



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física



O ENSINO INVESTIGATIVO DO MOVIMENTO DE PEQUENOS CORPOS DO SISTEMA SOLAR A PARTIR DE RECURSOS DISPONÍVEIS NA INTERNET

Gilberto Rubens de Oliveira Nobre

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:
Deise Miranda Vianna

Rio de Janeiro
Novembro de 2016

O ENSINO INVESTIGATIVO DO MOVIMENTO DE PEQUENOS CORPOS DO
SISTEMA SOLAR A PARTIR DE RECURSOS DISPONÍVEIS NA INTERNET

Gilberto Rubens de Oliveira Nobre

Orientadora:
Deise Miranda Vianna

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação
(nome dado na instituição) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino
de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção
do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada por:

Dra. Deise Miranda Vianna - UFRJ/IF (Presidente)

Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho - USP/FE

Dr. Ladário da Silva - UFF/ICEx

Dr. José Adolfo Snajdauf de Campos - UFRJ/OV

Rio de Janeiro
Novembro de 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

N754e Nobre, Gilberto Rubens de Oliveira.

O ensino investigativo do movimento de pequenos corpos do Sistema Solar a partir de recursos disponíveis na internet / Gilberto Rubens de Oliveira Nobre. – Rio de Janeiro: UFRJ/IF, 2016.

ix, 218 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Deise Miranda Vianna.

Dissertação (mestrado) – UFRJ / Instituto de Física / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2016.

Referências Bibliográficas: f. 198-210.

1. Ensino de Física. 2. Ensino por investigação.

3. Astronomia. 4. Tecnologia da Informação e

Comunicação no ensino. 5. WebQuest.

I. Vianna, Deise Miranda. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. O ensino investigativo do movimento de pequenos corpos do Sistema Solar a partir de recursos disponíveis na internet.

Dedico esta dissertação ao meu saudoso pai, Antonio Ferreira Nobre (*in Memoriam*), e minha amada mãe, Antonia de Oliveira Nobre, que com amor e sacrifícios proporcionaram aos filhos muito do que a vida não lhes ofereceu.

Agradecimentos

Agradeço aos professores do Programa de Ensino de Física da UFRJ, em especial, aqueles que tive oportunidade de participar das suas aulas, Marta, Ildeu, Helio Salim, Ricardo Barthem, Vitorvani, Antonio Carlos, Lúcia Helena, Carlos Eduardo, Carlos Zarro; e a professora Deise, que além das aulas me orientou na elaboração deste trabalho com toda paciência e gentileza que lhe são próprias. À Dilma, que sempre atenciosa esteve pronta a nos ajudar como secretária do curso. Aos queridos amigos que conheci no mestrado profissional, Roberta Vieira, Alipson Santos, André Faria, Fabiano Oliveira, Hercílio Cordova, Hugo Detoni, João Gabriel Oliveira, Leandro Batista, Márcio Santos, que já conhecia da UFF, Márcio Velloso, Otávio Almeida, Pedro Terra, Ricardo Cunha, e Rodrigo Rossini, que me deram provas de como é possível aprender de forma colaborativa. E por fim, à CAPES, ao MNPEF e à Sociedade Brasileira de Física pela concessão da bolsa de mestrado, que proporcionou aos alunos a tranquilidade necessária para se dedicar e concluir o curso.

Acorda, vem ver a lua
Que dorme na noite escura
Que fulge tão bela e branca
Derramando doçura
Clara chama silente
Ardendo meu sonhar
As asas da noite que surgem
E correm no espaço profundo
Oh, doce amada, desperta
Vem dar teu calor ao luar
Quisera saber-te minha
Na hora serena e calma
A sombra confia ao vento
O limite da espera
Quando dentro da noite
Reclama o teu amor
Acorda, vem olhar a lua
Que brilha na noite escura
Querida, és linda e meiga
Sentir teu amor e sonhar

[Heitor Villa Lobos](#)

RESUMO

O ENSINO INVESTIGATIVO DO MOVIMENTO DE PEQUENOS CORPOS DO SISTEMA SOLAR A PARTIR DE RECURSOS DISPONÍVEIS NA INTERNET

Gilberto Rubens de Oliveira Nobre

Orientadora:
Deise Miranda Vianna

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Iniciamos este trabalho pela abordagem das dificuldades enfrentadas no ensino das Ciências, em particular da Física, seguida da discussão sobre as tendências e caminhos apontados por diferentes pesquisadores e autores, que convergem para o Ensino por Investigação como proposta de renovação didática-metodológica para o ensino das Ciências. Seguimos com a apresentação de outros trabalhos que tratam da importância das novas tecnologias da informação e comunicação aplicáveis ao ensino. Prosseguimos com outras referências que mostram o potencial motivador e interdisciplinar da astronomia no ensino de ciências. A partir destes três alicerces, o Ensino por Investigação, a importância das NTIC no ensino e a Astronomia como motivação, elaboramos três blogs com atividades investigativas e de sistematização que envolvem a classificação e o movimento dos pequenos corpos do Sistema Solar (satélites, cometas, asteroides e meteoroides), o referencial e as Leis de Kepler. Os blogs também reúnem diversas ferramentas e recursos disponíveis na internet. Tivemos oportunidades de aplicar algumas atividades na Escola Técnica Estadual Henrique Lage, em Niterói, no Estado do Rio de Janeiro, sobre as quais a análise e resultados apresentamos no final deste trabalho.

Palavras-chave: Ensino de Física, Ensino por Investigação, Astronomia, Tecnologias da Informação e Comunicação no ensino, WebQuest.

Rio de Janeiro
Novembro de 2016

ABSTRACT

INQUIRY-BASED TEACHING OF MOVEMENT OF SMALL BODIES OF THE SOLAR SYSTEM FROM RESOURCES AVAILABLE ON THE INTERNET

Gilberto Rubens de Oliveira Nobre

Supervisor:
Deise Miranda Vianna

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

We began this work by addressing the difficulties faced in the teaching of science, particularly physics, followed by discussion of trends and paths indicated by different researchers and authors who converge on the Inquiry-based teaching as a proposal for renewal of the teaching of Science. We followed with the presentation of other works dealing with the importance of new information technologies and communication applicable to teaching. We proceed with other references that show the motivational and interdisciplinary potential of astronomy in science education. From these three pillars, the Inquiry-based teaching, the importance of NICTs in teaching and astronomy as motivation, we elaborated three blogs with investigative activities and systematization involving the classification and movement of small bodies of the Solar System (satellites, comets, asteroids and meteoroids), the referential and Kepler's Laws. The blogs also include several tools and resources available on the internet. We had opportunities to apply some activities at the State Technical School Henrique Lage in Niteroi, State of Rio de Janeiro, on which analysis and results are presented at the end of this paper.

Keywords: Physics Teaching, Inquiry-based teaching, Astronomy, Information and Communication Technologies in education, WebQuest.

Rio de Janeiro
November 2016

Sumário

Capítulo 1	Introdução	10
Capítulo 2	Referencial teórico	17
2.1	A renovação do ensino de ciências	17
2.1.1	A importância da educação científica para todos	23
2.1.2	O significado de alfabetização científica	26
2.1.3	A argumentação em sala de aula	28
2.1.4	Os indicadores de alfabetização científica	30
2.1.5	A superação das visões deformadas da ciência e da tecnologia	35
2.1.6	O ensino por investigação	41
2.1.7	As características das atividades investigativas.....	44
2.1.8	Tipos de atividades investigativas.....	47
2.1.9	As perguntas em atividades investigativas	48
2.2	Tecnologias da informação e comunicação no ensino	51
2.2.1	Uma breve história dos computadores digitais e a internet	53
2.2.2	As novas tecnologias digitais no ensino.....	58
2.2.3	História, conceito e potencial didático dos blogs	70
2.2.4	O método WebQuest.....	76
2.3	A Astronomia como motivação para o ensino das Ciências	80
2.4	Os pequenos corpos do Sistema Solar	90
2.4.1	O movimento dos corpos celestes	91
2.4.2	Alguns parâmetros orbitais	108
2.4.3	Os satélites Naturais.....	115
2.4.4	Os asteroides	129
2.4.5	Os cometas	134
Capítulo 3	Descrição das atividades	140
3.1	Considerações iniciais	140
3.2	Atividades sobre os pequenos corpos do Sistema Solar	142
3.3	Atividades sobre os referenciais clássicos	145
3.4	Atividades sobre as Leis de Kepler	149
3.4.1	A Primeira Lei de Kepler	149
3.4.2	A Segunda Lei de Kepler	150
3.4.3	A Terceira Lei de Kepler	154
Capítulo 4	Aplicação das atividades sobre os pequenos corpos	157
4.1	Considerações iniciais	157
4.2	A aplicação das atividades sobre os pequenos corpos	157
4.2.1	Atividades realizadas em sala de aula	158
4.2.2	Atividades externas (no blog)	165
4.3	Resultados observados na aplicação.....	180
Capítulo 5	Consideração finais.....	192
	Referências Bibliográficas.....	198
Anexo A	Autorização para fotografia, filmagem e gravação em áudio.....	211
Anexo B	Magnitudes dos asteroides	212
Anexo C	Dados sobre os NEOS obtidos pelos estudantes	213

Capítulo 1

Introdução

Licenciado em Física pela Universidade Federal Fluminense em 2001, atuo como professor de Física há cerca de 15 anos na escola básica. No mesmo ano passei a trabalhar, mediante concurso, na rede estadual de educação, e no ano seguinte, também por concurso, na rede da Fundação de Apoio à Escola Técnica (FAETEC). Já nos primeiros anos de trabalho nas duas redes públicas, percebi as dificuldades dos meus alunos, e mesmo a recusa, ao se depararem com a forma tradicional de ensino de Física, a mesma pela qual me foi transmitida. Mesmo na conversa com professores de outras áreas, escuto sobre as dificuldades que também atravessaram e do quão pouco conhecem sobre esta ciência. Ainda que tenha passado por experiências semelhantes, a compreensão do mundo natural que a Física me proporcionou e o meu encantamento por esta ciência me fez participante de uma parcela relativamente muito pequena daqueles que se dedicam ao seu estudo, e vão além, também com o ensino.

