente na órbita. Denominamos esta órbita de *estacionária*, uma vez que não se perde energia, ou seja, a energia é conservada.

## | 2.7.2.2 PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

## (PRINCÍPIO DE HELMHOLTZ)

- (ENERGIA MECÂNICA) de um corpo é obtida pela soma da energia cinética e energia potencial deste corpo.

$$E_m = \frac{m \cdot v^2}{2} + m \cdot g \cdot h \quad \text{Equação 2.t} \blacktriangleleft$$

Para lançamento de foguetes:

$$E_m = \frac{mv^2}{2} + mgR^2 \cdot \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right) \quad \text{Equação 2.u} \blacktriangleleft$$

► A energia não pode ser criada nem destruída, mas, apenas, transformada de uma espécie em outra. Se um corpo se encontra sujeito somente a forças conservativas, o ganho de certa quantidade de energia cinética corresponde a uma perda de igual quantidade de energia potencial, e vice-versa.

$$E_m = E_{cinética} + E_{potencial} = cte \quad \text{Equação 2.v} \blacktriangleleft$$

## ■ ATIVIDADES

[Atividade 2.13] Calcule a energia do sistema Terra - Lua.

[Atividade 2.14] Explique, em termos da conservação da energia, como se justifica o movimento orbital da lua em torno da Terra.

## REFERÊNCIAS

Ernalt-Pelterie – L'Astronomie, R., Paris, 1930. Disponível em: <https://santoculto.wordpress.com/category/filosofia/page/3/> 13 jan 2017.

<http://www.astro.iag.usp.br/~gastao/PlanetasEstrelas/sistemasolar.html>

<http://www.astronoo.com/pt/artigos/caracteristicas-dos-planetes.html>

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza e SARAIVA, maria de Fátima Oliveira. **Astronomia e Astrofísica**. São Paulo: Livraria da Física, 2013.

MORAIS, Antônio Manuel Alves. **Gravitação e Cosmologia: uma introdução**. São Paulo: Livraria da Física, 2009.

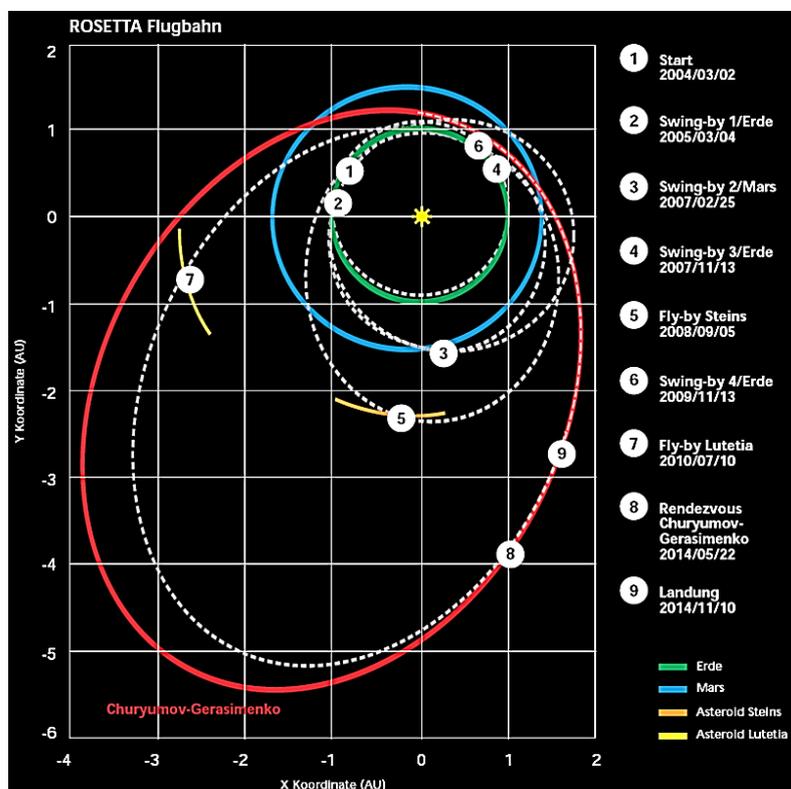
DOCA, Ricardo Helou / Biscuola, Gualter José / Bôas, Newton Villas. **Tópicos da Física 1 – Mecânica**. São Paulo: Saraiva, 2007.

CANIATO, Rodolpho. **O Céu**. São Paulo: Ática, 1993.

CARL SAGAN, JONATHAN NORTON LEONARD, traduzido por Redatores de LIFE. **Os Planetas**. Biblioteca Científica. Rio de Janeiro: Livraria José Olímpio, 1968.

ARMIN J. DEUTSCH, traduzido por Alberto Denis. **O Sol**. Scientific American. São Paulo: IBRASA, 1959.

R. ARGENTIÈRE. **A Astronáutica**. Coleção "Ciência e Divulgação". São Paulo: Pincar, Linográfica, 1957.



Neste capítulo trataremos dos movimentos dos satélites, do trabalho e energia envolvidos nos movimentos sem se preocupar com a ordem cronológica dos fenômenos relatados. A astronomia trabalhada tem o objetivo de estimular o leitor na investigação dos temas abordados.

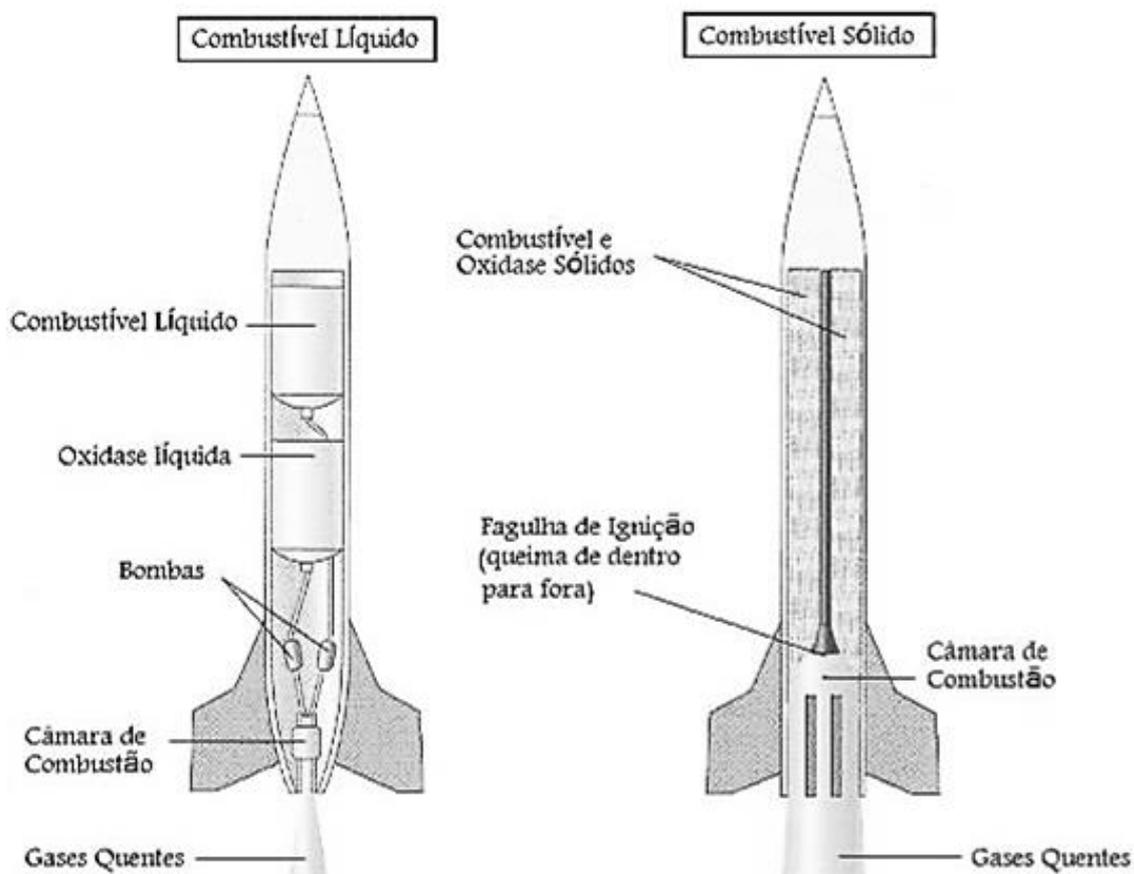
# FOGUETES E A RELAÇÃO DE MASSA

O ESTUDO DAS ENERGIAS ENVOLVIDAS NOS MOVIMENTOS

## 3 Lançamento de Foguetes e a Relação de Massa.

A Física Mecânica ensina que um foguete tendo em sua massa inicial uma proporção suficiente de combustível, pode perfeitamente, ejetar uma parte desta massa inicial até o infinito. Em outras palavras, pode perfeitamente expelir para fora do campo de atração de um astro, uma parte de sua massa.

► (CAMPO DE ATRAÇÃO) é uma região onde persiste a interação entre os corpos.



**Figura 3.a** ◀ Características dos foguetes na utilização de combustíveis líquidos e sólidos.

A maior parte da estrutura dos veículos espaciais é destinada ao transporte de combustível e oxidante (comburente). O foguete de vários estágios é subdividido em

dois, três e até quatro elementos e possui um sistema que permite abandonar essas partes da estrutura assim que o combustível por ele armazenado chega ao fim.



#### PARA VER MAIS DISTANTE

O Brasil está em destaque no estudo e construção de Satélites Artificiais. Nossa tecnologia permite uma coleta de dados importantes em várias áreas do conhecimento, colaborando com a ciência e tecnologia. Para colocarmos os satélites em órbita, usamos foguetes semelhantes ao descrito acima.



**Figura 3.b** ◀ Lançamento de nanossatélite brasileiro com sucesso, Foto: ESA (Cryosat-2)  
publicado: 20/06/2014

### 3.1 UM POUCO DE HISTÓRIA – Lançamento de Satélites

- Brasília (19 de junho de 2014) lançado às 16h 11min, o primeiro nanossatélite brasileiro NanosatC-Br1, já mantém contato com as bases de monitoramento. Desenvolvido com recursos da Agência Espacial Brasileira (AEB) e lançado na base de Yasny – Rússia, o cubesat está operando em modo de segurança e envia a sua localização por código Morse.
- As informações enviadas são recebidas pelas Estações Terrenas de Rastreamento e Controle de nanossatélite do Programa NanosatC-BR da Universidade Federal de Santa Maria e a do ITA/INPE. O objetivo do cubesat é monitorar a

intensidade e mapear o campo magnético sobre a América do Sul (explica Jean Batana).

- “Os nanossatélites são importantes para o desenvolvimento da tecnologia espacial brasileira, além de motivar estudantes. É uma forma de congregar entre eles o trabalho na área espacial” fomenta José Raimundo Coelho, presidente da AEB.
- O NanosatC-Br1 foi desenvolvido pelo Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais (CRS/INPE), é também o primeiro cubesat universitário brasileiro a ser lançado. Juntamente com o NanosatC-Br-1, foram lançados a órbita terrestre outros 36 nanossatélites.

*Coordenação de Comunicação Social (CCS-AEB)*



Jean Batana, coordenador de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação da Diretoria de Satélites e Aplicação da AEB.

*Jean Robert Batana Pires Ferreira*



Presidente da AEB.

*José Raimundo Coelho*

## 3.2 SATÉLITES ARTIFICIAIS

São construídos pelo homem e permanecem em órbita da Terra a muitos quilômetros da superfície e por longos períodos. Existem vários tipos de satélites artificiais tais como: os satélites de comunicação, em maior número; os satélites de televisão; os satélites científicos; os satélites espões ou para fins militares; os satélites meteorológicos e de sensoriamento remoto de recursos terrestres.

► A partir do lançamento do primeiro satélite brasileiro, o SCD-1 em 1993, o LIT (Laboratório de Integração e Testes) vem realizando sua missão para a qualificação dos mesmos. Hoje o LIT é reconhecido como referência, dentro e fora do Brasil, na área de pesquisa, desenvolvimento e qualificação de satélites.

Satélites e Foguetes são tecnologias necessárias para o desenvolvimento da humanidade. Para que esta tecnologia esteja em órbita os satélites expõem a queima de combustível, esta interação entre corpos (foguetes e massa de combustível expelida) configura um sistema isolado. Desta forma, podemos entender que existe apenas forças entre as duas partes, ou seja, forças internas. Analisando desta forma, como podemos calcular a velocidade do foguete?

### 3.3 QUANTIDADE DE MOVIMENTO (MOMENTO LINEAR)

O melhor método para conhecer a velocidade do foguete consiste em raciocinar sobre a quantidade de movimento.

#### ➤ O que vem a ser quantidade de movimento?

É o produto da massa de um objeto em movimento pela sua velocidade. Isto significa que duas massas diferentes, animadas por diferentes velocidades, podem ter a mesma quantidade de movimento.

$$\vec{Q} = m \cdot \vec{v}$$

**Equação 3.a ◀**

Sendo o momento linear uma grandeza vetorial, temos:

$$\vec{Q} \begin{cases} \text{intensidade: } |\vec{Q}| = m \cdot |\vec{v}| \\ \text{direção: mesma da velocidade} \\ \text{sentido: mesmo da velocidade, pois } m \text{ é um escalar positivo} \end{cases}$$

- No SI é o kgm/s
- No CGS é o gcm/s
- No MKS é o utm/s



PARA VER MAIS DISTANTE

A relação entre as unidades SI e CGS será:

$$1 \text{ kgm/s} = 10^5 \text{ gcm/s}$$

### | 3.3.1 MOMENTO LINEAR DE UM SISTEMA DE PARTÍCULAS

O momento linear ou a quantidade de movimento total  $Q_T$  do sistema de partículas é a soma vetorial das quantidades de cada partícula.

$$\dot{Q}_T = \sum \dot{Q} \quad \text{ou}$$

$$\dot{Q}_T = m_1 \dot{\mathbf{r}}_1 + m_2 \dot{\mathbf{r}}_2 + m_3 \dot{\mathbf{r}}_3 + m_4 \dot{\mathbf{r}}_4 + \dots \quad \text{Equação 3.b} \blacktriangleleft$$

Consideremos, por exemplo, um foguete que se encontra em viagem interplanetária, fora de toda atmosfera e de todo campo gravitacional. A velocidade num dado momento deste projétil (foguete) é proporcional à velocidade de ejeção dos gases de combustão.

SPACE LAUNCH SYSTEM NUMA SIMULAÇÃO DE GRANDE VELOCIDADE DO ESPAÇO.

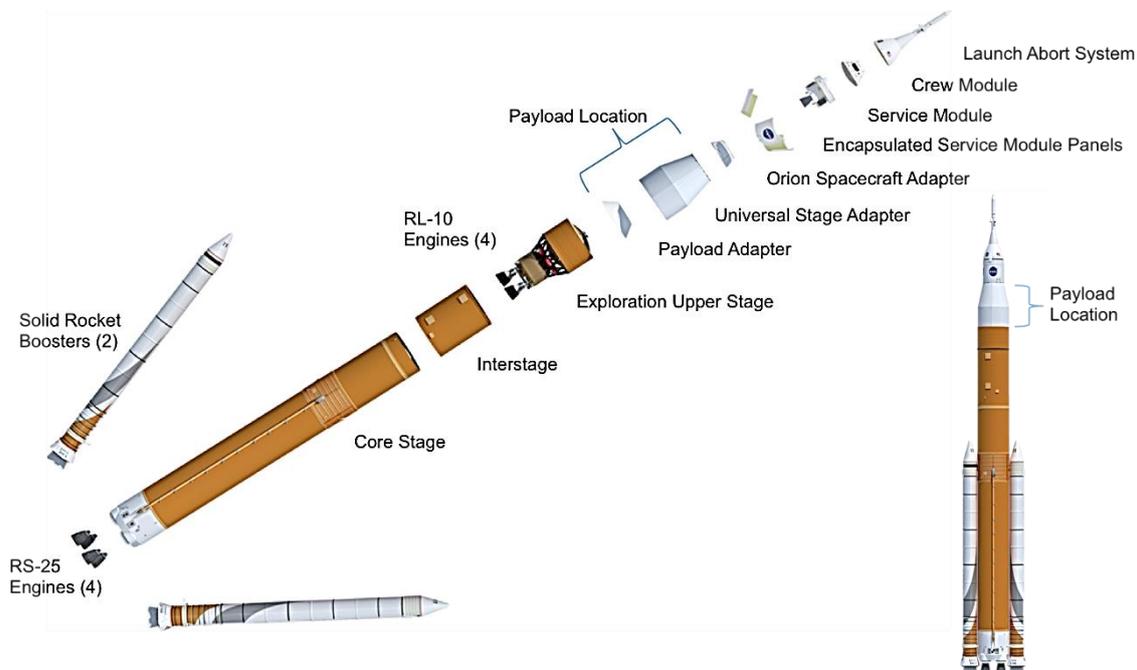


**Figura 3.c** ◀ Space Launch System (SLS) que ainda está em construção.

O Space Launch System (SLS) ainda está em construção e em um futuro próximo poderá levar astronautas até à Lua ou mesmo Marte.

A NASA disponibilizou os estágios da estrutura deste gigantesco foguete, ele poderá ser de grande utilidade, transportará pelo menos 13 pequenos satélites, os chamados cubesats, que irão explorar a vizinhança cósmica da Terra.

## ▶ ETAPAS DA CONSTRUÇÃO DO FOGUETE



**Figura 3.c** ◀ estágios da estrutura do foguete Space Launch System (SLS)

Suponhamos, ainda, que a combustão do (SLS) seja regulada de maneira a produzir uma tração constante (Impulso constante); esta tração, ou impulso, se exercerá sobre uma mesa cada vez menor à medida que a carga propulsora será consumida. Portanto, durante os últimos segundos de propulsão, o crescimento de velocidade será considerável.