Na busca por conhecimentos e estratégias que viessem motivar os estudantes, há alguns anos passei a utilizar diversos repositórios digitais e recursos disponíveis na internet, reunindo-os em blogs e sites, que mostraram ser importantes em bons resultados alcançados.

Ainda na busca por aperfeiçoamento do trabalho em sala de aula, encontrei na Astronomia outra forma de despertar o interesse dos estudantes para aprenderem muitos conceitos e princípios da Física. Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (Brasil, 1999) e nas Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) (Brasil, 2002) encontramos referências ao potencial interdisciplinar e motivador da Astronomia que justificam esta escolha. Esta área tem despertado fascínio na humanidade desde os seus primórdios, e também a este professor. Desde então, tenho procurado integrá-la, na medida do possível, em minhas aulas, e participado de eventos ligados ao ensino de Astronomia.

Em 2014, ingressei no Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, onde além dos grandes mestres e

amigos que conheci, travei conhecimento com o "ensino por investigação". Apontado como estratégia de renovação do ensino de ciências, e capaz de proporcionar condições para a inserção dos estudantes no universo da Ciência, ou seja, aproximar as aulas de ciências ao trabalho do cientista, acrescentei ao meu rol de estratégias e tenho procurado destacá-lo no planejamento das atividades com os alunos.

Após traçarmos esta breve trajetória sobre as experiência do autor, passamos apresentar as etapas que justificam o título dado ao trabalho, que não coincidentemente, busca seguir aquela trajetória.

No capítulo 2, onde apresentamos o referencial teórico, na seção 2.1 começamos por discorrer sobre a necessidade da renovação do ensino das Ciências, e das dificuldades enfrentadas pelos estudantes diante do ensino tradicional, moldado ainda na transmissão do conhecimento científico. Dedicamos as nove subseções do capítulo para abordamos: a importância da educação científica, o significado de alfabetização científica, a argumentação em sala de aula, os indicadores de alfabetização científica, a necessidade de superação das visões deformadas da Ciência e da Tecnologia, o ensino por investigação, as características das atividades investigativas, os tipos de atividades investigativas, e a importância das perguntas dentro desta estratégia de ensino.

A investigação nas aulas de ciências, além de possibilitar maior participação do estudante na construção do conhecimento científico, dando-lhes um papel ativo durante o processo, promove a alfabetização científica, desenvolve a capacidade de argumentação, trabalho em grupo, aquisição de habilidades e competências difíceis de serem desenvolvidos no ensino tradicional (Azevedo, 2004).

Na seção 2.2, abordamos as novas tecnologias da informação e comunicação (NTIC), com destaque para o advento da internet, que vêm promovendo profundas transformações em outras áreas, mas pouco tem transformado a dinâmica escolar e acadêmica. As escolas mantêm, em quase todos os aspectos, as mesmas práticas do século XIX, principalmente no que se refere a conteúdos, metodologias e estratégias, enquanto os nossos alunos

a cada dia fazem das tecnologias e da Internet parte do cotidiano (SCHEUER & CALZAVARA, 2014).

As crianças, antes mesmo de chegarem à escola, já assistiram milhares de horas de televisão, manipularam incontáveis vezes os smartphones e tablets de familiares, contemplaram milhares de fotos nos álbuns destes aparelhos apenas com o toque dos dedos, jogaram os mais excitantes jogos virtuais, navegaram em páginas da internet, e muitas vezes sem a vigilância dos responsáveis. E como não considerar estas novas habilidades no ensino?

No final da década de 80 e início de 90 pedalava entre minha cidade e outras vizinhas, algumas bem distantes. Como a música era a minha companhia, tinha um *walkman* de última geração no qual colocava as fitas K7 com as minhas canções preferidas. Durante as viagens, algumas vezes senti necessidade de comunicação para pedir socorro quando acontecia um imprevisto, ou compartilhar em tempo real os incríveis panoramas, cujos poucos registros eram feitos com minha máquina fotográfica limitada pelo tipo de filme (normalmente 24 poses); mas não era possível já que ainda não existiam os aparelhos móveis atuais.

Nos anos 90 surgiu o *pager*, então já era possível receber mensagens de familiares e amigos ainda em movimento na estrada. Achei aquilo incrível, embora não pudesse enviar nenhuma mensagem se não tivesse um telefone para ligar para uma central. Em seguida, surgiu o celular, capaz de receber e enviar mensagens e fazer ligações. Espetacular! Progressivamente os fabricantes passaram a agregar diversos recursos além das mensagens (SMS) e telefonia móvel: fotografia, filmagem, música, jogos, internet, redes sociais, os chamados os *smartphones*. A partir daí, esses aparelhos conectados a internet vêm transformando as relações sociais, com todas as consequências intrínsecas, sejam positivas ou negativas; mas não vemos, ou vemos muito pouco, essas mudanças alcançarem as escolas. Um paciente ao procurar um consultório quase dá o diagnóstico ao médico porque anteriormente já tinha pesquisado na internet sobre os sintomas que apresentava; um *chef* prepara os mais sofisticados pratos, embora nunca o tenha feito antes, mas viu o seu preparo num site, ou num blog; um aluno discorda do professor porque viu na internet uma informação contraditória àquela apresentada em sala de aula; problemas são resolvidos seguindo tutoriais disponíveis na internet.

Estas são situações reais que enfrentamos atualmente, e o que fazer diante desta realidade em relação ao ensino? Como desprezar o potencial da Web no processo de ensino-aprendizagem? Obviamente, não de forma amadora, mas buscando respaldo em pesquisas na área de ensino que venham dar suporte ao uso dessa importante ferramenta; até porque, a grande quantidade de informações ali disponíveis também já é um problema a ser considerado. Quando o uso da internet ainda não era tão amplo, Moran já alertava: "Há informações demais e conhecimento de menos no uso da Internet na educação. E há uma certa confusão entre informação e conhecimento" (MORAN, 1999, p.25).

Com o propósito de nos situarmos no tempo diante do rápido avanço das tecnologias digitais, e sua inserção no ensino, dedicamos quatro subseções aos respectivos temas: um breve histórico do avanço das tecnologias digitais, as NTICs no ensino, o potencial didático dos blogs, e a técnica *WebQuest*. Esta técnica tem sido apontada em muitos trabalhos, e busca produzir conhecimento a partir da investigação através da internet. muitos atributos dados à técnica vai ao encontro das características das atividades investigativas.

Na seção 2.3 discorreremos sobre o potencial motivador e interdisciplinar da Astronomia no ensino das Ciências, além daquelas encontradas nas referências curriculares oficiais do Ministério da Educação.

No Sistema Solar, além dos planetas, existem incontáveis pequenos corpos em movimento com os mais diferentes tamanhos, formas e trajetórias, como meteoroides, asteroides, cometas e satélites. Durante um nictêmero (período que compreende um dia e uma noite), a Terra é constantemente bombardeada por meteoroides que queimam e se desintegram ao atravessarem a atmosfera, causando inofensivos fenômenos luminosos (meteoros), as vezes imperceptíveis, outras vezes bólidos que brilham mais que o próprio Sol, e que podem produzir estrondos e ondas de choque. Esses fenômenos despertam a atenção e curiosidade das pessoas. A figura seguinte mostra uma bonita imagem de um meteoro noturno, popularmente chamado de "estrela cadente" retirada de um texto disponibilizado pelo Observatório Nacional.



Figura 1 - Meteoro noturno, popularmente chamado de "estrela cadente". Fonte: Observatório Nacional. Você sabe o que é uma chuva de meteoros? (2011).

Mas nem sempre a entrada desses objetos na atmosfera causam apenas esses bonitos fenômenos. Em Tunguska, Rússia, em 1908, um pequeno asteroide explodiu na atmosfera com energia estimada em 185 bombas de Hiroshima, destruindo uma grande área de floresta, cujo tremor causado pode ser sentido até na Inglaterra ([VEJA.COM](http://veja.com), 2013¹). Em Cheliabinsk, também na Rússia, em 2013, um evento semelhante feriu muitas pessoas, principalmente porque foram atraídas às janelas pelo brilho da explosão e surpreendidas pelos estilhaços de vidro produzidos pela onda de choque que se seguiu.

Muitos asteroides, corpos ainda maiores que os meteoroides, cruzam com a órbita da Terra e são potencialmente muito perigosos. Na noite de Halloween, em 31 de outubro de 2015, o asteroide 2015TB145 passou muito próximo astronômico ao nosso planeta, no entanto foi observado pela 1ª vez pelos astrônomos somente com 21 dias de antecedência. E se tivesse vindo diretamente contra a Terra? Eventos desta natureza ganham destaque nas mídias e aguçam a curiosidade dos estudantes sobre estes pequenos corpos, o que podemos explorar na elaboração de atividades para as aulas de Física. Quantos fenômenos físicos estão envolvidos num evento como este?

Na seção 2.4 dedicamos 2.4.1 para apresentamos alguns parâmetros orbitais por aparecerem nas páginas da web das quais utilizamos em nossas

¹ Disponível em: <http://veja.abril.com.br/ciencia/em-1908-siberia-sofreu-com-pior-impacto-de-asteroide-ja-registrado>.

atividades, 2.4.2 para abordar alguns movimentos dos corpos celestes, e nesse intento, achamos também importante abordar o trabalho de Kepler, 2.4.3, 2.4.4 e 2.4.5 tratamos respectivamente dos satélites, asteroides e cometas, como a classificação, composição, localização, observação e monitoramento, já que muitos são potencialmente perigosos à Terra.

No capítulo 3 descrevemos as atividades propostas para este trabalho, organizadas em três blogs, das quais algumas são investigativas e aplicadas na introdução de cada tema, e buscam suscitar a discussão em sala de aula, sobre: os pequenos corpos do Sistema Solar, a ideia do referencial, as Leis de Kepler. As outras atividades, ainda que em menor grau também dependam da investigação e da colaboração entre os estudantes, são concebidas para fora da sala de aula (não necessariamente para casa), de modo que com a devida orientação constantes nos blogs, e/ou através de contato remoto com o professor (não necessariamente respondido em tempo real), os alunos possam avançar na aprendizagem de conceitos que envolvem o movimento: deslocamento, distância percorrida, trajetória, referencial, sistemas de coordenadas, velocidade, rotação, as Leis de Kepler, tomando os pequenos corpos do Sistema Solar como objetos da investigação, de modo que também despertem o interesse dos estudantes. As atividades têm ainda por objetivo fazer com que os estudantes se familiarizem com os repositórios digitais disponíveis na internet, como também ao uso de softwares auxiliares à realização das atividades, tanto em sala de aula, como fora dela; de forma que possam desenvolver competências e habilidades difíceis de serem alcançadas no ensino tradicional.

No capítulo 4 registramos a dinâmica de algumas atividades que conseguimos realizar na Escola Técnica Estadual Henrique Lage, em Niterói, Rio de Janeiro neste ano. Adiantamos que em função da grave crise administrativa do Estado, implicando no atraso dos salários dos servidores e no sucateamento das escolas, que fizeram deflagrar uma longa greve de professores (entre março e julho) e ocupações de escolas por alunos nas duas redes públicas de educação do Estado nas quais trabalho, Secretaria de Estado de Educação (SEEDUC) e Fundação de Apoio a Escola Técnica

(FAETEC), seguida ainda pelo recesso escolar no mês de agosto devido às olimpíadas, não foi possível aplicar todas as atividades e fazer a análise à luz dos indicadores de alfabetização científica como pretendíamos, de forma a apresentar os resultados a tempo da conclusão deste trabalho.

Elaboramos ainda um manual para o professor associado a esta dissertação que mostra os detalhes da elaboração dos blogs, softwares e sites utilizados e incorporados, descrevendo os objetivos, o passo-a-passo da construção, e dicas que consideramos importantes. No final do manual também apresentamos um guia geral das atividades nos blogs e que estão disponíveis na web.

Por fim, a fim de facilitar a leitura deste trabalho, quando for preciso sair da leitura principal e conferir uma informação adicional, criamos alguns links internos e externos que facilitam esta tarefa, identificados por estarem sublinhados. Estes links são detectados tanto pelo Word, quanto pelos principais leitores do formato pdf.

Capítulo 2

Referencial teórico

2.1 A renovação do ensino de ciências

É comum que um professor das Ciências, em particular de Física, ao se reunir com colegas de outras áreas, principalmente humanas e linguagens, escute durante as conversas: “nunca aprendi Física”, “eu era péssima(o) em Física”, ou “detestava Física”, como se os fenômenos físicos fossem coisas de outro mundo, ou que conhecê-los fosse completamente desnecessários para se viver com plenitude. Mas ao contrário destas falas, os conhecimentos científicos devem favorecer a participação, não somente daqueles professores, mas de todos os cidadãos na tomada fundamentada de decisões, como também em debates públicos sobre assuntos importantes que se relacionam com a ciência e a tecnologia, além de lhes proporcionar a emoção e realização pessoal de compreender o mundo natural (CACHAPUZ *et al*, 2011).

Como reflexão sobre o que dispusemos, os jornais noticiaram em janeiro deste ano a morte de quatro membros de uma mesma família ao tentarem resgatar uma criança de 9 meses de um automóvel atingido por um cabo de alta tensão que se soltou da rede elétrica ([GLOBO.COM, 2016](http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2016/01/em-sao-goncalo-4-da-mesma-familia-morrem-possivelmente-eletrocutados.html)²). Teriam sobrevivido se pelo menos um dos membros da família conhecesse os fenômenos elétricos e tivesse alertado para os cuidados necessários para o resgate? Também uma reportagem em 2015 mostrava um crescimento alarmante de acidentes com motociclistas no país. O texto informa que 12 mil mortes acontecem por ano em acidentes que envolvem motocicletas ([GLOBO.COM, 2015](http://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2015/05/brasil-registra-12-mil-mortes-por-acidente-de-moto-cada-ano.html)³). Pessoas, principalmente as mais jovens, abusam da velocidade mesmo nas curvas; e deixam de usar os equipamentos de segurança. Se os condutores de veículos tivessem uma cultura científica que lhes permitissem considerar os riscos da inobservância do princípio da inércia, teríamos tantos feridos e mortos a cada ano? Reduziríamos a velocidade e

² Disponível em: <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2016/01/em-sao-goncalo-4-da-mesma-familia-morrem-possivelmente-eletrocutados.html>.

³ Disponível em: <http://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2015/05/brasil-registra-12-mil-mortes-por-acidente-de-moto-cada-ano.html>.

usaríamos capacete e cinto de segurança em função das leis de trânsito, ou das leis da Dinâmica?

Recordo-me ainda de uma escola particular na qual trabalhei como coordenador no maior loteamento da América Latina, Jardim Catarina no município de São Gonçalo, região que apresenta um dos menores índices de desenvolvimento humano do Estado do Rio de Janeiro, e que ainda possui um sistema de transporte coletivo extremamente precário que faz com que bicicletas e motocicletas sejam amplamente utilizadas como transporte complementar. Muitos alunos vão de motocicleta para a escola e sem usar capacete. Quando passei a exigir o uso do capacete para que pudessem deixar as suas motocicletas no estacionamento da escola, pasmem, muitos pais vieram reclamar e autorizar os filhos a não usarem a proteção. Como o dono resolveu atender à exigência dos pais, dispensei o trabalho naquela "escola".

Ainda bem próximo dali, trabalhei numa escola pública que também permitia que alguns estudantes viessem de motocicleta sem usar capacete. Como professor, cidadão e físico, alertei a Direção da escola quanto à importância do uso do equipamento, e do efeito educativo desta cobrança. A Direção não tomou nenhuma providência, e na semana seguinte me procurou para comunicar sobre um acidente fatal com um dos nossos alunos; ele recebeu uma pancada na cabeça e não usava capacete. Só pude lamentar e reforçar o alerta para que a escola tomasse uma decisão responsável.

Aqueles estudantes, responsáveis e administradores seriam tão negligentes (talvez, imperitos) se conhecessem um pouco mais sobre as Leis da Dinâmica?

Ainda em relação às decisões que influenciam questões mais amplas e complexas e que envolvem os conhecimentos científicos, a bióloga e ecologista americana Rachel Carson já denunciava no final da década de 50 os efeitos nocivos do DDT (dicloro-difenil-tricloroetano) ao ecossistema por sua utilização na agropecuária e controle de vetores. No seu livro *Silent Spring* (1962), cujo título fazia alusão ao desaparecimento dos pássaros devido ao efeito colateral do inseticida, apresentava diversas provas contra o produto, o que levou a sua proibição nos países ricos, embora ainda seja muito utilizado nos países em desenvolvimento. No Brasil, está proibido desde 2009.

Mas seria necessário que uma cientista fizesse esta denúncia para que a partir daí o mundo passasse a proibir a utilização deste veneno? O DDT não mata apenas os insetos considerados como vetores de doenças ou pragas nas plantações, mas muitas outras espécies. A cadeia alimentar é afetada, logo todo o ecossistema também. Além disso, o DDT pode permanecer no solo entre 20 e 30 anos e afetar diretamente peixes, animais, e obviamente também os humanos, acumulando-se no organismo, provocando intoxicações, doenças neurológicas e alguns tipos de câncer (D'AMATO, TORRES E MALM, 2002).

Um outro exemplo concernente à educação científica foi o sucesso em relação ao protocolo de Montreal. Este acordo internacional, em vigor desde 1989, determinou o progressivo abandono do uso dos CFCs (compostos baseados em carbono e que contém cloro, responsáveis pela diminuição da camada de ozônio). Talvez possamos atribuir grande parte do sucesso deste acordo às decisões de milhões de pessoas em não comprarem produtos que continham aqueles gases, ou que fossem utilizados em sua produção.

Podemos listar outros importantes temas que devem envolver a participação crítica da sociedade quanto à ciência e tecnologia:

- os transgênicos na alimentação humana;
- o uso de combustíveis fósseis e o aquecimento global;
- o uso da energia nuclear e acidentes correlatos (Goiânia, Chernobyl e Fukushima);
- o tratamento com células-tronco embrionárias;
- debate global sobre o controle da internet;
- o desafio do desenvolvimento sustentável no mundo.

As discussões sobre ciência e tecnologia surgiram principalmente nos Estados Unidos na década de 50, após o uso das bombas nucleares no final da 2ª Guerra Mundial, e intensificaram-se nas 2 décadas seguintes devido ao uso de armas químicas na guerra do Vietnã, e da crescente degradação ambiental por todo o planeta. Trabalhos como do físico e historiador Thomas Kuhn, *A estrutura das revoluções científicas*, e da bióloga Rachel Carson, *Silent Spring*, ambas de 1962, potencializaram as discussões sobre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTS) (AULER e BAZZO, 2001), e mostraram que o

futuro das pesquisas científicas e tecnológicas não poderia ficar apenas nos âmbitos governamental, da comunidade científica e da esfera militar, mas também da participação crítica de toda a sociedade.

A educação CTS passou a tomar forma em todo o mundo e congrega professores e pesquisadores em torno da discussão de temas que vão muito além dos inseparáveis smartphones e aparelhos comprados para casa, mas de todas as formas de tecnologias que transformam o comportamento humano, as culturas, a economia, e o ambiente: tecnologia médica-hospitalar, de comunicação, alimentícia, energética, espacial, bélica. Quanto a esta última categoria, devemos lembrar que o argumento usado pelo governo norte-americano para invadir o Iraque em 2003 foi que este país possuía um arsenal químico. Grande parte da instabilidade atual no norte da África e no Oriente Médio ainda são desdobramentos daquela guerra.