### ■ 3.4 IMPULSO DE UMA FORÇA CONSTANTE

O Impulso de uma força  $F$ , que atua na partícula durante o intervalo de tempo  $\Delta t$  é a grandeza vetorial definida como o produto da força  $F$  pelo seu tempo de aplicação  $\Delta t$

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t \quad \text{Equação 3.c} \quad \blacktriangleleft$$

Sendo o Impulso uma grandeza vetorial, temos:

$$\vec{I} \begin{cases} \text{intensidade: } |\vec{I}| = |\vec{F}| \cdot \Delta t \\ \text{direção: mesma de } \vec{F} \\ \text{sentido: mesmo de } \vec{F}, \text{ pois } \Delta t \text{ é um escalar positivo} \end{cases}$$

- No SI é o N.s
- No CGS é o dyn.s
  - No MKS é o kgf.s



PARA VER MAIS DISTANTE

A relação entre as unidades SI e CGS será:

$$1 \text{ N.s} = 10^5 \text{ dyn.s}$$

### | 3.4.1 TEOREMA DO IMPULSO E DO MOMENTO LINEAR

O impulso da força resultante externa (constante ou não) que age sobre uma partícula (foginete) ou sistema de partículas é igual à variação de sua quantidade de movimento.

$$\vec{I}_{F_R} = \vec{Q}_f - \vec{Q}_i \quad \vee \quad \vec{I}_{F_R} = \Delta \vec{Q} \quad \text{Equação 3.d} \blacktriangleleft$$

#### ► PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DO MOMENTO LINEAR

Quando um sistema de partículas se encontra isolado de forças externas, a quantidade de movimento de cada partícula pode variar, mas a quantidade de movimento do sistema permanece constante.

$$\Delta \vec{Q} = 0 \quad \vee \quad \vec{Q}_i = \vec{Q}_f \quad \vee \quad \vec{Q} = cte \quad \text{Equação 3.e} \blacktriangleleft$$



## Você lembra?

#### ► EXPONENCIAIS

Dado um número real  $a > 0$  e  $a \neq 1$ , denomina-se função exponencial de base  $a$  uma função  $f$  de  $\mathbb{R}$  em  $\mathbb{R}_+^*$  definida por  $f(x) = a^x$ .

- (DOMÍNIO E IMAGEM)  $D(f) = \mathbb{R}$ ,  $CD(f) = \mathbb{R}_+^*$  e  $Im(f) = \mathbb{R}_+^*$

- O gráfico não toca o eixo  $x$  e não tem pontos nos quadrantes III e IV.
- Para  $a > 1$  a função é crescente  $b > c \Rightarrow a^b > a^c$
- Para  $0 < a < 1$ , a função exponencial é decrescente  $b > c \Rightarrow a^b < a^c$

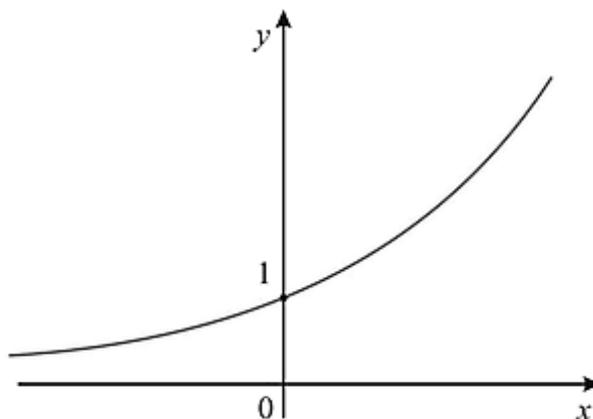
As ideias desenvolvidas no estudo da função exp.  $f(x) = a^x$  podem ser aplicadas em outras funções em que a variável aparece em expoente.

Um número irracional importantíssimo para a análise matemática é indicado pela letra  $e$

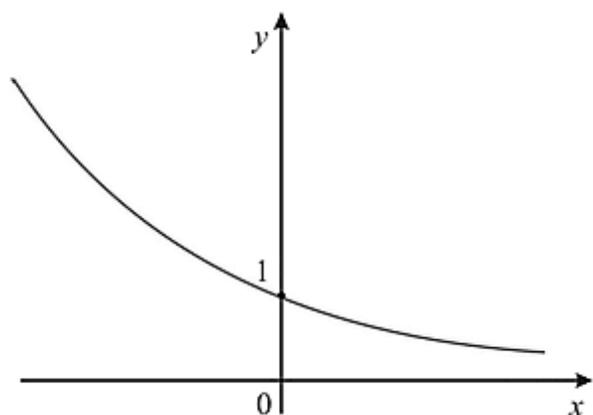
definida pela relação  $e = \lim_{x \rightarrow 0} (1+x)^{\frac{1}{x}}$  onde  $x \in \mathbb{R}$ , onde  $e = 2,7182818284 \dots$

Se  $1 + \frac{1}{n}$  é sempre maior que 1, então, a função  $f(x) = e^x$  é crescente.

### ► GRÁFICOS



$f$  é uma função crescente, pois  $a > 1$



$f$  é uma função decrescente, pois  $a < 1$

### ► EQUAÇÕES EXPONENCIAIS

São aquelas em que a incógnita aparece nos expoentes.

Pelo fato de a função exponencial  $f(x) = a^x$  ser injetora, podemos concluir que potências iguais e de mesma base têm os expoentes iguais.

$$a^b = a^c \Rightarrow b = c \quad (0 < a \neq 1)$$

## ► LOGARITMOS

Sendo  $a$  e  $b$  números reais e positivos, com  $a \neq 1$ , chama-se logaritmo de  $b$  na base  $a$  o expoente que deve dar à base  $a$  de modo que a potência obtida seja igual a  $b$ .

Se  $a, b \in R$ ,  $(0 < a \neq 1)$  e  $b > 0$ , então:

$$\log_a b = x \Leftrightarrow a^x = b$$

- $a$  (base do logaritmo)
- $b$  (logaritmando)
- $x$  (logaritmo)

### CONSEQUÊNCIAS DA DEFINIÇÃO

$$\log_a 1 = 0 \quad \log_a a = 1 \quad a^{\log_a b} = b$$

$$\log_a b = \log_a c \Leftrightarrow b = c$$

### PROPRIEDADES DOS LOGARITMOS

Logaritmo do produto: Se  $(0 < a \neq 1)$ ,  $b > 0$  e  $c > 0$ , então  $\log_a (b \cdot c) = \log_a b + \log_a c$

Logaritmo do quociente: Se  $(0 < a \neq 1)$ ,  $b > 0$  e  $c > 0$ , então  $\log_a \left(\frac{b}{c}\right) = \log_a b - \log_a c$

Logaritmo da potência: Se  $(0 < a \neq 1)$ ,  $b > 0$  e  $\alpha \in R$ , então  $\log_a b^\alpha = \alpha \cdot \log_a b$

### OUTRAS RELAÇÕES

$$\log_{a^y} b = \frac{1}{y} \cdot \log_a b$$

$$\log_{\frac{1}{a}} b = -\log_a b$$

$$\log_{\sqrt[n]{a}} b = n \cdot \log_a b$$

### MUDANÇA DE BASE

$$\log_a b = \log_c b \cdot \log_a c \qquad \log_a b = \frac{\log_c b}{\log_c a}$$

$$\log_a b = \frac{1}{\log_b a} \quad (0 < b \neq 1 \text{ e } 0 < a \neq 1)$$

## FUNÇÃO LOGARÍTMICA

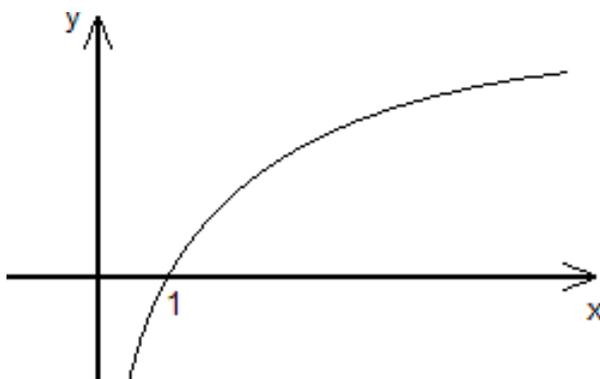
A função **g** que associa a cada número real  $x > 0$  o número real  $\log_a x$ , com  $a > 0$  e  $a \neq 0$ , é chamada de função logarítmica de base **a**, e é indicada por  $g(x) = \log_a x$ , em que

$$D(g) = \mathbb{R}_+^*, \text{ Im}(g) = \mathbb{R} \text{ e } g^{-1}(x) = a^x.$$

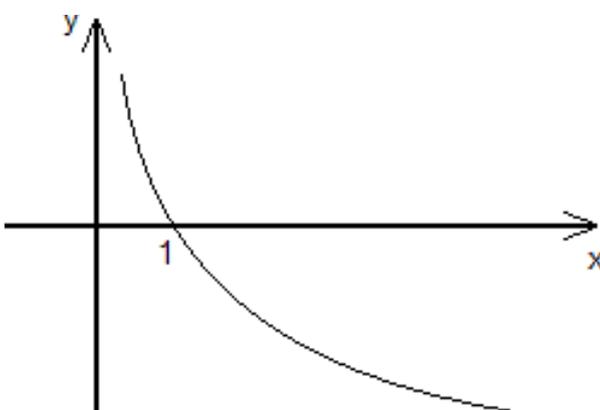
O gráfico da função logarítmica passa sempre pelo ponto (1, 0).

O gráfico nunca toca o eixo y e não ocupa pontos dos quadrantes II e III.

### ► GRÁFICOS



Crescente, pois a base b é  $b > 1$ .



Decrescente, pois a base b é  $0 < b < 1$ .

## EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS

Podemos classificar as equações logarítmicas em três tipos:

1.  $\log_a f(x) = \log_a g(x) \Rightarrow f(x) = g(x) > 0$ , se  $(0 < a \neq 1)$ .
2.  $\log_a f(x) = \alpha \Rightarrow f(x) = a^\alpha$ , se  $(0 < a \neq 1)$  e  $\alpha \in \mathbb{R}$ .

## LOGARITMOS DE NEPER

Neper foi o matemático que criou os logaritmos para facilitar os cálculos nos tempos antigos. Viveu de 1550 a 1617. A sua teoria, porém, é mais complexa, e Briggs a simplificou, usando a base 10. Os logaritmos neperianos ou logaritmos naturais são os que têm como base o número irracional  $e$ , cujo valor aproximado é:

$$2,71828182845916\dots$$

O logaritmo de um número  $b > 0$ , na base  $e$ , pode evidentemente ser representado por:

$$\log_e b = \ln b = Lb$$


---

## 3.5 A PROPORÇÃO DE MASSA

### ➤ Como se dá a proporção de massa?

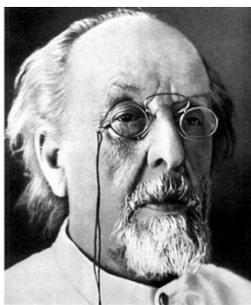
Observemos que este corpo tenha a capacidade de fragmentar-se à medida que sobe em direção à alta atmosfera. Constatemos que depois do primeiro fracionamento, a massa restante será igual a  $3/4$  da massa inicial, ou seja  $m_1 = \frac{3}{4}m$ ; depois do segundo fracionamento a  $3/4$  dos  $3/4$ , isto é  $m_2 = \frac{9}{16}m$ ; depois o terceiro fracionamento  $3/4$  dos  $9/16$ , isto é,  $m_3 = \frac{27}{64}m$ ; depois do quarto fracionamento  $3/4$  de  $27/64$ , isto é,  $81/256$  de massa inicial  $m_4 = \frac{81}{256}m$ , e assim por diante.

► Tsiolkovski escreveu: “Para imprimir ao projétil a máxima velocidade é necessário que cada partícula dos produtos da combustão ou de outra ejeção receba a máxima velocidade relativa, que é constante para determinadas substâncias de ejeção. Neste caso não há economia de energia, que é impossível e desvantajoso. Em outras palavras, é preciso adotar como base da teoria do foguete a velocidade relativa constante das partículas de ejeção”.

Tsiolkovski investigou, minuciosamente, a equação do movimento dos foguetes com velocidade constante das partículas de ejeção e obteve um resultado matemático de grande importância, conhecido, hoje, com o nome de fórmula de Tsiolkovski.

$$V = 2,3.V_r \log \frac{M_0}{M} \quad \text{Fórmula 3.f} \blacktriangleleft$$

- $V$  (velocidade do foguete no momento em que a sua massa é igual a  $M$ )
- $V_r$  (velocidade constante das partículas expelidas pelo tubo de descarga do motor)
- $M_0$  (massa do foguete no momento da partida quando sua velocidade inicial é igual a zero).



Foi um cientista russo pioneiro no estudo dos foguetes e da cosmonáutica.

Konstantin Tsiolkovsky (1857 – 1935)

O setor percorrido pelo foguete com o motor em funcionamento é denominado setor ativo de voo, no final do qual o foguete adquirirá sua velocidade máxima. Se a massa do foguete quando consome todo o combustível é igual a  $M_S$  e sua velocidade máxima é  $V_{máx}$ , então, da fórmula de Tsiolkovski, deduz-se que:

$$V_{máx} = 2,3.V_r \log \frac{M}{M_S} \quad \text{Fórmula 3.g} \blacktriangleleft$$

Mantendo este raciocínio, os foguetes são lançados aplicando sucessivamente a conservação da quantidade de movimento e em estudos mais avançados chamaremos de conservação da quantidade de movimento para massa variável.

## ■ ATIVIDADES

[Atividade 3.1] Suponhamos que a proporção da massa inicial do foguete em relação à massa no final da combustão seja 10 e que a velocidade relativa das partículas expelidas equivale a 3000 m/s. Nesse caso, quanto será a velocidade máxima do foguete?

[Atividade 3.2] Quando se duplica a velocidade relativa de ejeção, duplicar-se-á também a velocidade do foguete? Justifique sua resposta usando o estudo das funções logarítmicas.

### | 3.5.1 DA FÓRMULA DE TSIOLKOVSKI PARA A VELOCIDADE MÁXIMA, PODE-SE EXTRAIR

#### CONCLUSÕES IMPORTANTES

- ▶ Em primeiro lugar, a velocidade do movimento do foguete quando termina o funcionamento do motor (no final do setor ativo) será tanto maior quanto maior for a velocidade relativa das partículas expelidas.
- ▶ Em segundo lugar, a velocidade do foguete quando termina o setor ativo, cresce quando se aumenta a proporção de seu peso inicial em relação a seu peso final da combustão. Mas, neste caso, a dependência é mais complexa. Tsiolkovski expos o caso no seguinte teorema: Enquanto a relação da massa do foguete e da massa das matérias explosivas contidas no aparelho aumentam em progressão geométrica, a velocidade do foguete aumenta em progressão aritmética. Esta lei pode ser expressa com as séries relacionadas na tabela abaixo.

Massa relativa = $M_s/M_0$	2	$4 = 2^2$	$8 = 2^3$	$16 = 2^4$	$32 = 2^5$	$64 = 2^6$
Velocidade do foguete = $V_{\text{máx.}}$	1	2	3	4	5	6

**Tabela 3.1** (Relação de massa em PG e velocidades em PA)

"Suponhamos, escreve ainda Tsiolkovski, que a massa do foguete e das substâncias explosivas seja de 8 unidades. Gasto 4 unidades de substância explosiva e obtenho uma velocidade que expressaremos em 1 unidade. Depois gasto 2 unidades de material explosivo e obtenho outra unidade de velocidade; finalmente gasto a última unidade de massa de substâncias explosivas e obtenho outra unidade de velocidade no total de 3". O teorema e os esclarecimentos de Tsiolkovski mostram que a velocidade do foguete não é proporcional à massa de matérias explosivas, que cresce muito lentamente, porém, de maneira infinita.



#### PARA VER MAIS DISTANTE

Da sua fórmula extrai-se um resultado prático de grande importância: para que o foguete alcance as máximas velocidades possíveis ao deixar de funcionar o motor é mais conveniente aumentar as velocidades relativas das partículas expelidas do que aumentar a reserva relativa de combustíveis.

**Exemplo:** Para duplicar a velocidade no final do setor ativo de um foguete moderno, no qual a proporção do peso inicial em relação ao peso do foguete vazio (sem combustível) fosse de 3, aproximadamente, e a velocidade relativa de emissão de gases igual a 2 km/s, seria preciso seguir dois caminhos: duplicar a velocidade relativa de ejeção das partículas através do tubo de descarga, isto é, fazê-la chegar a 4 km/s ou aumentar a reserva relativa de combustível na medida em que a proporção do peso inicial em relação ao peso do foguete vazio seja de 32 para 9. De acordo com cálculos aproximados, pode-se considerar que a distância percorrida pelo foguete aumenta proporcionalmente ao quadrado da velocidade, portanto, quando se duplica a velocidade final do setor ativo, a distância de voo quadruplica.



#### PARA VER MAIS DISTANTE

O crescimento das velocidades relativas da ejeção de partículas requer a princípio o aperfeiçoamento do motor do foguete e uma escolha acertada dos componentes dos combustíveis a serem empregados.

Como vimos acima na tabela 3.1, temos como resultado da queima de combustíveis, uma relação de massa seguindo uma progressão geométrica e o ganho de velocidade seguindo uma progressão aritmética. Vamos rever um pouco das progressões.



## Você lembra?

### ► PROGRESSÕES

#### PROGRESSÃO ARITMÉTICA

É a sequência em que a diferença entre cada termo e o precedente é constante.

RELAÇÃO DE RECORRÊNCIA  $a_n = a_{n-1} + r \quad n > 1$

FÓRMULA DO TERMO GERAL  $a_n = a_1 + (n-1).r$

- $a_n$  (n-ésimo termo da progressão)
- $a_1$  (1º termo da progressão)
- $n$  (número de termos da progressão)
- $r$  (razão da progressão)

#### CLASSIFICAÇÃO

Se  $r = 0$  (estacionária ou cte)       $r > 0$  (crescente)       $r < 0$  (decrésciente)

#### OBSERVAÇÕES IMPORTANTES

Dado  $(x, y, z)$  termos em PA então:  $y = \frac{x+z}{2}$ , ou seja, o termo do meio é média aritmética dos extremos.