Cachapuz (2011) esclarece que o enfoque CTS refletido nos currículos, recursos didáticos e estratégias de ensino, não pretende transformar cidadãos em cientistas, mas capacitá-los paulatinamente a:

[...] poderem compreender, escrutinar, debater e tornar público quais os critérios de decisão sobre políticas de tecnociência, sobretudo através de associações fiáveis. A questão não é só melhorar a educação científica é também de educação política no seu mais nobre significado. Ambas são complementares. Numa palavra, apoiar a formação de uma cultura científica a serviço da cidadania democrática (CACHAPUZ, 2011, p. 65).

Estudos apontam que mesmo uma tampa plástica de garrafa pet, ainda que descartada no interior do país, pode parar no estômago de uma tartaruga no oceano. Para que um jovem político recém egresso da escola decida implantar em sua cidade a coleta seletiva e o descarte apropriado do lixo por consciência ambiental, ele deve passar por uma educação científica como descrita por Cachapuz. Mas ao contrário disso, o professor, principalmente de Física, depara-se com a crescente recusa por parte dos estudantes na aprendizagem das Ciências (DE GREVE, 2010; CACHAPUZ *et al* , 2011, p.29, apud MATHEWS, 1991; SOLBES e VILCHES, 1997). O diálogo abaixo ilustra o que comumente acontece em um encontro do professor de Física com uma turma.

O professor se apresenta:

— Bom dia, meu nome é Fulano e serei o professor de Física da turma.

Um aluno logo a sua frente diz:

— Física é muito difícil.

O professor procura justificar a importância da disciplina:

— Mas o nosso mundo é físico, precisamos estudar Física.

Outra aluna refuta:

— Detesto Física!

Um aluno no fundo da sala termina:

— Nunca vou aprender Física.

Nos surpreenderíamos se algum professor de Física ou Ciências dissesse que ainda não passou por esta experiência. A recusa dos estudantes pelas Ciências, principalmente Física, surge a partir das primeiras abordagens ainda no ensino fundamental, em que o professor de Ciências, normalmente formado em Biologia, talvez por insegurança, por reproduzir o que aprendeu, ou por uma visão empirista/indutivista de Ciência, prende-se às equações da Cinemática, Dinâmica, Termologia, e desencadeia o processo que leva à recusa para aprender a Física, quiçá, para toda a vida.

Quando o estudante chega ao ensino médio ou ao superior, aqueles que conseguem vencer os filtros sociais existentes, se deparam com práticas semelhantes que reduzem o ensino científico basicamente à apresentação de conhecimentos já elaborados, distantes das características do trabalho científico (CACHAPUZ *et al*, 2011), e que transformam o árduo estudo da Física em meras barreiras a serem superadas a cada ano ou semestre para que possam se "formar".

Somente aqueles poucos que se encantaram com as Ciências, e se encantariam talvez diante de quaisquer estratégias de ensino, voltam-se para as engenharias, a Física, a Química, a Biologia ou ao ensino delas, vindo a reproduzir em sala de aula o que viram e aprenderam no período que permaneceram como ouvintes nas escolas e universidades. McDermott (1993) ratifica esta ideia. Para ela, pequenos grupos de estudantes que mostram afinidade com a Física e se adaptam ao método tradicional tornam-se professores por "seleção natural", e depois reproduzem o que aprenderam, inclusive a prática docente.

Mas que fator(es) tem(têm) provocado o afastamento de muitos jovens do estudo das ciências, em particular da Física segundo as pesquisas? Podemos esperar dos especialistas que se debruçam em buscar resposta(s) a esta questão que partam da análise das estratégias tradicionais utilizadas em sala de aula. O método tradicional de ensino das Ciências concebe o conhecimento de forma acabada e transmitido quase sempre por aulas expositivas, ou experimentais com roteiros fechados, nas quais é reservado normalmente aos estudantes um papel quase sempre passivo/receptivo onde tem pouquíssima ou nenhuma participação na construção do conhecimento científico. O método tradicional ainda é amplamente empregado em todos os níveis de ensino.

Na busca por fundamentação que dê adequadas respostas às questões relacionadas à renovação do ensino de Ciências, o trabalho de Cachapuz, Gil-Perez, Carvalho, Praia e Vilches, *A necessária renovação do ensino das Ciências* (2011), compila as ideias de um grupo de professores e pesquisadores envolvidos neste debate, divulgadas esparsamente como artigos em revistas brasileiras e internacionais interessadas pelo assunto. Resumimos abaixo o que os autores destacam para se alcançar a necessária renovação.

- Uma educação científica para todos os cidadãos, que promova a alfabetização científica e a conseguinte enculturação científica;
- A renovação epistemológica dos professores sobre a Ciência (mudança de visão de Ciência concebida pelos professores);
- A renovação didática-metodológica coerente com a proposta de ensino como investigação.

Em relação ao último tópico, os autores propõem um ensino que se aproxime do fazer Ciência, com foco na investigação, que dê aos estudantes um papel ativo na construção dos conhecimentos científicos e promova o encultramento científico, a partir de um modelo que chamam de Aprendizagem como Investigação; tratado em outros trabalhos, como Ensino por Investigação (EI).

Para avançarmos no referencial teórico que justifique o Ensino de Ciências por Investigação (ENCI) como uma proposta de renovação que venha efetivamente somar-se às estratégias que atraíam os estudantes à aprendizagem das Ciências, em particular a Física, acreditamos que seja fundamental avançarmos nos seguintes tópicos:

- A importância da educação científica para todos;
- O significado de alfabetização científica;
- A argumentação em sala de aula;
- Os indicadores da alfabetização científica nos argumentos;
- A superação das visões deformadas da ciência e da tecnologia;
- O ensino por investigação;
- As características das atividades investigativas;
- Tipos de atividades investigativas;
- As perguntas nas atividades investigativas.

2.1.1 A importância da educação científica para todos

A educação científica converteu-se, na opinião dos especialistas, numa exigência imediata e um fator essencial para o desenvolvimento das pessoas e dos povos. Nessa direção, seu objetivo é permitir que as pessoas sejam capazes de participar de discussões públicas sobre assuntos importantes ligados à ciência e à tecnologia (CACHAPUZ *et al*, 2011, p.17).

Moreira (2004) escreve:

A educação em ciências, por sua vez, tem por objetivo fazer com que o aluno venha a compartilhar significados no contexto das ciências, ou seja, interpretar o mundo desde o ponto de vista das ciências, manejar alguns conceitos, leis e teorias científicas, abordar problemas raciocinando cientificamente, identificar aspectos históricos, epistemológicos, sociais e culturais das ciências (MOREIRA, 2004, p.1).

Nações que lideram o mundo na economia, ciência, tecnologia, educação, ou buscam o desenvolvimento nestas áreas, têm dado especial atenção ao tema. Nos Estados Unidos, nos Parâmetros Nacionais de Ensino

de Ciências (NSES⁴), o equivalente americano aos nossos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), podemos ler na 1ª página:

In a world filled with the products of scientific inquiry, scientific literacy has become a necessity for everyone. Everyone needs to use scientific information to make choices that arise every day. Everyone needs to be able to engage intelligently in public discourse and debate about important issues that involve science and technology (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996, p.1)⁵.

No programa de ciências da Inglaterra, *National curriculum in England: science programmes of study (key stage 4)*⁶, correspondente ao 2º ciclo do ensino secundário, lemos:

Science is changing our lives and is vital to the world's future prosperity, and all students should be taught essential aspects of the knowledge, methods, processes and uses of science. They should be helped to appreciate the achievements of science in showing how the complex and diverse phenomena of the natural world can be described in terms of a number of key ideas relating to the sciences which are inter-linked, and which are of universal application. [...]

The sciences should be taught in ways that ensure students have the knowledge to enable them to develop curiosity about the natural world, insight into working scientifically, and appreciation of the relevance of science to their everyday lives, so that students:

- develop scientific knowledge and conceptual understanding through the specific disciplines of biology, chemistry and physics
- develop understanding of the nature, processes and methods of science, through different types of scientific enquiry that help them to answer scientific questions about the world around them [...](*NATIONAL CURRICULUM IN ENGLAND: SCIENCE PROGRAMMES OF STUDY - KEY STAGE 4*, 2014, p.3)⁷.

⁴ NSES - National Science Education Standards - disponível em

<https://www.csun.edu/science/ref/curriculum/reforms/nses/nses-complete.pdf>

⁵ Em um mundo repleto de produtos da investigação científica, a alfabetização científica se tornou uma necessidade para todos. Todo mundo precisa usar a informação científica para fazer escolhas que surgem todos os dias. Todo mundo precisa ser capaz de participar de forma inteligente em discurso público e debate sobre questões importantes que envolvem ciência e tecnologia (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996. Tradução do autor).

⁶ *National curriculum in England: science programmes of study (key stage 4)* - disponível no site <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-framework-for-key-stages-1-to-4/the-national-curriculum-in-england-framework-for-key-stages-1-to-4>

⁷ A ciência está mudando as nossas vidas e é essencial para a prosperidade do mundo no futuro, e os aspectos essenciais do conhecimento, métodos, processos e usos da ciência devem ser ensinados aos nossos alunos. Devemos ajudá-los a compreender as realizações da ciência em mostrar como os complexos e diversos fenômenos do mundo natural podem ser descritos em termos de um número de ideias chaves relacionadas às ciências que estão interligadas, e que são de aplicação universal. [...]

Os PCN (BRASIL, 1999) enfocam os redirecionamentos necessários para a educação científica no país:

Tais redirecionamentos têm sido relevantes para a educação científica e matemática e, certamente, suas ideias influenciam o presente esforço de revisão de conteúdos e métodos para a educação científica. Será preciso, além disso, procurar suprir a carência de propostas interdisciplinares para o aprendizado, que tem contribuído para uma educação científica excessivamente compartimentada, especialmente no Ensino Médio, fazendo uso, por exemplo, de instrumentos com natural interdisciplinaridade, como os modelos moleculares, os conceitos evolutivos e as leis de conservação (Brasil, 1999, p.48).

Na publicação da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), A Ciência para o Século XXI⁸, baseado na Conferência Mundial sobre Ciência, em São Domingos na República Dominicana, em 1999, e na Declaração sobre Ciências e a Utilização do Conhecimento Científico, realizada em Budapeste, Hungria, no mesmo ano; na consideração 10, lemos:

10. que o acesso ao conhecimento científico, a partir de uma idade muito precoce, faz parte do direito à educação de todos os homens e mulheres, e que a educação científica é de importância essencial para o desenvolvimento humano, para a criação de capacidade científica endógena e para que tenhamos cidadãos participantes e informados (UNESCO, 2003, p.29).

Estas referências mostram a importância da educação científica para que as pessoas em todo o mundo possam participar das decisões que envolvam importantes assuntos relacionados à ciência e a tecnologia. A natureza não reconhece fronteiras, e num tempo em que todas as nações buscam o desenvolvimento através da ciência e da tecnologia, ele deverá

As ciências devem ser ensinadas de modo a permitir aos estudantes desenvolver a curiosidade sobre o mundo natural, compreensão do trabalho científico e perceber a relevância da ciência às suas vidas diárias, para que estudantes:

- desenvolvam o conhecimento científico e a compreensão conceitual através das disciplinas específicas de biologia, química e física
- desenvolvam a compreensão da natureza, processos e métodos da ciência, por diferentes tipos de investigações científicas que os ajudam a responder as questões científicas sobre o mundo em volta deles. [...](*NATIONAL CURRICULUM IN ENGLAND: SCIENCE PROGRAMMES OF STUDY - KEY STAGE 4*, 2014, p.3. Tradução do autor).

⁸ UNESCO. A Ciência para o Século XXI - disponível em <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001315/131550por.pdf>

acontecer de forma sustentável, buscando-se os mais altos níveis de "alfabetização científica".

Hoje, mais do que nunca, é necessário fomentar e difundir a alfabetização científica em todas as culturas e em todos os setores da sociedade, [...] a fim de melhorar a participação dos cidadãos na tomada de decisões relativas à aplicação dos novos conhecimentos (Conferência Mundial sobre a Ciência para o Século XXI, Budapeste, 1999).

Mas o que significa a alfabetização científica? Vejamos na sequência do trabalho.

2.1.2 O significado de alfabetização científica

A ideia de alfabetização sugere uns objetivos básicos para todos os estudantes, de forma a converterem a educação científica em parte de uma educação geral (CACHAPUZ *et al*, 2011). Segundo ainda os autores, falar em alfabetização científica (AC) para todos implica num mesmo currículo básico para todos os estudantes, e requer cuidados que evitem a propagação de desigualdades sociais dentro da educação. Podemos citar o National Curriculum in England (UK, Department for Education, 2015) e o National Science Education Standards (USA, National Research Council, 1996), como exemplos de esforços neste sentido.

Sasseron e Carvalho (2008) esclarecem que na literatura nacional os pesquisadores usam além da expressão "alfabetização científica", também "letramento científico", mas na essência, ambas convergem para as mesmas preocupações com o ensino de Ciências e seu planejamento, de forma a proporcionar a construção de benefícios práticos para as pessoas, a sociedade e o meio-ambiente.

Na literatura internacional, as autoras apontam que na língua espanhola é usada a expressão "Alfabetización Científica". Na língua inglesa, "Scientific Literacy", e em francês, "Alphabétisation Scientifique". Elas justificam a preferência em português do termo "Alfabetização" em detrimento a "letramento" em virtude da ideia de "alfabetização" concebida por Paulo Freire:

[...] a alfabetização é mais que o simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrever e de ler. É o domínio destas técnicas em termos conscientes. [...] Implica numa autoformação de

que possa resultar uma postura interferente do homem sobre seu contexto (FREIRE, 1980 *apud* SASSERON & CARVALHO, 2008, p.334).

Mas qual é a definição de alfabetização científica (AC)? O que significa promover a alfabetização científica? Sasseron e Carvalho (2008) afirmam que a definição é ainda controversa na literatura em ensino de Ciências, como ainda é controversa a própria expressão. Aikenhead (1985, *apud* CACHAPUZ *et al*, 2011) aponta convergência de diferentes autores ao considerar a ideia de alfabetização científica: ir além da transmissão tradicional dos conhecimentos científicos, no sentido de aproximação à natureza da ciência e à prática científica, com ênfase nas relações ciência-tecnologia-sociedade-ambiente, de modo a favorecer a participação dos cidadãos na tomada fundamentada de decisões.

Na busca por confluências que nos permitam pensar a ideia de AC, Sasseron e Carvalho (2008) identificaram 3 eixos estruturantes:

- a compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais;
- a compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática;
- o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.

Sasseron (2015, p.56) conclui: "Pode-se afirmar que a Alfabetização Científica, ao fim, revela-se como a capacidade construída para a análise e a avaliação de situações que permitam ou culminem com a tomada de decisões e o posicionamento."

Acrescenta ainda que:

Sob essa perspectiva, a Alfabetização Científica é vista como processo e, por isso, como contínua. Ela não se encerra no tempo e não se encerra em si mesma: assim como a própria ciência, a Alfabetização Científica deve estar sempre em construção, englobando novos conhecimentos pela análise e em decorrência de novas situações; de mesmo modo, são essas situações e esses novos conhecimentos que impactam os processos de construção de entendimento e de tomada de decisões e posicionamentos e que evidenciam as relações entre as ciências, a sociedade e as distintas áreas de conhecimento, ampliando os âmbitos e as perspectivas associadas à Alfabetização Científica (SASSERON, 2015, p.56).

Bybee (1997 *apud* CACHAPUZ *et al* 2011, p.20) distingue certos graus de AC, que denomina:

- analfabetismo;
- nominal;
- funcional;
- conceitual e procedimental;
- multidimensional.

A almejada educação científica como parte da educação geral e componente da cultura de um povo, seria alcançada quando atingido o último nível de AC.

Sobre o grau multidimensional:

[...] estende-se mais além do vocabulário, dos esquemas conceituais e métodos procedimentais, para incluir outras dimensões da ciência: devemos ajudar os estudantes a desenvolver perspectivas da ciência e da tecnologia que incluam a história das ideias científicas, a natureza da ciência e da tecnologia e o papel de ambas na vida pessoal e social. Este é o nível multidimensional da alfabetização científica. [...] Os estudantes deveriam alcançar uma certa compreensão e apreciação global da ciência e da tecnologia como empresas que foram e continuam a ser parte da cultura (BYBEE, 1997 *apud* CACHAPUZ *et al*, 2011, p.21).

2.1.3 A argumentação em sala de aula

Carvalho (2007) escreve que diversos pesquisadores defendem a ideia que a Ciência deve ser entendida como uma cultura com as suas regras, valores e linguagem próprios, e que o ensino e aprendizagem das Ciências devem ser pensados no sentido de inserir os estudantes também no universo desta cultura, o que vai ao encontro da AC. Nesse caminho, a autora aponta diversas habilidades que o professor deve desenvolver, e a primeira abordada por ela é a de provocar a discussão em sala de aula.

Segundo Leitão (2011, p.13), "Argumentação, reflexão e construção do conhecimento são processos estreitamente relacionados." A autora afirma que é crescente o interesse por parte de professores, pesquisadores e pessoas ligadas à educação sobre o papel que a argumentação pode ter em sala de aula.

Souza e Sasseron (2012), escrevem:

E, ainda de acordo com Vigotsky (2000) e Bakhtin (2000), há uma relação íntima entre linguagem e o desenvolvimento do pensamento, ou seja, é por meio das estruturação da linguagem que se concebe um significado, e por meio das articulações desses significados que a aprendizagem se dá em relação ao mundo. (SOUZA & SASSERON, 2012, P.594).

Nas aulas tradicionais, dificilmente são dadas oportunidades para que os estudantes exponham as suas ideias; muito menos, são planejados momentos para que isto aconteça. E, se a linguagem é fundamental para o desenvolvimento do pensamento e para a aprendizagem, a condição passiva do estudante não o deixaria mais suscetível ao fracasso nas disciplinas científicas, particularmente na Física?

Sasseron e Carvalho (2011 *apud* LEMKE, 1997; SUTTON, 1992) colocam que o ensino de Ciências não deve ser somente voltado para a exploração de fenômenos, mas que haja possibilidade, também, de que a argumentação seja desencadeada na aula. "Por argumentação entende-se a capacidade de relacionar dados e conclusões, de avaliar enunciados teóricos à luz dos dados empíricos ou procedentes de outras fontes" (SASSERON & CARVALHO, P.99, 2012 *apud* JIMÉNEZ ALEIXANDRE; DÍAZ DE BUSTAMANTE, 2003).

Sasseron (2014) afirma que são numerosos os estudos desenvolvidos atualmente na área de Didática das Ciências que tratam das interações discursivas e a linguagem científica, e destaca o papel do discurso argumentativo no trabalho científico, e como este discurso pode ser transposto para situações da sala de aula. Quanto ao discurso, neste contexto, Nascimento e Vieira (2008) colocam:

[...] é definido como o espaço de compartilhamento de ideias entre interlocutores que se reconhecem. Professor e alunos, engajados em um jogo de trocas discursivas estabelecem, através do princípio da alteridade, um espaço comum de construção do conhecimento.

Os autores destacam ainda que não adianta considerar apenas as situações argumentativas nas aulas de Ciências, se os próprios formadores de professores de Ciências desconsideram esta prática nas suas disciplinas.

Como caminhos para a transposição do discurso para a sala de aula, nos deparamos com a ideia dos "indicadores de alfabetização científica", e dos "elementos básicos do argumento de Toulmin", apontados em diversos trabalhos para a análise das interações discursivas, e por conseguinte, da promoção da enculturação e alfabetização científica.