#### SOMA DOS TERMOS DE UMA PA

Se  $S_n = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + \dots + a_n$  então  $S_n = \frac{(a_1 + a_n).n}{2}$  ou  $S_n = \frac{[2a_1 + (n-1).r].n}{2}$ .

#### PROGRESSÃO GEOMÉTRICA

É a sequência em que o quociente da divisão de cada termo e o precedente é uma constante, denominada razão.

RELAÇÃO DE RECORRÊNCIA  $a_n = a_{n-1} \cdot q \quad n > 1$

FÓRMULA DO TERMO GERAL  $a_n = a_1 \cdot q^{n-1}$

- $a_n$  (n-ésimo termo da progressão)
- $a_1$  (1º termo da progressão)
- $n$  (número de termos da progressão)
- $q$  (razão da progressão)

### CLASSIFICAÇÃO

$q = 1$  (estacionária ou cte)     $q > 1$  (crescente)     $q < 1$  (decrecente)

$-1 < q < 1$  (ilimitada)

### OBSERVAÇÕES IMPORTANTES

Dado  $(x, y, z)$  termos em PG então:  $y^2 = x \cdot z$ , ou seja, o termo do meio é média geométrica dos extremos.

### SOMA E PRODUTO DOS TERMOS DE UMA PG

Se  $S_n = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + \dots + a_n$  então  $S_n = \frac{a_n \cdot q - a_1}{q - 1} \quad q \neq 1$  ou

$$S_n = \frac{a_1 \cdot (q^n - 1)}{q - 1} \quad q \neq 1 \text{ ou } S_n = S_\infty = \frac{a_1}{1 - q} \quad -1 < q < 1.$$

Se  $P_n = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot a_4 \cdot \dots \cdot a_n$  então  $P_n = a_1^n \cdot q^{\frac{n(n-1)}{2}}$  ou  $|P_n| = \sqrt{(a_1 \cdot a_n)^n}$ .

## ATIVIDADES

[Atividade 3.3] **Você sendo o construtor das teorias físicas!** Analisando o exemplo do texto acima, monte tabelas, construa gráficos, analise relações construídas por você que ajudem a entender o funcionamento do foguete. Você foi capaz de escrever as fórmulas que regem a problemática do texto? Justifique.

[Atividade 3.4] Na maximização da velocidade de um foguete, temos como uma das soluções, a que prevê o aumento da reserva relativa de combustível, requer que a construção do corpo do foguete se torne mais leve e uma diminuição de carga útil. Utilizando a sua fórmula, Tsiolkovski mostrou que com uma velocidade de ejeção das partículas de cerca de 5000 m/s, as velocidades máximas do foguete serão suficientes para efetuar viagens interplanetárias. Mostre que, de fato, se a proporção do peso inicial com relação ao peso do foguete no final da combustão é 10, com  $V_r = 5 \text{ km/s}$ , obteremos uma  $V_{\text{máx}}$  de 11,5 km/s.

[Atividade 3.5] Faça uma pesquisa sobre viagem interplanetária, de forma a justificar os cálculos desenvolvidos na atividade que afirma: *ao se duplicar a velocidade relativa de ejeção, duplicar-se-á também a velocidade do foguete.*

### ■ 3.6 A AÇÃO DA GRAVIDADE ATUANDO SOBRE O FOGUETE (GRAVITAÇÃO)

- **O que acontecerá com um foguete em relação à gravitação à medida que se afasta da Terra?**

O primeiro cientista a se interessar por este problema foi Tsiolkovski. Ele considerava a força da atração da Terra como uma corrente que liga o homem ao nosso planeta. A zona onde se observa a gravitação é denominada por ele de couraça de gravitação. Os cálculos de Tsiolkovski permitem determinar as reservas de combustíveis necessárias para atingir a couraça de gravitação.

- **Como ocorre a mudança da força (gravidade) que a Terra exerce sobre o foguete (corpo analisado em questão)?**

Ele observou, em primeiro lugar, que a força desta decresce à medida que o foguete se eleva. Se, por exemplo, o peso de um homem na superfície da Terra é de 80 kg, a

uma altura igual ao raio da Terra é unicamente de 20 kg e a uma altura de quatro raios terrestres é de 3,2 kg. Em síntese, a velocidade de fuga decresce em função da altitude.

## ■ ATIVIDADES

[Atividade 3.6] Neste contexto referente ao afastamento do corpo, em relação a superfície da Terra, surge esta pergunta: qual o esforço necessário que o homem deve fazer para vencer completamente a couraça de gravitação? Para responder ao questionamento use como base o relato feito por Tsiolkovski, visto abaixo, incluindo os cálculos estudados no capítulo 2.

► **RELATO:** Tsiolkovski fez a seguinte sugestão: “suponhamos que a força de gravitação não diminua quando o corpo se afaste do planeta. Suponhamos que o corpo se elevou a uma altura igual ao raio do planeta; então, realizará um esforço equivalente ao necessário para vencer completamente a força de gravitação deste último”. Para que o corpo de um foguete possa superar a gravitação da Terra será preciso um esforço de 400 milhões de quilogramas.

## ■ 3.7 FORÇA DE RESISTÊNCIA DO AR

O movimento vertical de um foguete, em um campo gravitacional, provoca a necessidade de escolher um motor com regime de funcionamento muito intenso, porém lento. Por outro lado, com uma combustão lenta do combustível existe o perigo de que o foguete nem sequer possa levantar voo, devido a atração terrestre. Tsiolkovski efetuou muitas investigações sobre a resistência do ar.

### | 3.7.1 RESISTÊNCIA DO AR

Quando um corpo se movimenta através de um fluido (um gás, um líquido ou um vapor) surge uma força dissipativa que se opõe a esse movimento. Em um caso particular (o ar), essa força é chamada de força de resistência do ar.

$$F_{ar} = kv^2$$

**Equação 3.h** ◀

- k (constante que depende da forma do corpo e de sua área de secção transversal)
- v (velocidade do corpo)



#### PARA VER MAIS DISTANTE

Tsiolkovski foi o primeiro a determinar as reservas de combustíveis necessárias para um foguete vencer a camada da atmosfera terrestre. Como a resistência do ar dificulta o aumento da velocidade do foguete, Tsiolkovski denominou a zona onde age a resistência do ar de couraça atmosfera. A couraça de gravitação e da atmosfera retém o foguete nas proximidades da Terra. Se fosse possível vencê-la, o foguete se tornaria um veículo interplanetário.

### 3.8 VELOCIDADE DE ESCAPE e VELOCIDADE DE EJEÇÃO

Quando um foguete está distante da atmosfera e do campo gravitacional pode-se estabelecer a seguinte condição: para uma massa ejetada, a força propulsora é ainda proporcional à velocidade de ejeção. Para uma mesma força propulsora, o consumo varia em sentido inverso da velocidade de ejeção.

Relação de velocidade do foguete com a dos gases ejetados	Relação de massa
1	2,72
2	7,4
3	20,1
4	54,6
5	148,4
6	403
10	22 026
20	49 200 000

**Tabela 3.2** (Relação de massa em PG e velocidades em PA, obtido por Tsiolkovski)

► **NOTA TÉCNICA:** esta velocidade de ejeção depende unicamente da energia contida por quilograma de reagentes (combustíveis e comburentes). Com o oxigênio líquido e o éter, por exemplo, Esnault – Pelterie obteve 2 400 m/s em seu banco de ensaio. Pode-se também obter de 4 000 a 5 000 m/s combinando-se o oxigênio com o hidrogênio líquido.

### | 3.8.1 PARA COMPREENDER MELHOR PODEMOS, RESUMIR ALGUNS TÓPICOS MAIS IMPORTANTES

- As massas ejetadas devem ser as menores possíveis;
- A velocidade de ejeção deve ser a mais elevada possível.

Estes dois fatores concorrem para criar a relação de massa conveniente, permitindo obter uma determinada velocidade final. Isto equivale a dizer que um pequeno foguete, carregado com algumas gramas somente, seria suscetível de adquirir a mesma velocidade de um foguete gigante contendo milhares de toneladas de combustíveis, com a condição essencial, de que a sua massa final seja proporcional à sua massa inicial.

## ■ ATIVIDADES

[Atividade 3.7] **Lançando foguetes com água!** Monte seu próprio foguete, descrevendo as etapas de construção e listando os materiais envolvidos.

[Atividade 3.8] **Lançando foguetes a base de vinagre!** Monte seu próprio foguete, descrevendo as etapas de construção e listando os materiais envolvidos



### PARA VER MAIS DISTANTE

Mesmo a energia atômica aplicada aos foguetes será incapaz de propelir este veículo se não se realizar a relação de massa. Seja o combustível contínuo ou intermitente, ou a ejeção dos gases feita em alguns segundos ou em milhares de anos, isto não tem praticamente nenhuma importância sobre a velocidade final do foguete. Somente é digna de atenção a relação entre a massa do foguete antes da partida e do final da combustão da matéria propulsiva.

## REFERÊNCIAS

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza e SARAIVA, maria de Fátima Oliveira. **Astronomia e Astrofísica**. São Paulo: Livraria da Física, 2013.

MORAIS, Antônio Manuel Alves. **Gravitação e Cosmologia: uma introdução**. São Paulo: Livraria da Física, 2009.

DOCA, Ricardo Helou / Biscuola, Gualter José / Bôas, Newton Villas. **Tópicos da Física 1 – Mecânica**. São Paulo: Saraiva, 2007.

CANIATO, Rodolpho. **O Céu**. São Paulo: Ática, 1993.

CARL SAGAN, JONATHAN NORTON LEONARD, traduzido por Redatores de LIFE. **Os Planetas**. Biblioteca Científica. Rio de Janeiro: Livraria José Olímpio, 1968.

ARMIN J. DEUTSCH, traduzido por Alberto Denis. **O Sol**. Scientific American. São Paulo: IBRASA, 1959.

R. ARGENTIÈRE. **A Astronáutica**. Coleção "Ciência e Divulgação". São Paulo: Pincar, Linográfica, 1957.

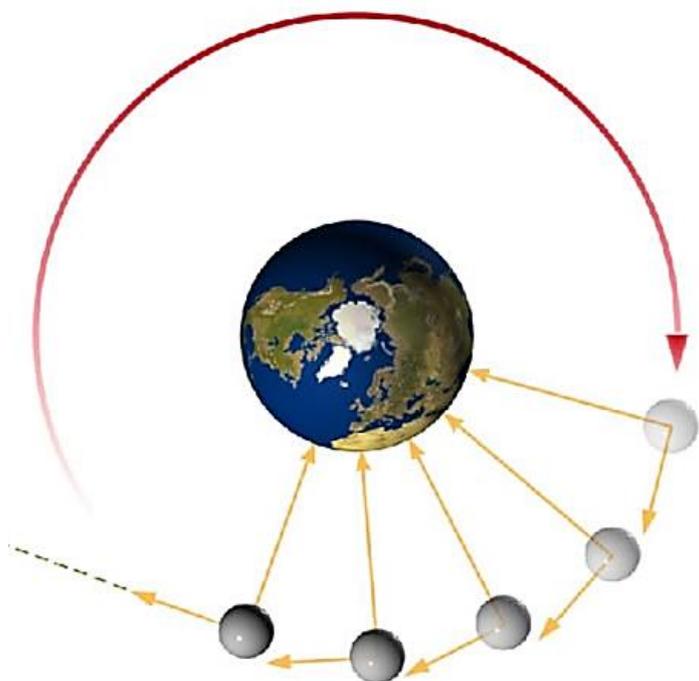
Disponível em <http://www.ufjf.br/engenhariacivil/>

<https://petcivilufjf.files.wordpress.com/2012/08/histc3b3ria-dos-foguetes1.jpg>

Disponível em <http://www.aeb.gov.br/lancamento-de-nanossatelite-brasileiro-obteve-sucesso/>

Disponível em: <http://www.inpe.br/acessoinformacao/node/422>

Disponível em [https://www.nasa.gov/feature/nasa-seeks-payload-concepts-for-second-sls-test-flight\\_07](https://www.nasa.gov/feature/nasa-seeks-payload-concepts-for-second-sls-test-flight_07)  
Fev 2017.



# MOVIMENTO VERTICAL E A FORÇA GRAVITACIONAL

ESTUDO DOS MOVIMENTOS VERTICAIS E FORÇAS  
APLICADAS NESTES MOVIMENTOS

Neste capítulo trataremos dos movimentos balísticos, justificando a origem dos lançamentos e a física envolvida nos mesmos. Analisaremos também as forças envolvidas nesta situação sem se preocupar com a ordem cronológica dos fenômenos relacionados. A astronomia trabalhada tem o objetivo de estimular o leitor na investigação dos temas abordados.

## 4 O Movimento Vertical e a Força Gravitacional

### TUDO QUE VAI, VOLTA!

Quando lançamos foguetes para o espaço, achamos inicialmente que este se encontra perfeitamente na vertical e sendo assim, poderiam voltar à Terra. O principal obstáculo que se opõe à partida de um foguete para fora da Terra é a atração terrestre. Todos os corpos existentes na Terra sofrem este efeito, sejam eles líquidos, gasosos ou sólidos.

- **Será que isto é verdade?**
- **Como são lançados os foguetes?**

A agência espacial americana, NASA, lançou em 2013 o foguete privado Antares de sua base voltada para voos comerciais, instalada na Virgínia. A operação faz parte dos testes para lançamento de foguetes privados que levarão suprimentos e astronautas para a Estação Espacial Internacional (ISS, na sigla em inglês).



**Figura 4.a** ◀ Lançamento do Foguete Privado Antares (Foto: Steve Helber/AP)

Esta espaçonave, após ser lançada em direção ao espaço, não retornou? Seria uma catástrofe se isso acontecesse. Os foguetes não retornariam e os tripulantes nunca mais veriam seu planeta de origem.

### ➤ Vamos Estudar os Lançamentos?

De fato! Tudo que é lançado perfeitamente na vertical deve retornar ao ponto de lançamento. Isto é o que acontece quando malabaristas lançam bolas na vertical: as bolas retornam para sua mão. Abaixo temos a Experiência da bala de canhão realizada pelo padre Mersenne, contemporâneo e amigo de Galileu, no século XVII.

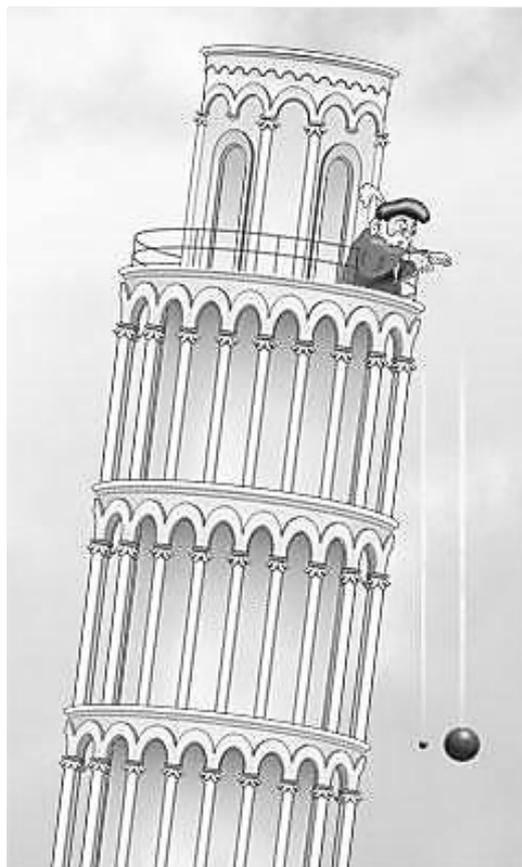


**Figura 4.b** ◀ Gravura em madeira, extraída da correspondência de René Descartes.

Uma experiência realizada no Século XVII o intendente de fortificações Petit e o padre Mersenne, amigo de Descartes, fizeram uma experiência que depois tornou-se célebre: dispararam um canhão em direção vertical para verificar onde a bala caía. A bala desapareceu e os experimentadores acreditaram que ela permaneceu no ar. Hoje, sabemos que isto não é verdade. Petit e Mersenne não conseguiram observar a queda da bala porque o canhão não estava disposto em direção perfeitamente vertical. E isto foi a sua sorte, porque a bala teria retornado a seus pés.

## 4.1 A EXPERIÊNCIA DE GALILEU

As experiências de Galileu têm importância histórica muito grande. Durante séculos, os físicos, baseados em Aristóteles, acreditavam que cada corpo tinha uma maneira própria de cair.



**Figura 4.c** ◀ Gravura da suposta experiência de Galileu

A primeira prova científica deste movimento de queda foi feita por Galileu, em 1604. Galileu, do alto da torre inclinada de Pisa, supostamente, lançou esferas metálicas de diversos metais e uma esfera de marfim. Observou que as esferas metálicas chegaram ao solo quase ao mesmo tempo, enquanto que a esfera de marfim, pouco depois. Esta mesma experiência pode ser feita no ar com a condição prévia de se escolher um corpo de peso específico elevado, oferecendo um peso notável e uma pequena superfície de resistência à ação do ar.



**PARA VER MAIS DISTANTE**

### **Newton interpretando a resistência do ar**

Segundo Newton, ao soltarmos corpos no ar, teríamos certa interferência no movimento (interferência denominada de resistência do ar). Por exemplo, ao abandonarmos uma esfera de o chumbo e uma pena de galinha, não chegariam no solo ao mesmo tempo. Newton comprovou, porém, que os corpos caem depressa dentro de um tubo do qual retirou o ar.

- Todos estes estudos conduziram à formulação da primeira lei da queda dos corpos.

#### | 4.1.1 PRIMEIRA LEI DA QUEDA DOS CORPOS

Em um mesmo lugar os corpos caem com igual velocidade no vácuo, independentemente de sua massa.

#### VAMOS EXPERIMENTAR!

Levemos um objeto ao ponto mais alto de um edifício e deixemos este cair. Repitamos a experiência de alturas variadas. Com um cronômetro verifiquemos o tempo que o corpo demorou para atingir o solo. Obteremos os seguintes resultados:

Em 1 segundo o objeto percorre aproximadamente	$5 \text{ m} = 5 \times 1 \text{ m}$
Em 2 segundos o objeto percorre aproximadamente	$20 \text{ m} = 5 \times 2^2 \text{ m}$
Em 3 segundos o objeto percorre aproximadamente	$45 \text{ m} = 5 \times 3^2 \text{ m}$
Em 4 segundos o objeto percorre aproximadamente	$80 \text{ m} = 5 \times 4^2 \text{ m}$

**Tabela 1** (registro das distâncias percorridas a cada segundo na experiência)

Portanto, os espaços percorridos são proporcionais aos quadrados dos tempos que demoram para serem percorridos, propriedade esta característica do movimento uniformemente acelerado.

#### | 4.1.2 SEGUNDA LEI DA QUEDA DOS CORPOS

Pode ser enunciada da seguinte forma: o movimento de um corpo em queda livre sob a ação de seu peso e com influência do ar mínima ou nula é um movimento uniformemente acelerado.

Designa-se por  $g$  a aceleração do movimento de queda livre de um corpo. Este número, de acordo com a primeira lei da queda dos corpos é para um mesmo lugar, idêntico para todos os corpos.

- Fixemos, um pouco, a nossa atenção para as equações de movimento, que neste caso são as seguintes:

Para o cálculo das distâncias percorridas.

$$\Delta h = \frac{1}{2} g t^2 \quad \text{Equação 4.a} \blacktriangleleft$$

Para o cálculo das velocidades atingidas.

$$V = g t \quad \text{Equação 4.b} \blacktriangleleft$$

NOTA: Estas relações podem ser encontradas ao analisarmos as equações dos movimentos uniformemente variados.

## ■ ATIVIDADES

[Atividade 4.1] Usando a **fórmula 4.a** e substituindo em **t** os tempos de 1s, 2s e 3s, verifique se os resultados obtidos por você estão de acordo com a **tabela 1** acima representada.

[Atividade 4.2] Usando a **fórmula 4.b** e substituindo em **t** os tempos de 1s, 2s e 3s, encontre as velocidades finais atingidas pelo corpo abandonado.

[Atividade 4.3] **É hora de ser um Cientista!** Construa o gráfico da velocidade em função do tempo para a atividade 2, analisando as áreas para cada intervalo de tempo e descubra uma outra proporção matemática conhecida como *Proporções de GALILEU*.

NOTA: estes resultados são aproximados. Na realidade, a aceleração **g** (adotada como padrão) é igual a  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

Agora que compreendemos um pouco o movimento acelerado e vertical dos corpos, podemos generalizar nosso movimento e conseqüentemente nossas equações. Destacaremos um resumo do que aprendemos e incluiremos as características dos movimentos de Queda Livre e Lançamento Vertical.

## 4.2 QUEDA LIVRE e LANÇAMENTO VERTICAL

Queda Livre é o movimento de corpos livres da resistência do ar e sujeitos apenas à ação da gravidade.

Corpo em queda livre implica no MUV uma aceleração constante onde  $a = g$ .

A aceleração da gravidade  $g$  aponta sempre verticalmente para baixo.

Para pontos próximos à superfície da Terra  $g \cong 9,80665 \frac{m}{s^2}$  mas, para efeitos de cálculo

tomaremos  $g \cong 10 \frac{m}{s^2}$ .

### | 4.2.1 ORIENTAÇÃO DA TRAJETÓRIA

Para descrevermos os movimentos, podemos escolher referenciais que geram nas grandezas envolvidas uma mudança no sinal de orientação, como mostramos abaixo.

$$\text{Corpo subindo} \begin{cases} v > 0 \\ g < 0 \\ \Delta h > 0 \end{cases} \quad \text{Corpo descendo} \begin{cases} v < 0 \\ g < 0 \\ \Delta h < 0 \end{cases}$$

- Ao passar por um ponto qualquer da sua trajetória, as velocidades do corpo, na subida e na descida, têm o mesmo módulo.
- O intervalo de tempo gasto pelo móvel para ir, na subida de um ponto P (qualquer) a outro ponto Q (qualquer) da sua trajetória, é o mesmo que ele gasta, na descida, para ir de Q até P.

### | 4.2.2 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DO LANÇAMENTO VERTICAL PARA CIMA

Listaremos 5 características do movimento.

$$1) h_{m\acute{a}x} \rightarrow \begin{cases} v = 0 \\ g < 0 \end{cases} \quad 2) t_{subida} = t_{descida} \quad 3) v_{subindo} = -v_{descendo}$$

$$4) t_{subida} = \frac{v_0}{g} \qquad 5) h_{max} = h_0 + \frac{v_0^2}{2g}$$

### ► EQUAÇÕES

Equação da velocidade

$$v = v_0 - g.t \qquad \text{Equação 4.c} \blacktriangleleft$$

Equação da posição

$$h = h_0 + v_0.t - \frac{g.t^2}{2} \qquad \text{Equação 4.d} \blacktriangleleft$$

Equação do deslocamento escalar com aceleração

$$\Delta h = v_0.t - \frac{g.t^2}{2} \qquad \text{Equação 4.e} \blacktriangleleft$$

Equação de Torricelli

$$v^2 = v_0^2 - 2g\Delta h \qquad \text{Equação 4.f} \blacktriangleleft$$

#### ➤ **Por que a terra atrai estes corpos?**

Os corpos com densidades maiores que o ar, são atraídos e se deslocam para o centro de massa da Terra. Os corpos de densidades menores que o ar se afastam do centro da Terra, mesmo recebendo a força de atração da gravidade. Vamos analisar agora com mais detalhes este tipo de força.

## ■ 4.2 FORÇA GRAVITACIONAL

Estudamos algumas características relacionadas ao movimento de subida e descida dos corpos. Surgem as perguntas:

- **Por que os corpos caem?**
- **Por que alguns sobem?**
- **Por que estamos “presos” à Terra?**

A resposta foi dada por Newton tomando como base o movimento dos planetas, e a conhecida hipótese de atração ou de **Gravitação Universal**. Newton enunciou-a da seguinte forma: "Considerando-se dois pontos materiais, situados a certa distância um do outro, tudo se passa como se eles se atraíssem com uma força dirigida segundo a reta

que os liga, proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado de sua distância".

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \quad \text{Equação 4.g} \blacktriangleleft$$

- $G$  (constante cuja significação é fácil de ser encontrada)
- $m_1$  e  $m_2$  (massas dos dois pontos materiais)
- $d$  (distância entre os pontos)
- $F$  (força de atração).

## ■ ATIVIDADES

[Atividade 4.4] Suponhamos que podemos medir as massas de  $m_1 = 1\text{g}$  e  $m_2 = 1\text{g}$  e que podemos colocá-las a uma distância de 1 centímetro, uma da outra. A força, em dyn e em N, será de?

NOTA: Expresse sua resposta em função de  $G$ . Lembrar que  $1\text{N} = 10^5\text{dyn}$ .



### PARA VER MAIS DISTANTE

A resposta desta atividade nos mostra que o número  $G$  mede a força de atração de duas massas de uma grama situadas em um centímetro uma da outra.

Vamos agora incluir um terceiro e gigantesco corpo (planeta Terra) para analisarmos as forças envolvidas.

### | 4.2.1 HIPÓTESE DE NEWTON

Deduz – se desta hipótese que uma esfera deve atrair os pontos exteriores como se toda a sua massa estivesse concentrada no centro. A Terra, de massa  $M$ , deve exercer sobre um corpo qualquer, de massa  $m$ , situado nas proximidades de sua superfície, uma força de atração proporcional a massa do corpo, dirigida para o centro da Terra e inversamente proporcional ao quadrado da distância do corpo ao centro da Terra.

$$P = G \frac{m.M}{d^2} \quad \text{Equação 4.h} \blacktriangleleft$$

Já observamos que o peso do corpo é uma força proporcional à massa e dirigida sensivelmente para o centro da Terra. Entretanto, as verticais não passam exatamente no centro da Terra, devido a existência da força centrífuga e também porque a Terra, não é exatamente esférica.

#### | 4.2.2 FORÇA CENTRÍFUGA

É uma pseudoforça ou força não inercial, não sendo, portanto, definida como uma força. Percebida apenas em movimento de rotação em relação a um referencial inercial, por observadores em referenciais não-inerciais.

#### | 4.2.3 UMA PROPORÇÃO MATEMÁTICA NAS ALTURAS

Quando a altitude aumenta, a distância do corpo ao centro da Terra vai aumentando e a força de atração vai diminuindo.

► Von Jolly demonstrou, numa experiência muito engenhosa, as variações de  $g$  em função da altitude. A lei de Newton para a Gravitação Universal permite calcular a ordem de grandeza dessas variações.

Johann Philipp Gustav Von Jolly foi um físico e matemático alemão. Após seus estudos, ele foi nomeado professor de matemática em Heidelberg, em 1839 e de física em 1846. Se mudou para Munique, em 1854, onde ele assumiu a cadeira uma vez ocupada por Georg Simon Ohm. Um de seus alunos na Universidade de Munique foi Max Planck, quem ele aconselhou em 1878 para não seguir a carreira de físico, dizendo: "neste



campo, quase tudo já está descoberto, e tudo o que resta é preencher alguns buracos sem importância." Planck respondeu que ele não queria descobrir coisas novas, apenas compreender os fundamentos conhecidos do campo. No entanto, o trabalho de Planck abriu o campo da física quântica.

*Von Jolly (1809 – 1884)*

Para um mesmo corpo, de massa  $m$  os pesos  $P_1$  e  $P_2$  as distâncias  $d_1$  e  $d_2$  do centro da Terra são:

$$P_1 = G \frac{m.M}{d_1^2}$$

$$P_2 = G \frac{m.M}{d_2^2}$$

Dividindo-se as relações acima, obteremos:  $\frac{P_1}{P_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$  **Equação 4.i ◀**

## ■ ATIVIDADES

[Atividade 4.5] Usando a massa de 5 Kg, mostre que a variação de massa experimentada na experiência de Von Jolly é de 31,5 miligramas, quando esta massa é desloda por 20 m de altura acima do nível do mar. Dado:  $R_T = 6\,400\,000$  m.

### | 4.2.4 A HIPÓTESE DE NEWTON E A VERIFICAÇÃO EXPERIMENTAL NO MOVIMENTO DA LUA

Sabe-se que a Lua descreve em torno da Terra uma elipse que pode ser descrita como uma circunferência dada a sua baixa excentricidade. O raio  $R$  dessa órbita, que é a distância média da Terra à Lua, é igual a 60 vezes o raio terrestre.

Tem-se, portanto:  $R = 60r$

A duração do movimento de revolução da Lua em torno da Terra é de 27 dias e 8 horas, isto é,  $T = 2\,360\,592$  segundos. O ângulo descrito por segundo, isto é, a velocidade angular  $\omega$  do movimento circular da Lua supostamente uniforme é  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ .

A Lua, de massa  $m$ , se mantém em sua órbita pela força centrípeta dada:

$$F_{cp} = m\omega^2 R$$
 **Equação 4.j ◀**

Esta força não é outra coisa senão a atração terrestre, ou seja, o peso  $P$  do corpo de massa  $m$ . Se a Lei de Newton se realiza neste caso, pode-se obter:  $\frac{g}{\omega^2 R} = \frac{R^2}{r^2}$  e

substituindo as relações, teremos;  $g = \frac{\omega^2 R R^2}{r^2} = \frac{\omega^2 R^3}{r^2} = \frac{4\pi^2 60^3 r^3}{T^2 r^2} = \frac{4\pi^2 60^3 r}{T^2}$ .

$$g = 60^3 \cdot 4\pi^2 \frac{r}{T^2} \quad \text{Equação 4.k} \blacktriangleleft$$

## ATIVIDADES

[Atividade 4.6] Sabendo-se que o comprimento do meridiano terrestre vale aproximadamente 40 212 480 000 cm (pode ser calculado usando  $2\pi r$ ) e substituindo  $T$  (tempo que dura o movimento de revolução da Lua ao redor da Terra), encontra-se  $g$  igual a quantos  $\text{cm/s}^2$ ?



### PARA VER MAIS DISTANTE

Com o resultado obtido na atividade 1, obtemos um número que pouco difere do valor médio de  $g$ , medido na superfície da Terra. ( $g = 981 \text{ cm/s}^2$ ).

Pode-se dizer que é a atração da Terra que mantém a Lua em sua órbita é, em síntese, a lei de Newton que rege as atrações exercidas pela Terra sobre os corpos situados em sua superfície e as atrações recíprocas entre os astros.



### PARA VER MAIS DISTANTE

A força da gravidade não é outra coisa senão um caso particular da força de atração gravitacional. Em síntese, a força da gravidade é tanto maior quanto

maior é a massa do corpo, diminuindo quando se aumenta a distância do corpo ao centro da Terra e precisamente com o quadrado da citada distância.

## | 4.2.5 CALCULANDO A MASSA TERRESTRE

Do valor da constante  $G$  pode-se deduzir a massa  $M$  da Terra.

Designemos por  $r$  (raio terrestre) e por  $g$  (intensidade da gravidade), isto é, a atração que a Terra exerce sobre a massa de um grama situada nas proximidades de sua superfície.

Como  $P = mg$  e  $m = 1g$ , temos:  $P = G \frac{m.M}{d^2} \rightarrow g = G \frac{1.M}{r^2}$  daí, obtém-se;

$$M = \frac{g \cdot r^2}{G}$$

**Equação 4.1 ◀**

Substituindo

- $g$  (gravidade / aceleração da gravidade) por  $981 \text{ cm/s}^2$
- $r$  (raio terrestre) por  $640000000 \text{ cm}$
- $G$  (constante gravitacional) por  $6,667 \cdot 10^8$

Encontra-se:

$$M = \frac{981 \cdot (6,4 \cdot 10^8)^2}{6,667 \cdot 10^8} \cong 6 \cdot 10^{27} \text{ g} = 6 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$$

## ■ ATIVIDADES

[Atividade 4.7] Repita o cálculo anterior usando o valor mais exato para o raio equatorial  $r = 6\,378\,247,238 \text{ m}$  e encontre a massa terrestre. Comente seu resultado fisicamente.

[Atividade 4.8] Encontre a unidade de  $G$ , no SI, da expressão  $M = \frac{g \cdot r^2}{G}$ .

## ■ 4.3 O EXPERIMENTO DE CAVENDISH

É provável que Newton tenha estimado o valor de  $G$  (constante da gravitação universal) a partir da aceleração gravitacional de corpos em queda livre. Por volta de 1686, Isaac Newton chegou à conclusão que o movimento dos planetas e da lua, bem como dos corpos em queda livre, como uma maçã, poderia ser explicado pela sua lei da gravitação universal. Sua lei é conhecida pela expressão literal: os corpos se atraem na razão direta dos produtos das suas massas e na razão inversa do quadrado da distância entre eles. Em 1797 (um século depois da lei de Newton), Henry Cavendish iniciou seus experimentos com a balança de torção. Embora a história tenha consagrado seu nome em referência a este experimento, ele não foi o pioneiro. De acordo com Laurent Hodge, Cavendish credits John Michell pelo desenvolvimento do projeto. Não se sabe a data exata em que Michell construiu sua balança. No seu artigo, Cavendish (1798) diz que o projeto de Michell teve início "muitos anos atrás", mas ele não pôde concluí-lo antes da sua morte

(1793). Numa nota de rodapé, Cavendish afirma que Michell havia-lhe descrito o equipamento antes de 1785, ano em que Charles Augustus Coulomb desenvolveu um equipamento similar para determinar sua famosa lei de interação entre cargas elétricas. Portanto, não se sabe quem foi o pioneiro na invenção da balança de torção. Costuma-se creditar Michell e Coulomb.



Henry Cavendish foi um físico e químico britânico, conhecido por ter descoberto o hidrogênio, que ele chamou de "ar inflamável", e também por ter medido a densidade da Terra, além de pesquisas em eletricidade.

*Henry Cavendish (1731 – 1810)*



John Michell foi um inglês naturalista e geólogo, que trabalhou muitos temas, da astronomia à geologia, óptica e gravitação.

*John Michell (1724 – 1793)*



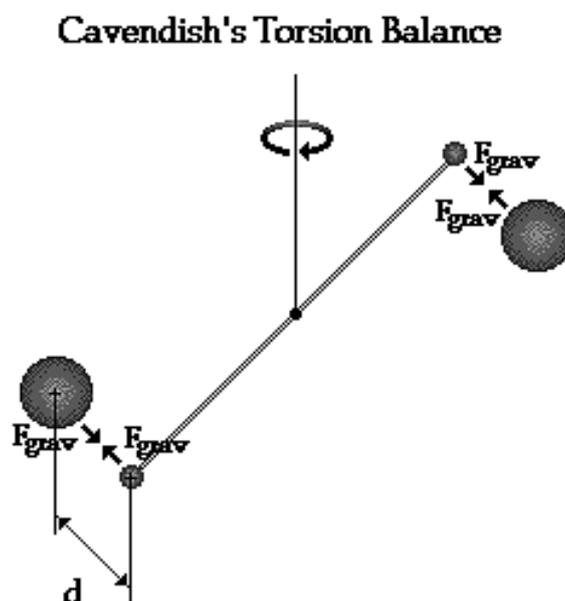
Charles Augustin de Coulomb foi um físico francês. Em sua homenagem, deu-se seu nome à unidade de carga elétrica, o coulomb. Engenheiro de formação, Coulomb foi principalmente físico.

*Augustus Coulomb (1736 – 1806)*

## DESCRIÇÃO BALANÇA DE TORSÃO

Duas pequenas massas são fixadas nas pontas de uma barra suspensa por um fio. Essas pequenas massas podem se deslocar. Duas outras massas (bolas maiores) são mantidas fixas nas proximidades das massas menores. Inicialmente, a distância entre as massas é  $d$ . A força de interação gravitacional provocará um deslocamento da massa menor em direção à massa maior. Este deslocamento causará uma torção no fio que sustenta a

barra. A medida do ângulo de torção permite a determinação da constante da gravitação universal ( $G$ ), presente na lei da gravitação universal de Newton.