2.1.4 Os indicadores de alfabetização científica

Para Sasseron e Carvalho (2008), existem alguns "indicadores" no processo argumentativo em sala de aula que mostram se os conceitos e elementos do trabalho científico estão sendo desenvolvidos entre os estudantes. "Nossos indicadores têm a função de nos mostrar algumas destrezas que devem ser trabalhadas quando se deseja colocar a AC em processo de construção entre os alunos" (SASSERON & CARVALHO, 2008, P.338). As observações destes indicadores em episódios em sala de aula podem dar ao professor o *feedback* necessário para o planejamento (ou replanejamento) de seu trabalho. As autoras explicam que:

Estes indicadores são algumas competências próprias das ciências e do fazer científico: competências comuns desenvolvidas e utilizadas para a resolução, discussão e divulgação de problemas em quaisquer das Ciências quando se dá a busca por relações entre o que se vê do problema investigado e as construções mentais que levam ao entendimento dele (SASSERON e CARVALHO, 2008, p.338).

Sasseron e Carvalho (op. cit.) arranjaram os indicadores em três grupos, os quais organizamos no quadro seguinte.

Quadro 2.1.1: Indicadores de Alfabetização Científica.

Grupos	Indicadores	Explicação
Relacionados ao trabalho com os dados na investigação	<i>Seriação de informações</i>	É um indicador que não necessariamente prevê uma ordem a ser estabelecida. Pode ser um rol de dados, uma lista de dados trabalhados. Deve surgir quando se almeja o estabelecimento de bases para a ação.
	<i>Organização de informações</i>	Ocorre nos momentos em que se discute sobre o modo como um trabalho foi realizado. Surge quando se busca mostrar um arranjo para informações novas ou já elencadas anteriormente.
	<i>Classificação de informações</i>	Ocorre quando se busca conferir hierarquicamente às informações obtidas. Corresponde ao momento de ordenação dos elementos com os quais se está trabalhando e busca-se relação entre eles.

Continua.

Continuação do **Quadro 2.1.1.**

Relacionados à estruturação do pensamento nas aulas	<i>Raciocínio lógico</i>	Compreende o modo como as ideias são desenvolvidas e apresentadas e está diretamente relacionada à forma como o pensamento é exposto.
	<i>Raciocínio proporcional</i>	Mostra como se estrutura o pensamento e à maneira como as variáveis têm relação entre si, ou seja, a interdependência que pode existir entre elas.
Ligados ao entendimento da situação analisada	<i>Levantamento de hipóteses</i>	Aponta instantes em que são alcançadas suposições acerca de certo tema. Pode surgir como uma afirmação na forma de pergunta.
	<i>Teste de hipóteses</i>	Etapas em que as suposições levantadas são colocadas à prova. Pode acontecer através da manipulação direta de objetos (experimento), quanto no nível das ideias (experiência mental).
	<i>Justificativa</i>	Aparece quando é dada uma garantia para uma afirmação proposta, o que a torna mais segura. Uma evidência, por exemplo.
	<i>Previsão</i>	Surge quando se afirma uma ação/fenômeno a partir de certos acontecimentos anteriores.
	<i>Explicação</i>	Surge quando se busca relacionar informações e hipóteses. Normalmente sucede uma justificativa para um problema, embora possam surgir explicações nas quais não são dadas garantias.

Fonte: SASSERON e CARVALHO, 2008, P.338-339.

[Volta para 4.1](#)

Os indicadores de AC podem ser percebidos nos discursos em que aluno e professor expõem as suas opiniões, suposições, afirmações ao levantarem hipóteses sobre um problema, apresentam evidências como justificativa, ou chegam diretamente à conclusão ao darem uma explicação; o que Sasseron e Carvalho (2011) chamam de *argumentação* em sala de aula. O raciocínio utilizado pelo aluno nessa dinâmica e demonstrado por sua fala são os argumentos; e neles o professor buscará identificar os indicadores de AC de modo a planejar, redirecionar e desenvolver o seu trabalho, e permitir que seus alunos galguem os mais altos níveis na AC.

Além dos indicadores propostos por Sasseron e Carvalho, o modelo (ou padrão) de Toulmin também é apontado para verificar se os conceitos e elementos do trabalho científico estão sendo desenvolvidos nas aulas de ciências.

Inicialmente voltado à jurisprudência, e com origem na crítica realizada por Toulmin (1958 apud PINOCHET, 2015) à lógica formal, ainda de tradição aristotélica; tem sido empregado na educação para a análise da estrutura dos argumentos, e pode também mostrar o avanço da AC entre os estudantes. Segundo Pinochet:

El modelo de Toulmin ha resultado fecundo, tanto dentro como fuera del campo de la educación [...]. En el terreno específico de la investigación educativa, además de sus importantes aplicaciones en el estudio de la argumentación en las clases de ciencias [...] (PINOCHET, 2015).

A figura seguinte apresenta um esquema das aplicações do modelo de Toulmin.

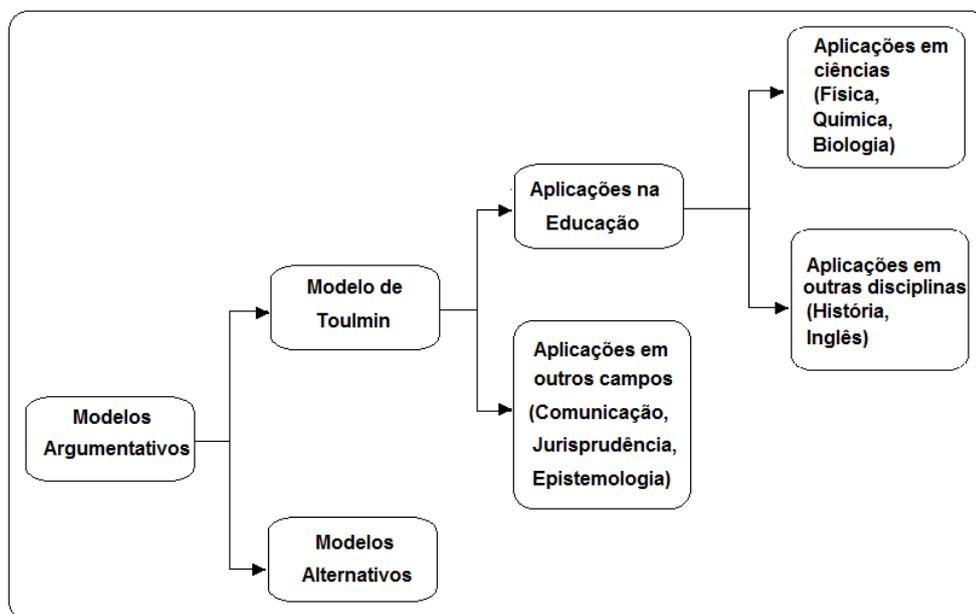


Figura 2.1.1: Esquema das diversas aplicações do modelo de Toulmin.
Fonte: Pinochet, 2015, p.310.

O modelo de Toulmin apesar de não estar diretamente ligado à educação, ao ser transposto para este campo, mostrou-se muito útil na análise dos argumentos dos estudantes diante da elucidação de problemas apresentados nas aulas de ciência. Nascimento e Vieira (2008) destacam que vários autores se apropriaram do padrão fazendo adaptações às suas necessidades (VILLANI & NASCIMENTO, 2003; NEWTON *et al*, 1999; MUNFORD *et. al*, 2005; VILLANI, 2002; SANTOS, 2001; DRIVER *et al*, 2000, ZOHAR & NEMET, 2002 *apud* NASCIMENTO & VIEIRA, 2008).

Mas o que propõe este modelo quanto à estrutura do argumento? Toulmin parte da ideia de que toda afirmação categórica (asserção) defende uma alegação. Esta alegação corresponde a uma conclusão (C), traduzida pela explicação apresentada a um problema. Os fatos que apoiam esta alegação são os dados (D), aos quais se recorrem como fundamentos para a alegação. As garantias (G) são informações adicionais que estabelecem a relação entre os dados (D) e a conclusão (C). As garantias podem ser regras ou princípios,

mas não novos fatos. Segundo Nascimento e Vieira (*op. cit.*), um argumento já pode ser elaborado a partir desses três elementos, e sua estrutura básica é "A partir do dado (D), já que (G), então (C)". [Voltar para 4.3](#)

Mas Toulmin preocupou-se também com situações em que dado (D), garantia (G) e conclusão (C) não bastam para tornar aceito o argumento. Para estes casos, um qualificador (Q) surge e se torna a "força que a garantia empresta à conclusão". Segundo ele, o qualificador modal, via de regra, é introduzido por um advérbio e dá aval à conclusão obtida (TOULMIN, 2006 *apud* SASSERON e CARVALHO, 2011). Em oposição, um outro elemento, a refutação (R), faz com que a garantia perca força e delimita a sua validade quanto ao suporte à conclusão. Por fim, o último elemento do modelo corresponde ao apoio (A), traduzido pelo conhecimento básico, que envolve de autoridade a garantia ao apoiar à conclusão. A figura seguinte apresenta um esquema destes elementos básicos para um padrão de argumento sucintamente descrito.

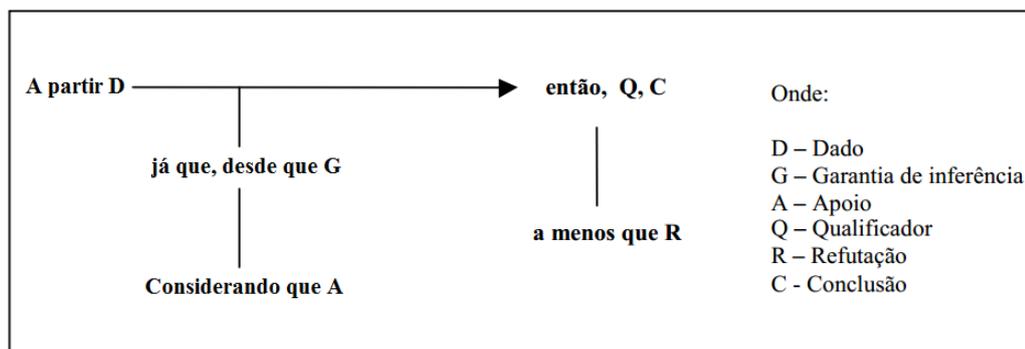


Figura 2.1.2: Padrão de argumento de Toulmin. Fonte: NASCIMENTO e VIEIRA, 2008 (adaptado).