**Figura 4.b** ◀ Balança de Torção extraída do site The Physics Classroom and Mathsoft Engineering & Education, Inc.

## ■ ATIVIDADES

[Atividade 4.9] Uma massa que pesa 100 Kg sobre a Terra pesará somente a quarta parte, isto é, 25 Kg se sua distância ao centro da Terra for dobrada ou quadruplicada? Dê sua resposta justificando com cálculos.

[Atividade 4.10] Se a altura que se encontra um astro é de 6 370 Km, que é o raio terrestre. Quando esta altura/distância triplica, o peso fica reduzido ou aumentado? De quantas vezes?

[Atividade 4.11] Para que a massa seja reduzida de 100 Kg para 1 kg, é necessário que a distância se torne quantas vezes maior?

NO LIMITE

Teoricamente, a ação da gravidade anula-se no infinito, porém, na prática, ao distanciar-se da Terra e diminuindo a gravidade começa a sentir-se a força da atração correspondente aos diferentes corpos celestes, como a Lua, o Sol e os planetas e as estrelas, forças que aumentam a medida que diminui aquela. Em qualquer direção que se equilibrarão as citadas forças de atração. O conjunto de todos estes pontos constitui o limite prático do campo gravitacional terrestre, isto é, da ação da força de atração terrestre.

[Atividade 4.12] Construa o gráfico da aceleração da gravidade  $g$  em função da distância  $d$  ( $0, r, 2r, 3r, 4r, \dots$ ) para um corpo que se afasta infinitamente da superfície da Terra e livre da ação de outros astros. Qual curva foi gerada? A partir de que múltiplo de  $r$  (raio terrestre podemos desconsiderar a ação da gravidade? Para que um foguete fuja da atração da Terra ele deve ficar a que altura aproximadamente, use seu gráfico para justificar sua resposta?

## REFERÊNCIAS

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza e SARAIVA, maria de Fátima Oliveira. **Astronomia e Astrofísica**. São Paulo: Livraria da Física, 2013.

MORAIS, Antônio Manuel Alves. **Gravitação e Cosmologia: uma introdução**. São Paulo: Livraria da Física, 2009.

DOCA, Ricardo Helou / Biscuola, Gualter José / Bôas, Newton Villas. **Tópicos da Física 1 – Mecânica**. São Paulo: Saraiva, 2007.

CANIATO, Rodolpho. **O Céu**. São Paulo: Ática, 1993.

CARL SAGAN, JONATHAN NORTON LEONARD, traduzido por Redatores de LIFE. **Os Planetas**. Biblioteca Científica. Rio de Janeiro: Livraria José Olímpio, 1968.

ARMIN J. DEUTSCH, traduzido por Alberto Denis. **O Sol**. Scientific American. São Paulo: IBRASA, 1959.

R. ARGENTIÈRE. **A Astronáutica**. Coleção "Ciência e Divulgação". São Paulo: Pincar, Linográfica, 1957.

disponível em:

<http://estadoquantico.blogspot.com.br/2012/10/tres-interpretacoes-para-queda-dos.html>

Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/historia/cavendish.html> acessado em 6/FEV/2017.

Disponível em: <http://www.physicsclassroom.com/Class/circles/U6L3d.html>

(<http://cryptomundo.com/cryptozoo-news/michell-obit/>)

**ANEXO A – PROVA OPA 2016**

Aplicada nas turmas A e B da primeira série do ensino médio.



# OLIMPIADA PERNAMBUCANA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA



## 2ª. OLIMPIADA PERNAMBUCANA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA - 2016

Prova para estudantes de todos os anos do Ensino Médio e Profissionalizante

Nota Final obtida na Prova:

### Dados do (a) Estudante (preencher em letra de fôrma)

Nome completo .....

Endereço: ..... N° .....

Bairro: ..... CEP: ..... - ..... Cidade ..... Estado .....

Tel (.....) ..... Email .....

Data de nascimento: ...../...../..... Ano na Escola que está cursando: .....

Declaro que estou realizando esta prova no dia **30 de setembro de 2016** (proibido fora desta data)

.....  
Assinatura do (a) estudante

**OBSERVAÇÕES IMPORTANTES.** Esta prova só pode ser realizada no dia 30/09/2016, pois em outro dia não será válida. Pode ser realizada no horário que a escola escolher, podendo durar até 04 horas. Além disso, não é permitido nenhum tipo de consulta a colegas, professores, material impresso ou eletrônico, e também não se pode usar nenhum tipo de calculadora. O objetivo desta prova é contribuir com a melhoria dos seus conhecimentos sobre o Universo, estimular o estudo das Ciências Espaciais e principalmente ampliar a visão acerca do Cosmos que nos envolve. Todos nós agradecemos sua participação!

**Boa Olimpíada para todos!**

### Questão 1

A Astronomia sempre foi utilizada pelos povos indígenas como forma de medir o tempo, marcar as estações, bem como identificar períodos de colheitas. Em Pernambuco destaca-se o grupo indígena Fulni-ô, que habita o interior do Estado. Como informa pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco: "O domínio dos Fulni-ô sobre as terras de Águas Belas é bastante antigo, e desenvolveu-se profundamente ligado com o antigo aldeamento que originaria o núcleo urbano de Águas Belas. Desde o século XVIII têm-se notícias de índios ocupando a Serra do Comunati, situada ao norte da atual cidade de Águas Belas; possuindo hoje população em torno de 3 mil índios com um idioma próprio o **Yaathé**" (NEPE-UFPE, 2016). O **Ouricuri** é um retiro religioso secreto, realizado anualmente nos meses de setembro, outubro e novembro, onde não é permitida a entrada de não-índios, pois é um espaço sagrado para eles. Durante esse período os indígenas se mudam para outra aldeia, também chamada Ouricuri, distante cerca de cinco quilômetros do local onde habitam, levando quase tudo que têm, até os bichos de criação. O que ocorre no **Ouricuri** é um mistério, nem mesmo as crianças revelam o que se passa no evento. Sabe-se que durante esse período os homens dormem em local reservado, o **Juazeiro Sagrado**, ao qual as mulheres não podem ter acesso e as rivalidades entre eles são esquecidas. A Lua e o Sol eram formas de se registrar os períodos de tempo entre os "Ouricurís". Sabemos hoje que os períodos de **Lunação** de aproximadamente 29 dias, entre duas luas novas consecutivas ou de 4 fases principais (quarto-crescente, cheia, quarto-minguante e nova) consecutivas da Lua, eram usados pelos povos indígenas.



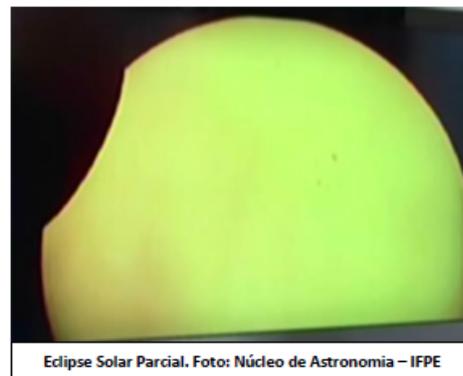
Índios Fulni-ô e sua localização geográfica (Águas Belas – PE)

Imagine um jovem índio Fulni-ô de 20 anos de idade, que tenha estado presente a todos os “Ouricuris” de sua vida. Qual seria a quantidade de fases principais da Lua que ele teria presenciado em toda a sua vida?

- A ( ) 20 fases      B ( ) 60 fases      C ( ) 120 fases      D ( ) 240 fases      E ( ) 960 fases

### Questão 2

O **Núcleo de Astronomia** do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) está localizado no Campus Recife e dispõe de dois telescópios computadorizados, registrando fenômenos celestes em fotos e vídeos digitais. Na foto ao lado, podemos ver um **eclipse solar parcial**, ocorrido em 2014 e registrado em vídeo por um telescópio de 8 polegadas do **Núcleo** que, mesmo com nuvens no céu, mostra manchas solares e parte do Sol encoberto pela Lua. Cerca de 23% da superfície visível do Sol foi ocultada pela Lua. Sabemos que o raio do disco solar ocupa no céu, quando visto da Terra, aproximadamente 15 minutos de arco ou  $0,25^\circ$ . Assim, se traçarmos um arco do ponto cardinal **Leste** até alcançar o ponto cardinal **Oeste**, indo de um horizonte ao outro, poderíamos preenche-lo com diâmetros solares em número igual a:



Eclipse Solar Parcial. Foto: Núcleo de Astronomia – IFPE

- A ( ) 90      B ( ) 180      C ( ) 270      D ( ) 360      E ( ) 720

### Questão 3

O Estado de Pernambuco teve uma grande importância para a história da Astronomia nas Américas. Com a vinda dos holandeses no século XVII, estabeleceu-se aqui um grupo de observação astronômica (o primeiro das Américas) com George Marcgrave, onde as técnicas experimentais mais avançadas da época foram utilizadas. Segundo o Prof. Oscar Matsuura (MAST/MCT-UFRJ): “**George Marcgrave** (1610-1644) foi um naturalista, cartógrafo e o cosmógrafo que participou de atividades na equipe de cientistas e artistas da corte do conde **Maurício de Nassau** no Brasil Holandês. As atividades astronômicas compreenderam a construção de um observatório e uso de instrumentos, a realização de vários tipos de observações, tudo registrado numa espécie de diário de bordo. O observatório foi construído sobre o telhado de um casarão português... às margens do **Rio Capibaribe**, na ilha de Antônio Vaz onde hoje é o bairro de Santo Antônio, na atual esquina entre as ruas do Imperador e Primeiro de Março, segundo estudos do arquiteto José Luiz M. Menezes. Marcgrave fez observações astronômicas desde meados de 1638, ano em que chegou ao Brasil, até meados de 1643... fez observações de **Mercúrio** com um quadrante de 5 pés...”. Hoje sabe-se que é bem difícil, para amadores, observar o **planeta Mercúrio**, devido à sua proximidade com o Sol. Além disso seu **diâmetro aparente** (ângulo visto da Terra) é de cerca de 10 segundos de arco em média, pequeno comparado com o Sol que tem 30 minutos de arco. Sabendo que cada minuto de arco possui 60 segundos de arco, quantos diâmetros do planeta Mercúrio caberiam, enfileirados, sobre o diâmetro do disco Solar completo?

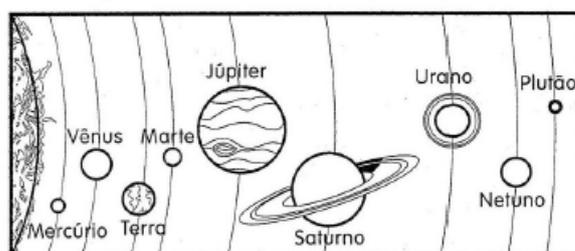


Capa de Livro de Marcgrave, 1648.

- A ( ) 300      B ( ) 180      C ( ) 1800      D ( ) 3000      E ( ) 18000

### Questão 4

Nossa idade é medida em **anos**, que são períodos da translação solar da Terra. Em outros planetas, estes períodos de translação ao redor do Sol são variados. Assim, em Júpiter o tempo de translação é de 11,86 anos, que podemos aproximar para **12 anos** terrestres. Se dividíssemos o ano **Joviano** (relativo a Júpiter = Jupiteriano) em 12 **meses Jovianos**, como o fazemos na Terra, uma pessoa de 24 anos de idade terrestre teria, aproximadamente, quantos meses **Jovianos** de vida?



- A ( ) 288      B ( ) 12      C ( ) 24      D ( ) 240      E ( ) 2

### Questão 5

As Estações do ano (figura) são responsáveis por mudanças de temperatura em nosso planeta, causadas pela inclinação do plano do equador da Terra de  $23,5^\circ$  em relação ao plano de sua órbita. Cada estação tem duração aproximada de três meses (Figura), sua ordem muda conforme o hemisfério, enquanto no **Norte** a ordem é Inverno-Primavera-Verão-Outono no mesmo período ao **Sul** será Verão-Outono-Inverno-Primavera. Imagine que você esteja na **PRIMAVERA** do Hemisfério Norte, qual será a estação em **PERNAMBUCO** (hemisfério Sul) após um ano e seis meses desta data?



- A ( ) Outono    B ( ) Inverno    C ( ) Primavera    D ( ) Verão    E ( ) Entre Primavera e Verão

### Questão 6

Para facilitar o planejamento das horas, dividimos nosso planeta em **24 Fusos Horários** (um dia completo) de 01 hora cada, onde a cada 15 graus em longitude temos um Fuso. Algumas alterações locais são feitas pelos países para melhor comodidade na marcação do tempo. No Brasil prevalece o fuso horário de -03 horas (o mesmo da maior parte de Pernambuco), indicando isso que estamos a 3 horas para o Oeste (negativo) do ponto de referência dos meridianos terrestres (meridiano 0h de Greenwich, na Inglaterra). Um mapa do IBGE (Figura) mostra que o Brasil possui 04 zonas de fusos horários, sendo que **Fernando de Noronha** (ilha oceânica **pertencente a PE**) está no fuso de -02 horas, enquanto **Rondônia** (RO) está no fuso de -04 horas. Se no Recife estivermos ao meio dia (12 horas), qual a hora local em **Fernando de Noronha** e em **Rondônia** respectivamente?



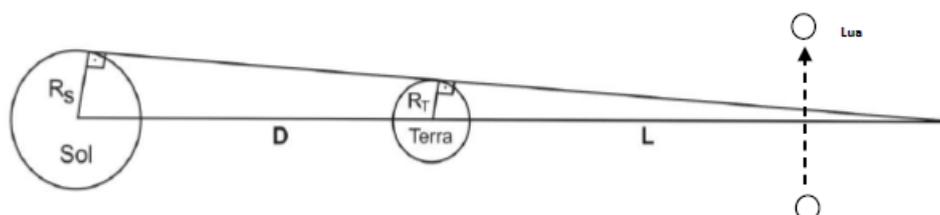
- A ( ) 11h e 13h    B ( ) 13h e 11h    C ( ) 10h e 14h    D ( ) 14h e 10h    E ( ) 12h e 08h

### Questão 7

Em **Pesqueira-PE**, existe um Clube de Astronomia chamado **VEGA**, pertencente ao Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) - Campus Pesqueira. Os estudantes do **Curso de Licenciatura em Física** realizam observações astronômicas e acompanham fenômenos celestes com uso de telescópios e binóculos. Em 28 de Setembro de 2015, o grupo observou um **Eclipse Lunar**, que ocorre quando a Terra transita entre o Sol e a Lua. Se a Lua passar pelo **cone de sombra da Terra**, ela será encoberta e terá seu brilho no céu diminuído, não ficando totalmente negra, mas podendo assumir tons avermelhados ou alaranjados. A Figura a seguir mostra o Sol, a Terra e a Lua nesta disposição, porém sem as proporções reais.  $R_s$  é o raio do Sol,  $R_T$  o raio da Terra,  $D$  é a distância Terra-Sol e  $L$  o comprimento do cone de sombra da Terra. A distância Terra-Sol ( $D$ ) é chamada de Unidade Astronômica (UA) e vale aproximadamente 150 milhões de km ( $1,5 \times 10^8$  km). Um satélite mediu o tamanho do cone de sombra da Terra ( $L$ ) e constatou ser 108 vezes menor que a distância Terra-Sol (01 UA). Determine aproximadamente o **raio do Sol** ( $R_s$ ) em km. Dado  $R_T = 6400$  km. Sugestão: utilize semelhança de triângulos.



Estudantes de Astronomia e Física de Pesqueira-PE em noite de observação com Telescópio CELESTRON C8



- A ( ) 109 mil km    B ( ) 108 mil km    C ( ) 150 mil km    D ( ) 700 mil km    E ( ) 15 mil km

### Questão 11

Vitalino Pereira dos Santos, conhecido como **Mestre Vitalino** (foto) nasceu em Caruaru a 10 de julho de 1909 e faleceu também em Caruaru a 20 de janeiro de 1963. Foi um artesão do barro; sua arte, conhecida como figurativa, retratou bem a vida do povo nordestino e o jeito de viver do sertanejo. Seu artesanato tomou grande dimensão, tanto nacionalmente como internacionalmente, sendo que parte de sua obra pode ser vista no Museu do Louvre, em Paris. A casa onde viveu parte de sua vida, atualmente é a instalação da **Casa Museu Mestre Vitalino** no alto do Moura, em **Caruaru**; sendo o entorno de sua casa hoje ocupado por oficinas de artesãos. Como nasceu em 1909, o mestre Vitalino tinha quase 10 anos, quando ocorreu no céu



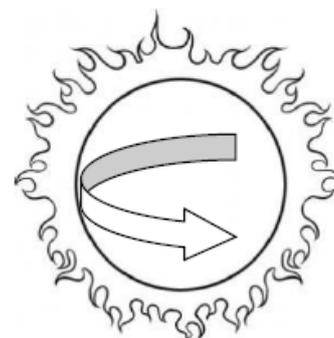
Mestre Vitalino de Caruaru e o Eclipse de 1919

um importante evento astronômico: o **Eclipse Solar de 29 de maio de 1919**, que atravessou o Atlântico e o Nordeste brasileiro. Este poderia passar como outro qualquer eclipse (ocorrem em média cerca de 03 eclipses solares por ano), porém ele comprovou uma das maiores teorias da Física, a **Teoria da Relatividade de Einstein**. Duas expedições foram enviadas para registrar o eclipse: uma para a ilha do Príncipe, na **África**, e outra para **Sobral no Ceará**, chefiada pelo astrônomo norte-irlandês Andrew Crommelin (1865-1939). A observação do eclipse (foto) mostrou que as estrelas próximas sofriam desvios gravitacionais, preditos por Einstein, comprovando a Teoria da Relatividade Geral. Em agradecimento, Albert Einstein (1879-1955), visitou o Brasil em maio de 1925, proferindo palestras e trocando ideias com cientistas brasileiros. O artesão e o cientista nunca se encontraram, mas o mesmo fenômeno provocou fortes impressões nos dois: **no menino Vitalino a curiosidade e a mística, já no grande cientista a necessidade de comprovação científica**. Foram apenas 6 minutos e 51 segundos a duração deste eclipse, mas que mudaram a concepção de vida destes dois homens. Aproximadamente quantos eclipses solares ocorreram durante toda a vida de **Vitalino e Einstein** respectivamente?

- A ( ) 54 e 76      B ( ) 115 e 243      C ( ) 168 e 245      D ( ) 162 e 228      E ( ) 175 e 285

### Questão 12

O Sol é uma estrela de tamanho médio com massa aproximada de  $2 \cdot 10^{30}$  kg, mesmo assim equivale a cerca de 333 mil vezes a massa da Terra. Possui um núcleo altamente comprimido de Hidrogênio em estado plasmático (chamado de **Hidrogênio Metálico**) onde ocorrem reações de fusão nuclear que atingem a dezenas de milhões de graus Celsius. É composto basicamente por 73% de Hidrogênio, 25% de Hélio, e o restante de outros gases. Ele gira em torno de seu eixo, gastando aproximadamente 25 dias terrestres para completar uma única rotação (podemos chamar este tempo de "dia do Sol"). A Terra não é queimada por esta estrela devido à enorme distância que nos separa dele (cerca de 150 milhões de km), estando em uma região de **habitabilidade planetária**; nem longe demais e nem perto demais. Em um **ano terrestre**, quantas vezes aproximadamente o Sol gira em torno de si?



- A ( ) 25,1      B ( ) 14,6      C ( ) 13,2      D ( ) 18,4      E ( ) 12,4

### Questão 13

As fases da Lua sempre fascinaram a humanidade, por sua regularidade, e foram utilizadas como forma de medição do tempo (o intervalo de tempo entre duas fases principais e consecutivas, dura aproximadamente uma semana).

"A Lua sempre foi fortemente associada à mulher. A começar pelo ciclo menstrual: o período regular de aproximadamente 29 dias (uma luação) é o mesmo tempo que o astro leva para cruzar o céu e passar pelas quatro fases (cerca de uma semana cada). Daí a crença de que ele controla toda a gestação e o próprio parto. E isso aparece até nas maternidades..., mas Thomas Gollop, diz desconhecer algum trabalho científico que comprove a influência ou não-influência da Lua sobre o organismo humano. O que há são levantamentos estatísticos. E, aí, quase sempre acontece um empate de opiniões" (texto de Thereza Venturoli).



LUA fotografada pelo Núcleo de Astronomia do IFPE – Campus Recife

Baseado no texto acima, quantos dias terrestres podemos contar após 2 luações e 3 fases lunares principais e consecutivas?

- A ( ) 30 dias      B ( ) 79 dias      C ( ) 59 dias      D ( ) 64 dias      E ( ) 56 dias

### Questão 14

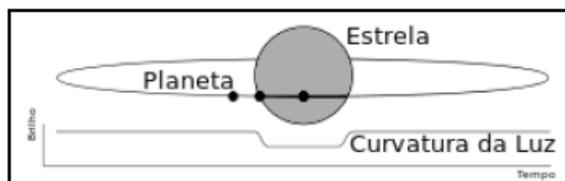
Assinale V para verdadeiro e F para falso, indicando a sequência correta de cima para baixo:

- ( ) A Lua faz uma órbita, ao redor da Terra, que é paralela ao Equador terrestre.  
 ( ) Os planetas mais próximos ao Sol possuem poucos ou nenhum satélite.  
 ( ) Acredita-se hoje que o universo como um todo esteja em expansão.  
 ( ) No nascer do Sol, vemos o céu avermelhado devido à camada espessa de partículas na atmosfera.  
 ( ) Durante o dia, o céu é azul em virtude da dispersão da luz pelo ar.

A ( ) VVVVV      B ( ) FFFFF      C ( ) FVVVF      D ( ) FFVVF      E ( ) VVFFF

### Questão 15

Chamamos de **Exoplaneta** a um planeta orbitando uma estrela **que não o Sol**, ou seja, ele pertence a um sistema planetário distinto do nosso. Até o início deste ano (2016) haviam sido descobertos cerca de 2000 exoplanetas. Uma das formas de se detectá-los é pelo **método do trânsito**, quando está circundando uma estrela e a faz variar seu brilho levemente (como mostra a figura). Porém este método só é válido para alguns casos específicos. Pode-se determinar até mesmo o raio do planeta, suas dimensões, massa e condições de vida. A força peso ( $P = m \cdot g$ , expressa em Newtons) em um planeta desses pode variar e provavelmente nossas condições de vida seriam totalmente diferentes da que temos na Terra. Chamamos de **Super-Terras** aos exoplanetas com até 10 vezes a massa de nosso planeta ( $M_T$ ), porém com massas menores que Júpiter ( $318 M_T$ ) ou Saturno ( $95 M_T$ ). Sabe-se que a aceleração da gravidade nos planetas varia com suas dimensões e massas; assim nossa Terra possui aceleração da gravidade aproximadamente de  $10 \text{ m/s}^2$  (chamada **g**), em Júpiter ela vale **2,6g** e em Saturno **1,2g**. Avalie quanto **pesam** uma mesa de massa igual a quinze quilogramas em **Júpiter** e um inseto de massa igual a duas gramas em **Saturno**, respectivamente?



A ( ) 150 N e 0,12 N    B ( ) 390 N e 2,4 N    C ( ) 39 N e 0,24 N    D ( ) 390 N e 0,024 N    E ( ) 39 N e 0,0024 N

### Questão 16

O Sertão do Estado de Pernambuco é privilegiado por um céu limpo e estrelado. Ao olharmos para o céu, e longe da iluminação das cidades, podemos ver claramente uma faixa densa de estrelas, nossa própria galáxia: **A Via-Láctea**. Ela foi retratada pelo poeta pernambucano **Davino Ribeiro de Sena**:

#### PERTO DO SONO

Estelar, movia-se no tempo  
até ficar com o lado esquerdo  
do rosto sobre o traveseiro.  
O corpo vaga no deleite  
de um cometa que atravessa  
a fronteira da Via Láctea.

O astro se converte em carne  
como uma pintura a óleo, tarde  
demais para o sono que não  
veio, soprando de antemão  
sobre o corpo alheio, vizinho  
na ondulada galáxia do lençol.

Então o sono chegou, fresco  
como o vento, a levar para longe  
a poeira estelar do pensamento.



Forma em espiral da Via-Láctea e a sua visão no céu de Pernambuco

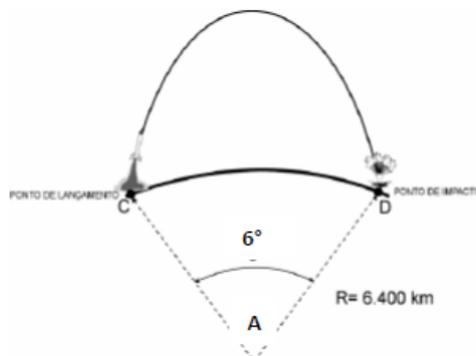
Utilizada pelos antigos como guia nas caminhadas noturnas, a **Via-Láctea** só foi identificada como um aglomerado organizado de estrelas, na qual o Sol é apenas um dos componentes, por William Herschel (1738-1822) no final do Século XVIII. Hoje sabemos que a Via-Láctea contém aproximadamente **200 Bilhões de estrelas** em forma espiral, estando o Sol em um de seus braços (o braço de Órion), a cerca de 30 mil anos-luz do centro (o ano-luz equivale à distância percorrida pela luz durante um ano, da ordem  $\approx 10$  trilhões de km). O diâmetro médio da Via-Láctea está em torno de 120 mil anos-luz. Se viajássemos ao redor de nossa galáxia à velocidade da luz, gastaríamos quanto tempo, aproximadamente, para completarmos uma única volta? (Faça  $\pi = 3$ ).

A ( ) 5000 anos    B ( ) 50.000 anos    C ( ) 360 mil anos    D ( ) 6 milhões de anos    E ( ) 30 milhões de anos

Aqui começam as questões de ASTRONÁUTICA

**Questão 17**

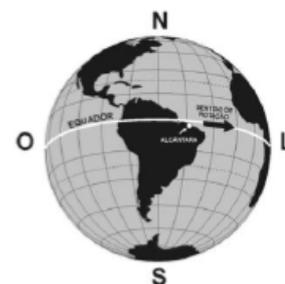
A **Astronáutica** é o conjunto de tecnologias capazes de manipular equipamentos **para além** da atmosfera terrestre, ao contrário da **Aeronáutica**, que projeta atividades e equipamentos **dentro** da atmosfera. Porém há uma ligação entre os dois, pois os foguetes e satélites que chegam ao espaço necessitam de toda a tecnologia de lançamentos e da aerodinâmica necessárias. Pernambuco ainda não possui bases de lançamento de foguetes, porém o nordeste brasileiro possui dois pontos principais: O **Centro de Lançamento da Barreira do Inferno** (CLBI) em Natal-RN e o **Centro de Lançamento de Alcântara** (CLA) no município de Alcântara – MA, todos controlados pela **Força Aérea Brasileira** (FAB). Nestas bases, todo o cuidado é tomado nos lançamentos de foguetes para fins de pesquisa e meteorologia. O raio de queda do foguete não pode atingir áreas povoadas, nem oferecer riscos a aeronaves e habitações. Imagine um foguete sendo lançado de uma suposta base localizada em Recife (ponto C), na direção do mar atingindo um local seguro (ponto D), formando um arco de 6 graus com o centro da Terra (A), como mostra a figura acima. Considerando o número  $\pi$  aproximadamente igual a 3 e utilizando geometria, este suposto foguete (desconsiderando a resistência do ar), poderia atingir uma distância máxima igual a: (Dado: Raio da Terra= 6400km).



- A ( ) 640 km      B ( ) 1800 km      C ( ) 6400 km      D ( ) 160 km      E ( ) 16 km

**Questão 18**

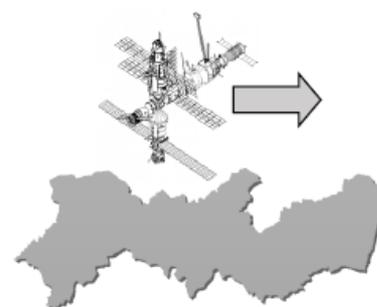
O Nordeste brasileiro é um excelente local para lançamentos de foguetes ao espaço sideral. Isto se deve ao fato de estarmos próximos ao equador Terrestre, pois aqui a **velocidade tangencial** do planeta é maior. Para você ter uma comparação: em Porto Alegre (latitude 30°S) a velocidade tangencial da Terra é de 1450 km/h, enquanto que no Equador (latitude 0°) é de 1670 km/h. No **Centro de Lançamento de Alcântara** (RN) a latitude (2,3°S) favorece a uma economia de até 30% no combustível utilizado. Os lançamentos da NASA são geralmente na Flórida por causa desta proximidade ao equador; no Brasil o centro da **FAB** no Maranhão preenche estes requisitos. Devemos considerar também o **sentido de rotação da Terra** (mostrado na figura ao lado). Para melhor atingir altas velocidades (da ordem de 28.000 km/h) e alcançar grandes altitudes (da ordem de 1000 km), um foguete deverá ser lançado na direção certa. Em termos de economia de combustível, a melhor direção para ele ser lançado um foguete no estado de Pernambuco é de:



- A ( ) Leste para Oeste      B ( ) Oeste para Leste      C ( ) Norte para Sul      D ( ) Sul para Norte      E ( ) Leste para Norte

**Questão 19**

A **Estação Espacial Internacional** (em inglês ISS – International Space Station) é um projeto conjunto de pesquisas espaciais de vários países, entre eles os Estados Unidos, Rússia, União Europeia (o Brasil também contribui), visando a realização de experimentos científicos no espaço. A ISS orbita a cerca de 350 km de altitude; sua construção teve início em 1988 e foi completada em 2011, estando atualmente em pleno funcionamento. Sua velocidade é de cerca de 28.000 km/h, assim ela passa sobre um ponto da Terra a cada 90 minutos aproximadamente. A NASA disponibiliza um site (<http://spotthestation.nasa.gov/>) para que você visualize a posição da ISS. Se a estação atravessasse Pernambuco paralelamente ao seu eixo (figura), quanto tempo levaria aproximadamente para percorrer completamente nosso Estado?

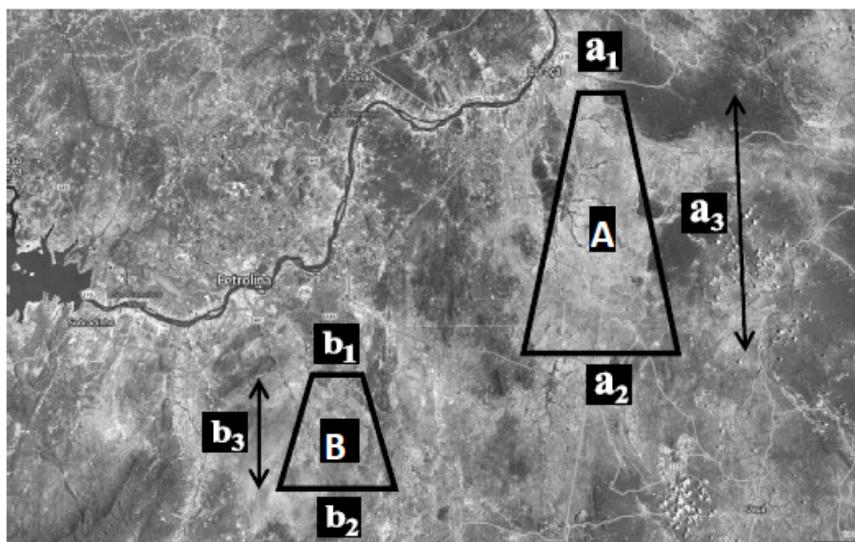


(Dica: consulte também a questão 08 desta prova).

- A ( ) 90 min      B ( ) 15 min      C ( ) 5 min      D ( ) 1,5 min      E ( ) 0,1 min

### Questão 20

Segundo a **Agência Espacial Brasileira (SAB)**: "Satélites artificiais são engenhos colocados no espaço, na órbita da Terra ou de outro corpo celeste. A órbita é definida em função de diversos parâmetros, tais como: raio (ou excentricidade e semieixo maior, para órbitas elípticas), inclinação do plano da órbita e também o período de revolução. Dois tipos de planos de órbita são particularmente interessantes, o primeiro, chamado de **órbita polar**, caracteriza-se por ser próximo ao eixo de rotação da Terra, permitindo passagens sobre todo o globo terrestre. No segundo caso, o plano de órbita coincide com o plano do Equador e é conhecido como **órbita equatorial**.



Uma órbita polar pode ser dimensionada de forma que seu plano permaneça perpendicular à reta que une a Terra ao Sol, para que o satélite fique permanentemente exposto aos raios solares e deles obtenha, ininterruptamente, energia para seu funcionamento. Esse tipo de órbita é denominado **heliossíncrona**. A altitude que a órbita do satélite terá, define o período de revolução: quanto mais alta, mais lentamente o satélite girará em torno da Terra. Por exemplo, todos os satélites colocados numa órbita de 36 mil km de altitude completam um giro em torno da Terra em aproximadamente 24 horas, coincidindo, portanto, com o período de rotação da Terra. Essa órbita é denominada **geossíncrona**. Se a órbita for equatorial, o satélite parecerá imóvel visto da Terra, sendo denominado, então, satélite **geoestacionário** (AEB-MCT). As imagens de satélite ajudam muito na identificação de alterações naturais ou humanas sobre vastas áreas de nosso planeta. A **imagem acima** mostra um exemplo de **fotografia feita por satélite**, apresentando a região próxima ao Rio São Francisco e a Petrolina-PE. A imagem está na proporção de 1: 1.000.000 ou seja **cada centímetro** na imagem corresponde a 1.000.000 de vezes o real. Esta projeção sobre um plano é chamada **Projeção MERCATOR**, capaz de colocar as distâncias de forma proporcional, fazendo assim sua determinação ser mais acessível.

Duas supostas áreas formadas por **trapézios A e B**, foram selecionadas para um programa de combate à seca. Podemos determinar, com certa aproximação, a área a ser beneficiada. Determine as áreas (em km<sup>2</sup>) das figuras geométricas A e B, respectivamente. Dados das figuras geométricas medidos sobre a projeção: para o trapézio A ( $a_1=1\text{cm}$ ,  $a_2=3\text{cm}$  e  $a_3=4\text{cm}$ ) e trapézio B ( $b_1=1\text{cm}$ ,  $b_2=2\text{cm}$  e  $b_3=2\text{cm}$ ).

A ( ) 20 e 2 km<sup>2</sup>    B ( ) 80 e 30 km<sup>2</sup>    C ( ) 120 e 80 km<sup>2</sup>    D ( ) 900 e 600 km<sup>2</sup>    E ( ) 800 e 300 km<sup>2</sup>

OPA – Olimpíada Pernambucana de Astronomia e Astronáutica – IFPE - 2016

## GABARITO

Nome do estudante .....

Nome da Escola .....

1	A	B	C	D	E
2	A	B	C	D	E
3	A	B	C	D	E
4	A	B	C	D	E
5	A	B	C	D	E
6	A	B	C	D	E
7	A	B	C	D	E
8	A	B	C	D	E
9	A	B	C	D	E
10	A	B	C	D	E
11	A	B	C	D	E
12	A	B	C	D	E
13	A	B	C	D	E
14	A	B	C	D	E
15	A	B	C	D	E
16	A	B	C	D	E
17	A	B	C	D	E
18	A	B	C	D	E
19	A	B	C	D	E
20	A	B	C	D	E

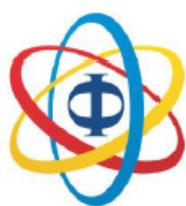
NOTA FINAL DO ESTUDANTE .....