Desenvolver as ferramentas para identificação e análise dos indicadores de alfabetização científica, ou dos elementos básicos do padrão de Toulmin, é um desafio para o professor que busca uma avaliação sobre o avanço de seus alunos na AC, ou sobre o próprio trabalho. Por avaliação, Sasseron (2014, p.40) entende como "um processo incessante de observar, analisar e compreender as situações didáticas, que devem ocorrer desde o planejamento na consideração dos entornos."

A dinâmica da sala de aula que dá espaço à argumentação é muito intensa, e como analisar as falas dos estudantes em busca dos indicadores de AC? O professor pode gravar as discussões que acontecem em sala de aula

para análise posterior. Em atividades realizadas em pequenos grupos, um dos estudantes pode ser encarregado da gravação e entrega ao professor. Os smartphones, que segundo a proposta do nosso trabalho podem ser utilizados para a realização das atividades, gravam áudio com excelente qualidade e podem ser usados também para este fim.

Uma forma que aparece em diversos trabalhos para a análise da argumentação corresponde a quadros que reúnem as transcrições das falas do professor e alunos, tratadas como turnos, nos quais podem ser identificados, ou não, os indicadores de AC. Transcrevemos abaixo um quadro apresentado por Sasseron e Carvalho (2011) onde analisam um episódio selecionado por elas sobre uma discussão em torno de uma tabela obtida por alunos ao participarem do jogo "Presa e Predador"⁹. O jogo simula a interação entre três espécies (plantas, tapitis¹⁰ e jaguatiricas). Não é nossa intenção descrever os detalhes sobre o jogo, mas exemplificar através do quadro a análise realizada no episódio.

Quadro 2.1.2: Exemplo de análise da argumentação em sala de aula. Episódio 1 da discussão realizada por alunos sobre os resultados obtidos ao participarem do jogo "Presa e Predador".

Turno	Falas transcritas	Indicadores
37	Professora: (concordando) Continuava tapiti. E a jaguatirica que se alimentava de tapiti? O que acontecia na outra rodada?	Organizar informações
38	Luciano: Ela continuava sendo jaguatirica.	Organizar informações
39	Professora: E o tapiti que tinha sido comido pela jaguatirica?	Organizar informações
40	Eric: Virava planta.	Organizar informações
41	Luciano: Virava jaguatirica.	Organizar informações
42	Professora: E por que a planta que era comida pelo tapiti virava tapiti, e o tapiti que era comido por jaguatirica virava jaguatirica? Por que isso acontecia? (pausa) Hum? Por que, Rogério?	
43	Rogério: Não sei, mas acho que quando ela come o tapiti, ela mastiga, mastiga e engole, aí depois o, a, o tapiti vira uma parte do corpo dela.	Explicação Levantamento de hipóteses Previsão Raciocínio lógico

Continua.

⁹ Este jogo simula a dinâmica da cadeia alimentar entre 3 espécies (plantas, tapitis e jaguatiricas). A descrição do jogo é encontrada em <http://www.cdcc.usp.br/exper/fundamental/roteiros/caop1.pdf>.

¹⁰ Espécie de coelho brasileiro.

Continuação do **Quadro 2.1.2.**

44	Professora: (concordando) Muito boa. Vocês ouviram o que o Rogério falou?	
45	Júnior: Não.	
46	Professora: Vou repetir um pouco mais alto. (falando para o Rogério) . Aí você me corrige se eu falar alguma coisa errada. Quando... (chamando a atenção de uma aluna), viu, Isabel?... Quando a jaguatirica, quando a jaguatirica come o tapiti, o tapiti vai pra dentro da jaguatirica, não é isso?, e aí ele acaba se tornando um pedaço da jaguatirica, um pouco da jaguatirica, ele acaba fazendo parte da jaguatirica, não é isso? Daí, ele, ele vai virar jaguatirica também. E isso acontece com a planta também?, quando ela é comida pelo tapiti?	Organizar informações
47	Alunos: Sim.	
48	Professora: (concordando) A mesma coisa. Quando o tapiti come a planta, a planta passa a fazer parte do tapiti, daí ele será também um tapiti. Fala, Isabel.	Organizar informações

Fonte: SASSERON & CARVALHO, 2011, P.106.

[Voltar para 4.3](#)

Procuramos neste trabalho identificar os indicadores acima nas respostas apresentadas pelos estudantes às perguntas problematizadoras que abriram as atividades sobre os pequenos corpos do Sistema Solar. Os resultados da aplicação com os ensaios dos indicadores estão na seção [4.3](#).

2.1.5 A superação das visões deformadas da ciência e da tecnologia

Além de todas as questões relacionadas ao contexto mundial, político, econômico e social que determinaram as reformas e mudanças na educação nas últimas décadas no Brasil e no mundo, existem as questões ligadas àqueles que efetivamente operacionalizam a aprendizagem em sala de aula, o professor. Araújo-Oliveira (2009) acentua que apesar das novas diretrizes propostas pelas reformas educativas estabelecidas nos últimos anos, as mudanças não acontecem da noite para o dia, mas esbarram em outras questões, entre elas, o alcance dessas propostas na prática do professor.

A transformação das práticas pedagógicas em função das novas orientações postas pelas reformas educativas está, contudo, longe de ser alcançada. [...] Estas inovações ou rupturas são reinterpretadas

pelos professores que são, ao mesmo tempo, consumidores das mudanças e agentes potenciais de resistência. Nesse contexto, as reformas são susceptíveis de entrar em conflito com as práticas pedagógicas vividas nas escolas e nas salas de aula (SANTOS, 2002). Por um lado, os professores, mesmo se adeptos às novas orientações, as interpretam e as adaptam em função do seu contexto de trabalho, de suas representações, de suas crenças e valores. Por outro lado, para muitos professores, tais inovações são uma fonte de insegurança e de apreensão pelo fato de se apresentarem como ruptura com as práticas já instauradas (ARAÚJO-OLIVEIRA, 2009, p.620).

O autor afirma que existem diversos trabalhos que buscam explicar, refletir, demonstrar ou descrever a atividade do professor sob diferentes visões, paradigmas, finalidades.

O trabalho de Cachapuz *et al* (2011) reúne diversos resultados de investigações na área do ensino das Ciências que coadunam com os apontamento de Araújo-Oliveira. Aqueles autores tratam de diversos temas que implicam diretamente na transformação da prática docente nas aulas de Ciências:

- A Educação Científica como objetivo social prioritário;
- Papel da epistemologia no desenvolvimento da Didática das Ciências e na formação dos docentes;
- Defesa e exemplificação do modelo de Aprendizagem como Investigação;
- A Didática das Ciências como um novo corpo de conhecimentos.

Uma importante questão levantada naquele trabalho corresponde às visões empobrecidas e distorcidas da Ciência e da Tecnologia transmitidas pelo professor e que podem gerar desinteresse, e mesmo a rejeição, em muitos estudantes quanto à aprendizagem nesta área. Os autores apontam investigações que evidenciam que concepções epistemológicas inadequadas, e mesmo incorretas, foram um dos principais obstáculos aos movimentos de renovação da educação científica. Essas concepções estão diretamente ligadas à forma com que muitos professores ainda ensinam as Ciências: apresentam os conhecimentos como já acabados, e obtidos segundo um suposto "Método Científico", restando apenas a sua transmissão para a sala de aula.

Eles analisam ainda a relação entre Ciência e Tecnologia, buscando mudar a ideia de que a Tecnologia é uma mera aplicação dos conhecimentos científicos. Mostram que as técnicas antecederam a Ciência, e da crescente interdependência da Ciência e da Tecnologia devido à sua incorporação nas mais diversas atividades. Nesse sentido, acrescentam que " [...] isso torna hoje difícil, e ao mesmo tempo, desinteressante classificar um trabalho como puramente científico ou puramente tecnológico." (CACHAPUZ et al, 2011, p.39).

Mas quais são as possíveis visões que emperram as mudanças no ensino das Ciências? Cachapuz *et al* (2011) as elencaram da seguinte forma:

- *Individualista e elitista* (representa um único investigador, Homem...).
- *Descontextualizada* (não se disse nada sobre o possível interesse e relevância da investigação, suas possíveis repercussões... e local do trabalho parece uma autêntica torre de marfim absolutamente isolada... nem sequer se desenha uma janela!).
- *Aproblemática* (não se indica que se esteja investigando algum problema).
- *Empiro-indutivista* (a sua atividade parece reduzir-se à observação e experimentação na busca do descobrimento feliz... não se representa nem um livro que permita pensar no corpo de conhecimentos).
- *Rígida, algorítmica, infalível* (nada se disse, por exemplo, de possíveis revisões e novas linhas da investigação).
- *Exclusivamente analítica* (não se propõe a possível vinculação do problema abordado a diferentes campos da ciência, nem a conveniência de um tratamento interdisciplinar...).
- *Acumulativa* (nenhuma menção de como o novo "descobrimento" afeta o corpo de conhecimentos...) (CACHAPUZ *et al*, 2011, p.53).