Local: ....., 30 de setembro de 2016.

.....  
Assinatura do professor representante da OPA

**ANEXO B – PROVA OPEF 2016.1**

Aplicada nas turmas A e B da primeira série do ensino médio.



# OLIMPIÁDA PERNAMBUCANA DE FÍSICA



## 1ª. OLIMPIÁDA PERNAMBUCANA DE FÍSICA - 2016 Prova para estudantes do 1º. ano do Ensino Médio

Nota Final obtida na Prova:

### Dados do (a) Estudante (preencher em letra de fôrma)

Nome completo .....

Endereço: ..... N° .....

Bairro: ..... CEP: ..... - Cidade ..... Estado .....

Tel (.....) ..... Email .....

Data de nascimento: ...../...../.....

Declaro que estou realizando esta prova no dia **07 de Outubro de 2016** (proibido fora desta data)

.....  
Assinatura do (a) estudante

**OBSERVAÇÕES IMPORTANTES.** Esta prova só pode ser realizada no dia 07/10/2016, pois em outro dia não será válida. Pode ser realizada no horário que a escola escolher, podendo durar até 04 horas. Além disso, não é permitido nenhum tipo de consulta a colegas, professores, material impresso ou eletrônico, também não se pode usar nenhum tipo de calculadora. O objetivo desta prova é contribuir com a melhoria dos seus conhecimentos de Física, estimular o estudo desta Ciência e suas tecnologias. Todos nós agradecemos sua participação!

### Boa Olimpíada para todos!

#### Questão 1

No passado Pernambuco participou ativamente da formação cultural, étnica, social e mesmo quantitativa da população brasileira. Alguns historiadores afirmam que o espanhol Vicente Yáñez Pinzón, no dia 26 de janeiro de 1500, foi o primeiro europeu a chegar nas terras que hoje formam o Brasil, possivelmente no **Cabo de Santo Agostinho**, litoral sul de Pernambuco. No período colonial e com a chegada dos portugueses à região em 1501, o território foi explorado por Gaspar de Lemos, que teria criado feitorias ao longo da costa da colônia, possivelmente na atual localidade de **Igarassu**. A partir daí a população da província só cresceu, porém mesmo na época da ocupação holandesa (1630-1654) os colonos contavam entre 10 e 20 mil pessoas (não mencionamos aqui o grande quantitativo e mesmo pouco conhecido de indígenas que habitavam toda a província). Hoje Pernambuco é o sétimo estado brasileiro em população, chegando a cerca de 9 milhões de habitantes e densidade de cerca de 95 habitantes por km<sup>2</sup>. Na Física expressamos a ordem de grandeza como um valor mais próximo de uma medida em potência de 10. Em uma estimativa aproximada, podemos dizer que a **ordem de grandeza** do quantitativo de habitantes em nosso Estado na atualidade e de colonos no período holandês são respectivamente:

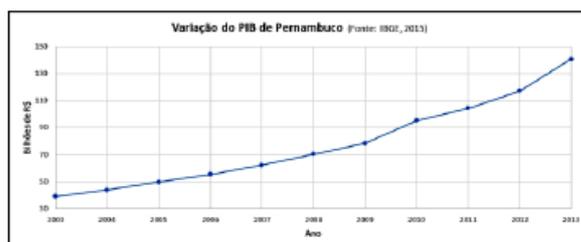


Maurício de Nassau (1604-1679) e o Brasão de PE

- A ( )  $10^3$  e  $10^6$       B ( )  $10^6$  e  $10^3$       C ( )  $10^7$  e  $10^4$       D ( )  $10^8$  e  $10^5$       E ( )  $10^{10}$  e  $10^6$

### Questão 2

A economia de Pernambuco cresceu muito na última década, trazendo consigo grandes oportunidades de trabalho e investimentos para nosso Estado. Destaca-se a atuação do Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros, mais conhecido como **Porto de Suape** que transportou um volume de 40 milhões de toneladas em 2015 (Fonte: suape.pe.gov.br). O Produto Interno Bruto (**PIB**) representa a soma (em valores monetários) de todos os bens e serviços produzidos numa determinada região, durante um período determinado de tempo. O gráfico ao lado representa a variação do **PIB de Pernambuco** (expresso em Bilhões de R\$) do final de 2003 (cerca de R\$ 40 Bilhões) até o final de 2013 (cerca de R\$ 140 Bilhões). As variações do PIB não são completamente uniformes, mas se assim as considerássemos poderíamos dizer que a **Velocidade Média** com que o PIB de Pernambuco variou em todo este período (em Bilhões R\$/ano) e o valor aproximado previsto de seu **PIB** no meio do ano de 2016 (em Bilhões R\$), seriam respectivamente iguais a:



- A ( ) 40 e 140      B ( ) 10 e 140      C ( ) 10 e 200      D ( ) 10 e 175      E ( ) 13 e 185

### Questão 3

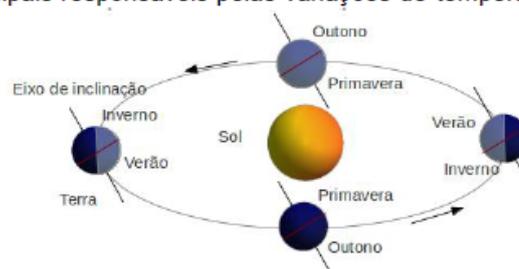
A música "**Asa Branca**" é uma das mais conhecidas em Pernambuco. De autoria de Luiz Gonzaga (1912-1989) e Humberto Teixeira (1915-1979), que a compuseram em 03 de março de 1947; é uma das mais executadas no Brasil e muitos arranjos já foram feitos para esta simples, mas contagiante música. A primeira linha de um arranjo da partitura de Asa Branca pode ser vista na figura ao lado; nela podemos identificar vários símbolos da nomenclatura musical (as linhas horizontais chamadas **Pauta** ou pentagrama, e as verticais representando os **Compassos**). Na música os tempos são todos relativos; podemos executar a mesma música em tempos proporcionalmente diferentes. O símbolo representado por **J** (chamado **semínima**) representa a duração temporal da nota utilizada; a indicação **J=60** nos diz que cada semínima será executada em um tempo igual a 1/60 do minuto, enquanto o número 2 representa que são necessárias duas semínimas para preencher cada compasso da música. Assim, quanto tempo dura a execução de uma **versão de Asa Branca** que possui 120 compassos contendo duas semínimas cada no tempo **J=60**?

- A ( ) 60 s      B ( ) 120 s      C ( ) 180 s      D ( ) 240 s      E ( ) 300 s

### Questão 4

O sertão pernambucano é assolado por fortes secas, cujas razões são complexas e variadas. Porém lembremos que as **estações do ano** (figura ao lado) são as principais responsáveis pelas variações de temperatura no globo terrestre. **Luiz Gonzaga** lembra, em sua música "Coração Sertanejo", que mesmo com as dificuldades das estações secas o sertanejo sempre é amável:

"Bom cidadão  
Riso aberto, amigo certo  
Alegria sincera  
Na primavera  
Ou qualquer estação do ano  
Este seu mano  
De braços abertos lhe espera"



A figura ao lado mostra o quadro de estações do ano, na qual para nós do hemisfério Sul seguem a sequência **VERÃO-OUTONO-INVERNO-PRIMAVERA** durante um ano completo. A distância entre a Terra e o Sol é de cerca de 150 milhões de km em média (chamada de **Unidade Astronômica = 1 UA**), que nosso planeta percorre em 12 meses. Esta distância é tão importante que é utilizada como **unidade básica** para medidas de distâncias dentro do sistema solar, por exemplo **Júpiter** está a 5,2 UA, **Marte** a 1,52 UA e **Netuno** a 30 UA, todas estas distâncias relativas ao Sol. Qual a distância percorrida aproximadamente pela Terra em cada uma das estações? (Considere  $\pi=3$ ).

- A ( ) 1,5 UA      B ( ) 3 UA      C ( ) 12 UA      D ( ) 0,5 UA      E ( ) 24 UA

### Questão 5

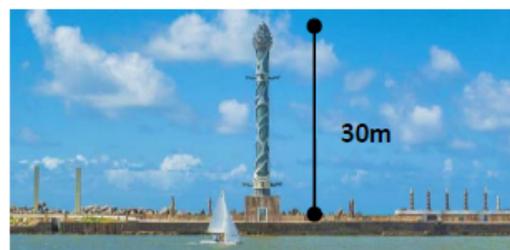
O Aeroporto Internacional dos **Guararapes-Gilberto Freyre** possui uma área de 52.000 m<sup>2</sup>, está localizado em Recife é um dos mais completos do país e o mais moderno aeroporto do Norte/Nordeste do Brasil. Seu nome (Guararapes) é uma alusão ao fato histórico da **Batalha dos Guararapes** (1649), ocorrida no período colonial brasileiro sobre os morros de mesmo nome, estarem situados na lateral oeste do aeroporto, enquanto o nome do sociólogo **Gilberto Freyre** (1900-1987) é lembrado por suas grandes contribuições à compreensão da formação cultural e antropológica de Pernambuco. A movimentação anual do aeroporto é de 7 milhões de passageiros, 38 mil toneladas de carga, recebendo 89 mil aeronaves e possuindo a maior pista de pouso e decolagem do Nordeste com 3.305 metros (INFRAERO, 2014). A cada dia dezenas de decolagens são realizadas no aeroporto. Suponha que um avião de porte médio decole do aeroporto dos Guararapes em ângulo constante de 10 graus, como mostra a figura. Após atingir uma altitude de 100 metros (H), ele teria percorrido uma distância linear (em quilômetros) sobre o solo igual a:



- A ( )  $0,1/\cos 10^\circ$     B ( )  $0,1/\sin 10^\circ$     C ( )  $0,1/\tan 10^\circ$     D ( )  $100/\tan 10^\circ$     E ( )  $100/\cos 10^\circ$

### Questão 6

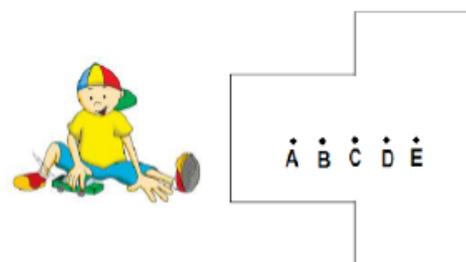
O bairro do Recife Antigo possui um local chamado **Praça Barão do Rio Branco**, mais conhecida pela população como **Praça do Marco Zero** (instituída em 1938 como ponto de medição inicial de todas as distâncias rodoviárias locais). Em frente ao Marco Zero está localizado o **Parque das Esculturas Francisco Brennand**, inaugurado no ano de 2000 como marco comemorativo da cidade do Recife aos 500 anos do Descobrimento do Brasil. Neste parque foram colocadas 90 esculturas do artista plástico pernambucano **Francisco Brennand**, atualmente com 89 anos e em plena atividade. A principal escultura do local é chamada de **Coluna de Cristal** (figura), possuindo cerca de 30 metros de altura. Se desprezarmos a resistência do ar e soltarmos um objeto em repouso do alto desta torre, na metade do percurso ele terá uma velocidade igual a: (Dado:  $g=10\text{m/s}^2$ ).



- A ( )  $6\sqrt{10}$  m/s    B ( )  $10\sqrt{6}$  m/s    C ( )  $30\sqrt{6}$  m/s    D ( )  $6\sqrt{30}$  m/s    E ( )  $10\sqrt{3}$  m/s

### Questão 7

Um conceito importante em Física é o de **Centro de Massa**. O centro de massa tem uma propriedade muito peculiar: o corpo como um todo se movimenta como se todas as forças externas estivessem aplicadas sobre ele. O movimento de um corpo rígido, ou de um sistema de corpos rígidos, pode ser representado pelo movimento do centro de massa desse corpo ou sistema. Admite-se que toda a massa do corpo, ou do sistema, esteja concentrada no centro de massa e que nele estejam aplicadas todas as forças externas. Isto facilita na identificação do movimento do corpo como um todo. Observe que na placa ao lado (figura), os efeitos da aplicação de uma força externa seriam diferentes a cada um dos pontos do objeto (A, B, C, D e E). Um menino resolve brincar com seus amigos pendurando esta placa no teto, através de um cordão preso em um dos pontos da placa e perpendicular à superfície da placa, de forma a mantê-la o mais fixa possível e assim evitando rotações. Assinale o melhor ponto para fixação do cordão no teto.



- A ( ) A    B ( ) B    C ( ) C    D ( ) D    E ( ) E

### Questão 11

O frevo é a paixão do pernambucano durante o carnaval; este conjunto de danças e músicas surgiu no final do século XIX nas ruas do Recife e Olinda, como uma mistura de várias outras culturas entre elas a capoeira. “A palavra **frevo** vem de ferver, por corruptela, frever, que passou a designar: efervescência, agitação, confusão, rebuliço; apertão nas reuniões de grande massa popular no seu vai e vem em direções opostas, como o Carnaval”, de acordo com o Vocabulário Pernambucano, de Pereira da Costa (1851-1923). A partitura ao lado representa uma versão do frevo mais famoso de Pernambuco o “**Vassourinhas**” composto por Mathias da Rocha e Joanna Batista Ramos em 1909 para o Clube Carnavalesco Misto Vassourinhas (fundado em 1889). A **velocidade relativa da música** vem indicado na partitura ao lado, onde vemos símbolos musicais que representam:  $\text{J}$  (nota musical chamada **semínima**); o número **2** nos mostra que cada **compasso**, que são separados por barras verticais na partitura, são ocupados por **duas semínimas**; o símbolo  $\text{J}=120$  indica que cada semínima terá um tempo de **1/120 do minuto** e o símbolo  $ff$  representa que deve ser executado no modo fortíssimo. Este arranjo musical foi executado pela orquestra do **Maestro Spok** (nome artístico de Inaldo Cavalcante de Albuquerque) brilhante maestro do Recife e conhecido por suas empolgantes execuções. Spok gastou um tempo total de cerca de **1 minuto e meio** para executar-la. Quantos **compassos** possui esta partitura completa?



- A ( ) 120      B ( ) 240      C ( ) 30      D ( ) 60      E ( ) 90

### Questão 12

O **Sol** é uma estrela gigante com massa aproximada de  $2 \cdot 10^{30}$  kg, ou cerca de 333 mil vezes a massa da Terra. Mesmo assim é uma estrela mediana entre as demais; uma esfera gasosa com núcleo de gás Hidrogênio em forma de **Plasma** (chamado de Hidrogênio Metálico) a cerca de 10 milhões de °C. Nele ocorrem reações de **fusão nuclear** responsáveis por seu brilho e manutenção de toda a vida na Terra. É composto basicamente por 73% de Hidrogênio, 25% de Hélio, e o restante de outros gases. O **raio equatorial** do Sol é de cerca de  $7 \cdot 10^5$  km, ele gira em torno de seu eixo gastando aproximadamente 25 dias terrestres para completar uma única rotação. Qual é aproximadamente a **velocidade de rotação do Sol** em seu equador? (Considere  $\pi=3$ ).



O Sol visto na luz ultravioleta

- A ( ) 42.000 km/h      B ( ) 12.000 km/h      C ( ) 7.000 km/h      D ( ) 1 milhão km/h      E ( ) 500 km/h

### Questão 13

O estado de Pernambuco é servido por uma **malha rodoviária** com cerca de 5.500 km de rodovias pavimentadas, correspondendo a 3,4% das rodovias nacionais (DNIT, 2013). Um sério problema de nossas rodovias são os **buracos** que ocorrem devido à má conservação e ao tráfego intenso. Se fossemos utilizar a Física para reduzir os impactos causados pelos pneus de veículos pesados nas pistas, escolheríamos pneus...

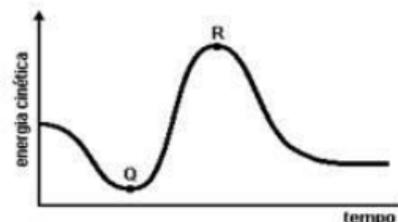


Mapa rodoviário de PE e o sério problema dos buracos

- A ( ) largos, fazendo aumentar a pressão sobre o solo.  
 B ( ) estreitos, o que reduz a pressão sobre o solo.  
 C ( ) largos, reduzindo a pressão sobre o solo.  
 D ( ) estreitos, aumentando a pressão sobre o solo.  
 E ( ) altos, fazendo reduzir a pressão sobre o solo.

### Questão 14

Um carro desce a **Serra das Russas** (um conjunto de escarpas do **Planalto da Borborema** a cerca de 80 km do litoral pernambucano), passando por altos e baixos. O motorista, para economizar combustível, deixa o carro descer livremente por um longo percurso. O gráfico ao lado representa a variação de energia cinética do carro ao longo do tempo, em um trecho onde não consideramos as influências do atrito e da resistência do ar. Sobre este trecho podemos afirmar que:



- A ( ) a velocidade é máxima em Q e altura mínima em R.  
 B ( ) a velocidade é máxima em R e altura máxima em Q.  
 C ( ) a velocidade é máxima em Q e altura máxima em R.  
 D ( ) a velocidade é máxima em R e altura mínima em Q.  
 E ( ) a velocidade e alturas são iguais em todo o trecho.

### Questão 11

O frevo é a paixão do pernambucano durante o carnaval; este conjunto de danças e músicas surgiu no final do século XIX nas ruas do Recife e Olinda, como uma mistura de várias outras culturas entre elas a capoeira. “A palavra **frevo** vem de ferver, por corruptela, frever, que passou a designar: efervescência, agitação, confusão, rebuliço; apertão nas reuniões de grande massa popular no seu vai e vem em direções opostas, como o Carnaval”, de acordo com o Vocabulário Pernambucano, de Pereira da Costa (1851-1923). A partitura ao lado representa uma versão do frevo mais famoso de Pernambuco o “**Vassourinhas**” composto por Mathias da Rocha e Joanna Batista Ramos em 1909 para o Clube Carnavalesco Misto Vassourinhas (fundado em 1889). A **velocidade relativa da música** vem indicado na partitura ao lado, onde vemos símbolos musicais que representam:  $J$  (nota musical chamada **semínima**); o número **2** nos mostra que cada **compasso**, que são separados por barras verticais na partitura, são ocupados por **duas semínimas**; o símbolo  $J=120$  indica que cada semínima terá um tempo de **1/120 do minuto** e o símbolo  $ff$  representa que deve ser executado no modo fortíssimo. Este arranjo musical foi executado pela orquestra do **Maestro Spok** (nome artístico de Inaldo Cavalcante de Albuquerque) brilhante maestro do Recife e conhecido por suas empolgantes execuções. Spok gastou um tempo total de cerca de **1 minuto e meio** para executá-la. Quantos **compassos** possui esta partitura completa?



- A ( ) 120      B ( ) 240      C ( ) 30      D ( ) 60      E ( ) 90

### Questão 12

O **Sol** é uma estrela gigante com massa aproximada de  $2 \cdot 10^{30}$  kg, ou cerca de 333 mil vezes a massa da Terra. Mesmo assim é uma estrela mediana entre as demais; uma esfera gasosa com núcleo de gás Hidrogênio em forma de **Plasma** (chamado de Hidrogênio Metálico) a cerca de 10 milhões de °C. Nele ocorrem reações de **fusão nuclear** responsáveis por seu brilho e manutenção de toda a vida na Terra. É composto basicamente por 73% de Hidrogênio, 25% de Hélio, e o restante de outros gases. O **raio equatorial** do Sol é de cerca de  $7 \cdot 10^5$  km, ele **gira** em torno de seu eixo gastando aproximadamente 25 dias terrestres para completar uma única rotação. Qual é aproximadamente a **velocidade de rotação do Sol** em seu equador? (Considere  $\pi=3$ ).



O Sol visto na luz ultravioleta

- A ( ) 42.000 km/h      B ( ) 12.000 km/h      C ( ) 7.000 km/h      D ( ) 1 milhão km/h      E ( ) 500 km/h

### Questão 13

O estado de Pernambuco é servido por uma **malha rodoviária** com cerca de 5.500 km de rodovias pavimentadas, correspondendo a 3,4% das rodovias nacionais (DNIT, 2013). Um sério problema de nossas rodovias são os **buracos** que ocorrem devido à má conservação e ao tráfego intenso. Se fossemos utilizar a Física para reduzir os impactos causados pelos pneus de veículos pesados nas pistas, escolheríamos pneus...

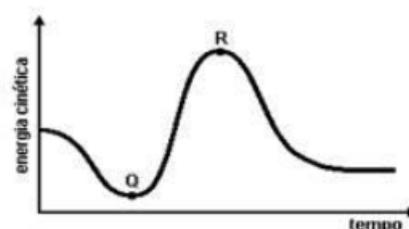


Mapa rodoviário de PE e o sério problema dos buracos

- A ( ) largos, fazendo aumentar a pressão sobre o solo.  
 B ( ) estreitos, o que reduz a pressão sobre o solo.  
 C ( ) largos, reduzindo a pressão sobre o solo.  
 D ( ) estreitos, aumentando a pressão sobre o solo.  
 E ( ) altos, fazendo reduzir a pressão sobre o solo.

### Questão 14

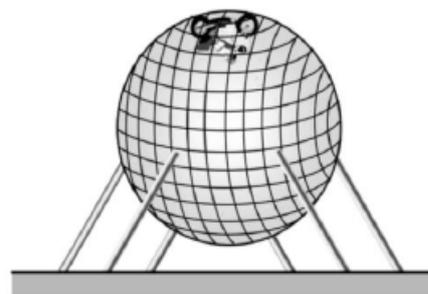
Um carro desce a **Serra das Russas** (um conjunto de escarpas do **Planalto da Borborema** a cerca de 80 km do litoral pernambucano), passando por altos e baixos. O motorista, para economizar combustível, deixa o carro descer livremente por um longo percurso. O gráfico ao lado representa a variação de energia cinética do carro ao longo do tempo, em um trecho onde não consideramos as influências do atrito e da resistência do ar. Sobre este trecho podemos afirmar que:



- A ( ) a velocidade é máxima em Q e altura mínima em R.  
 B ( ) a velocidade é máxima em R e altura máxima em Q.  
 C ( ) a velocidade é máxima em Q e altura máxima em R.  
 D ( ) a velocidade é máxima em R e altura mínima em Q.  
 E ( ) a velocidade e alturas são iguais em todo o trecho.

### Questão 15

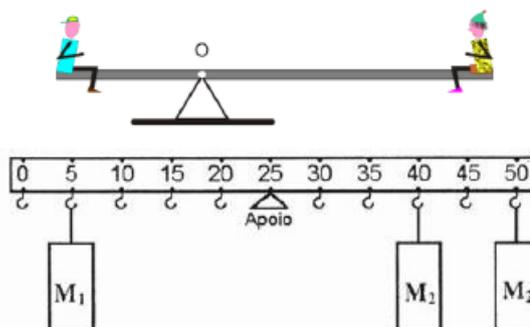
Entre outubro e novembro de 2015, Pernambuco sediou a 11ª Edição do **Festival de Circo do Brasil (FCB)**. Recife e região metropolitana tiveram 10 dias de atividades circenses, mantendo a tradição desta arte e entretenimento tão importante para adultos e crianças. Um circo que se apresentou na cidade trouxe, na programação, o espetáculo denominado **Globo da Morte**. O globo da morte é formado por uma grade de aço em forma de esfera, onde motociclistas em motos possantes exibem velocidade, coragem e agilidade num raio de aproximadamente 2,5m. No início da apresentação, apenas um motociclista inicia o movimento e, após alguns minutos, consegue completar diversas voltas passando pelo ponto mais alto do globo sem cair, desafiando a gravidade. Qual é a menor velocidade que o motociclista deve imprimir à moto para passar por esse ponto sem cair? (Dado  $g=10\text{m/s}^2$ )



- A ( ) 3,6 km/h      B ( ) 90 km/h      C ( ) 1,8 km/h      D ( ) 180 km/h      E ( ) 18 km/h

### Questão 16

Quando criança, você deve ter se divertido brincando de **gangorra** (figura). Neste brinquedo duas crianças buscam um movimento fazendo variar a **força aplicada** e a **distância** ao ponto de apoio. O princípio da Física que rege este brinquedo é chamado de Teorema de **Varignon** (1654-1722), que nos diz que "O momento (produto da força pela distância) resultante sobre um sistema em equilíbrio de forças concorrentes é sempre constante". Observando a barra da figura ao lado, com vários ganchos e massas  $M_1$  e  $M_2$ , podemos dizer que o sistema estará em equilíbrio quando:



- A ( )  $M_1=M_2$       B ( )  $M_2= 2M_1$       C ( )  $M_1=M_2/2$       D ( )  $M_2= M_1/2$       E ( )  $M_1= 3M_2$

### Questão 17

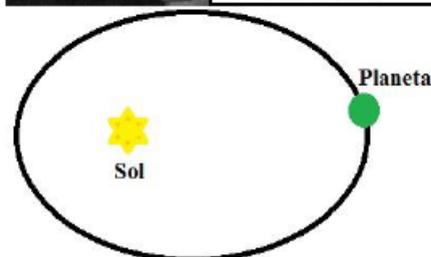
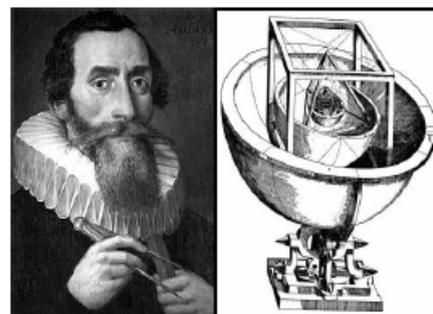
No século XVII durante a invasão holandesa a Pernambuco (1630-1654), haviam aqui cientistas observando o céu, liderados pelo alemão **George Marcgrave** (1610-1644), cujo objetivo seria a aplicação da Astronomia na navegação e na exploração das novas terras. Nesta mesma época, grandes estudos de Astronomia haviam sido realizados pelo também alemão **Johannes Kepler** (1571-1630), formulando suas famosas **Leis de Kepler**. Uma de suas leis, chamada de **Terceira Lei de Kepler**, mostra que há uma relação entre o raio médio da órbita de um planeta ao redor do Sol ( $R$ ) e o período de tempo que ele gasta para sua translação ( $T$ ).

Esta relação é representada pela equação

$$R^3/T^2 = \text{Constante}$$

ou seja:  $R_1^3/T_1^2 = R_2^3/T_2^2 = R_3^3/T_3^2 = R_n^3/T_n^2 = \text{Constante}$

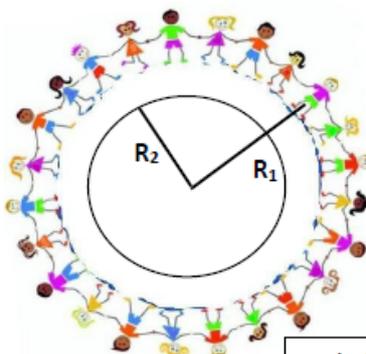
onde 1,2,3...n identifica um planeta qualquer e vale para todos os planetas. Assim, se tivermos informações de um dos planetas poderemos determinar informações de outro. Na época, Kepler mediu o período de translação de Júpiter em aproximadamente 11,2 anos. Sabendo que o planeta Terra gasta um ano para girar ao redor do Sol a uma distância média de 150 milhões de km (chamada de Unidade Astronômica = 1 UA), a distância média de Júpiter ao Sol vale aproximadamente:



- A ( ) 11,2 UA      B ( ) 5 UA      C ( ) 25 UA      D ( ) 112 UA      E ( ) 150 UA

### Questão 18

A Ciranda é uma forma de dança e música típicas de Pernambuco, foi criada na **Ilha de Itamaracá** (região metropolitana do Recife), por mulheres de pescadores que a praticavam esperando pelos maridos a chegarem do mar. Sua principal representante é Maria Madalena Correia do Nascimento, mais conhecida como **Lia de Itamaracá**, nascida na ilha em 12 de janeiro de 1944 e atualmente com 72 anos. Todos se lembram dela na música: "**Esta ciranda quem me deu foi Lia, que mora na Ilha de Itamaracá**". Ao dançarmos a Ciranda, todos dão as mãos e giram ao redor de um centro, movimentando um passo para a frente e outro para trás.



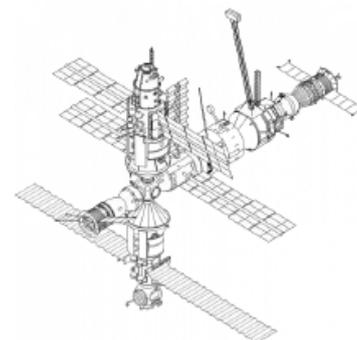
Lia de Itamaracá e sua Ciranda

As pessoas exercem forças sobre o solo e variam a distância ao centro, sempre em movimento circular. Na Física existe um conceito aplicado aos movimentos circulares que é utilizado na Ciranda: o princípio da **conservação do momento angular**. Chama-se **momento angular** mecânico ao produto dado por: **M.V.R** (onde M é a massa do sistema, V a velocidade de rotação e R o raio de curvatura). Na ciranda varia-se o raio de curvatura e com isso a velocidade de rotação também muda, mas o momento angular continua constante. Em uma determinada ciranda, as mesmas pessoas giram com velocidade constante em um raio inicial ( $R_1$ ) e logo a seguir reduzem a distância ao centro para um valor de  $R_2$  que é dois quintos do valor inicial, assim podemos dizer que a velocidade em  $R_2$  será:

A ( ) reduzida em 50%    B ( ) aumentada em 100%    C ( ) aumentada em 150%    D ( )  $2/5$  da inicial    E ( ) igual a inicial

### Questão 19

A **Estação Espacial Internacional** (em inglês: International Space Station - **ISS**) é um projeto internacional de pesquisas espaciais com a participação do Brasil. A ISS é um laboratório espacial que orbita a cerca de 350 km de altitude, sua construção teve início em 1988 a completada em 2011, estando atualmente em pleno funcionamento. Sua velocidade é de cerca de 28.000 km/h, assim ela passa sobre um ponto da Terra a cada 90 minutos aproximadamente. Pelo seu tamanho, a estação espacial pode ser vista da Terra a olho nu como um ponto luminoso, basta saber a direção certa, a hora certa para onde olhar e logicamente um céu limpo e sem poluição. A NASA disponibiliza um site (<http://spotthestation.nasa.gov/>) para que você localize a ISS. A estação torna-se visível por minutos e muitas vezes penetra na sombra da Terra, tornando-a invisível. Qual a **velocidade angular** da ISS ao redor da Terra? (Considera  $\pi=3$ ).



A ( ) 4 rad/h    B ( ) 6 rad/h    C ( ) 3 rad/h    D ( ) 0,4 rad/h    E ( ) 0,3 rad/h

### Questão 20

Um professor de Física foi visitar a cidade de **Panels** localizada dentro do Agreste Pernambucano e no planalto da Borborema a cerca de 182 km do Recife. Aproveitou para conhecer o **FESTIVAL NACIONAL DE JERICOS** que desde a década de 1970 atrai cerca de 100 mil pessoas à cidade. O professor aproveitou para registrar o movimento, em 100 metros, de três jericos (cientificamente o jericó é o **Equus asinus** uma subespécie de mamíferos perissodáctilos cujo nome popular é asno, burro, jumento, jegue, ou ainda asno-doméstico).



O professor fez medições e encontrou as equações do movimento para o jericó **A** ( $s=10+6t$ ), o **B** ( $s=10+5t$ ) e o **C** ( $s=5+6t$ ), todas com medidas no sistema SI. Comparou estas velocidades com um dos maiores corredores do mundo, **Usain Bolt**, detentor do recorde mundial de velocidade em 100 metros que possui uma velocidade média em torno de 36 km/h. Assim, com estes dados podemos afirmar que as velocidades dos jericos ( $V_A$ ,  $V_B$ ,  $V_C$ ) e a de Bolt ( $V_{Bolt}$ ) podem ser comparadas como:

A ( )  $V_{Bolt} > V_A > V_B > V_C$     B ( )  $V_{Bolt} < V_A < V_B < V_C$     C ( )  $V_{Bolt} > V_A = V_B = V_C$     D ( )  $V_{Bolt} > V_A = V_C > V_B$     E ( )  $V_{Bolt} > V_A = V_B > V_C$



## GABARITO

Nome do estudante .....

Nome da Escola .....

1	A	B	C	D	E
2	A	B	C	D	E
3	A	B	C	D	E
4	A	B	C	D	E
5	A	B	C	D	E
6	A	B	C	D	E
7	A	B	C	D	E
8	A	B	C	D	E
9	A	B	C	D	E
10	A	B	C	D	E
11	A	B	C	D	E
12	A	B	C	D	E
13	A	B	C	D	E
14	A	B	C	D	E
15	A	B	C	D	E
16	A	B	C	D	E
17	A	B	C	D	E
18	A	B	C	D	E
19	A	B	C	D	E
20	A	B	C	D	E

NOTA FINAL DO ESTUDANTE .....

Local: ....., 07 de outubro de 2016.

.....  
Assinatura do professor representante da OPEF

## **ANEXO C – RELAÇÃO DE VÍDEOS**

Aplicado na turma B da primeira série do ensino médio.

#### Vídeo 1 (7:41) ABC da Astronomia | Astronomia

Mostrando a evolução dos conceitos na astronomia e suas subdivisões.

#### Vídeo 2 (4:42) ABC da Astronomia | Ano Luz

Mostrando as medidas de tempo, distância na astronomia.

#### Vídeo 3 (3:40) ABC da Astronomia | Big Bang

Mostrando as medidas de tempo e espaço na astronomia ligada ao big bang.

#### Vídeo 5 (4:20) ABC da Astronomia | Distâncias

Para calcular e entender as distâncias astronômicas, é necessário usar técnicas especiais de medida envolvendo ângulos.

#### Vídeo 6 (4:10) ABC da Astronomia | Estrelas

Neste vídeo, você vai ver que as estrelas nascem, vivem e morrem e como se dá este ciclo, aprendendo um pouco sobre a nossa estrela mais famosa: o Sol.

#### Vídeo 7 (4:19) ABC da Astronomia | Fases da Lua

Saiba como esse fenômeno ocorre entendendo a relação de posicionamento e distância entre três corpos celestes.

#### Vídeo 9 (4:20) ABC da Astronomia | Heliocentrismo

Neste vídeo, você pode viajar no tempo e compreender o pensamento em relação ao que está ao nosso redor, desde os filósofos da antiguidade até os grandes observatórios que temos hoje.

#### Vídeo 14 (3:45) ABC da Astronomia | Meteoro

Neste vídeo você vai descobrir que o Meteoro é um acontecimento, e não um objeto. Entende-se a diferença entre eles, as estrelas cadentes e as chuvas de meteoros.

#### Vídeo 16 (4:00) ABC da Astronomia | Observatório

Neste vídeo, mostram-se lugares na Ásia, África e América que têm estruturas construídas há séculos para acompanhar os solstícios e equinócios, momentos

usados para a agricultura e muitas vezes ligados a atividades culturais. Neste vídeo, você viaja pela evolução da arte de admirar e estudar o universo.

#### Vídeo 18 (4:20) ABC da Astronomia | Quadrante

Neste vídeo, entende-se como essas ferramentas simples funcionam, e como a sua evolução ajudou os astrônomos a chegarem mais longe nas pesquisas sobre o universo.

#### Vídeo 19 (3:44) ABC da Astronomia | Rotações

Neste vídeo, você vai entender as consequências causadas pela movimentação dos planetas no universo, e vai descobrir que existe até planeta em que o dia é maior do que o ano.

#### Vídeo 24 (3:48) ABC da Astronomia | Wolt

O número de Wolf nasceu de uma expressão matemática e cria uma das mais importantes formas de observar o comportamento das manchas solares. Neste vídeo, se entende como ele surgiu.