A americana Naomi Oreskes, historiadora de Ciências, apresentou uma palestra (ORESQUES, 2014, vídeo *online*) com o título *Why believe in science*¹¹ ? na qual explicava porque devemos acreditar na Ciência. A apresentação mostrou que muitos americanos (e, certamente muitas pessoas pelo mundo) não acreditam nos resultados científicos em função de visões de ciência como elencadas anteriormente. Mostrou ainda que o trabalho científico não é feito por um único "Método Científico", mas que existem diversos caminhos e estratégias possíveis. Ela concorda com muitos historiadores, filósofos e

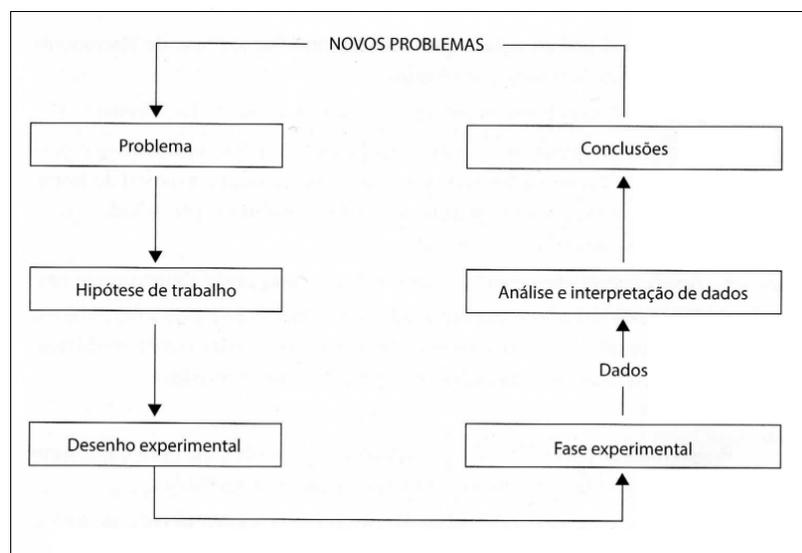
¹¹ Palestra disponível no canal *TED talks* do Youtube, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=RxyQNEVOEIU>

sociólogos que dizem que a Ciência é um apelo à autoridade, mas não à autoridade individual, mas da comunidade científica.

Depois de descrever alguns episódios da história da Ciência, explicou que devemos acreditar na Ciência porque o que é considerado "certo" ou "errado" é uma decisão coletiva, não individual, por mais inteligente que seja o cientista. Devemos confiar na Ciência porque é muito difícil persuadir a comunidade científica a dizer: "Sim, conhecemos isso. Isso é verdadeiro". O conhecimento científico é um consenso entre especialistas. Mas não deve ser uma confiança cega, mas baseada em evidências. E para que um cientista defenda a sua ideia, ele não deve saber apenas explicar o que sabe, mas também como fez para chegar aquele conhecimento. Ela termina a palestra afirmando que para isso, os cientistas precisam se tornar melhores comunicadores, e as pessoas, melhores ouvintes.

Cachapuz *et al* (2011) criticaram também a visão de uma Ciência realizada por um suposto "Método Científico" de caráter rígido e algorítmico que muitos livros didáticos apresentam, e que muitos professores ainda transmitem. No diagrama seguinte os autores representam o esquema deste suposto "Método de Científico".

Quadro 2.1.3: Diagrama representativo do "Método Científico" na crítica de Cachapuz *et al*.



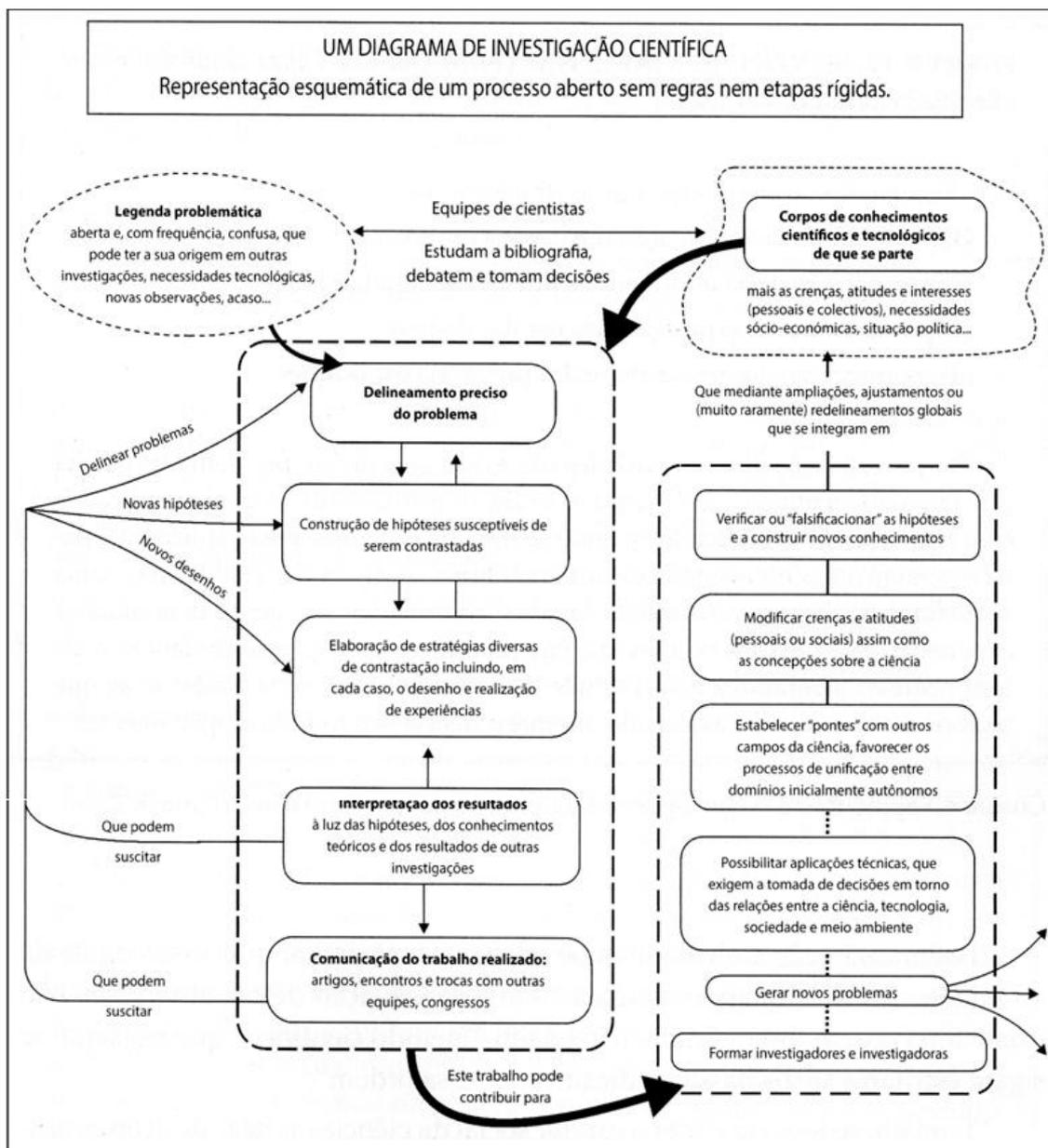
Fonte: CACHAPUZ *et al*, 2011, p.54.

Para Cachapuz *et al* (2011):

"[...] é fácil detectar muitas das distorções e empobrecimentos típicos num diagrama como este: desde o carácter rígido, algorítmico, de etapas a seguir ordenadamente, à visão descontextualizada, ainda que pelo menos se faça referência a um problema como a origem da investigação." (CACHAPUZ *et al*, 2011, p.54).

Em oposição ao quadro anterior, os autores propõem um segundo diagrama que dá uma visão melhor das estratégias envolvidas na atividade científica. Apresentamos no quadro a seguir.

Quadro 2.1.4: Diagrama representativo que melhor representaria as estratégias da atividade científica segundo Cachapuz *et al*.



Fonte: CACHAPUZ *et al*, 2011, p.55.

Eles destacam ainda que é fundamental obter uma maior compreensão da atividade científica em si mesma, principalmente para aqueles mais diretamente responsáveis pela educação científica: o professor. Terminam o capítulo que tratam das visões deformadas de Ciência, enumerando uma série de aspectos a serem considerados na elaboração dos currículos nesta área, que favorecem a construção dos conhecimentos científicos e a clarificação da natureza da Ciência. São estes aspectos:

1. Apresentam-se situações problemáticas abertas (com o objetivo de que os alunos possam tomar decisões para precisá-las) de um nível de dificuldade adequado (correspondente à sua zona de desenvolvimento próximo)?
2. Propõe-se uma reflexão sobre o possível interesse das situações propostas que dê sentido ao seu estudo (considerando a sua relação com o programa geral de trabalho adoptado, as possíveis, implicações CTSA...)?
[...]
3. Propõe-se uma análise qualitativa, significativa, que ajude a compreender e a balizar as situações propostas (à luz dos conhecimentos disponíveis, do interesse do problema etc.) e a formular perguntas operativas sobre o que se procura?
4. Propõe-se a **emissão de hipóteses**, fundamentadas nos conhecimentos disponíveis, susceptíveis de orientar o tratamento das situações e de fazer explícitas, funcionalmente, as pré-concepções?
[...]
5. Propõe-se a elaboração de estratégias (no plural), incluindo, no seu caso desenhos experimentais?
[...]
6. Propõe-se a análise profunda dos resultados (sua interpretação física, fiabilidade, etc.), à luz do corpo de conhecimentos disponíveis, das hipóteses tidas em conta e/ou dos resultados de outras equipas?
[...]
7. Propõe-se a consideração de possíveis perspectivas (redelineamento do estudo a outro nível de complexidade, problemas derivados...)
[...]
8. Pede-se um esforço de integração que considere a contribuição do estudo realizado à construção de um corpo coerente de conhecimentos, as possíveis implicações em outros campos de conhecimentos, etc.?
[...]
9. Presta-se atenção à comunicação como aspecto essencial da atividade científica?
10. Potencia-se a dimensão coletiva do trabalho científico organizando equipas de trabalho e facilitando a interacção entre as equipas e a comunidade científica (representada na classe pelo resto das equipas, o corpo de conhecimentos já construído, os textos, o professor como "perito"...)?) (CACHAPUZ *et al*, 2011, p.61-63)

Os autores salientam ainda que a observância destes aspectos na elaboração dos currículos de Ciências exige também mudanças no processo

de ensino/aprendizagem baseada na tradicional transmissão pelo professor e livros didáticos. O caminho apontado são práticas que levem o estudante a participar da sua construção dos conhecimentos científicos, e que esta construção se aproxime do trabalho dos cientistas.

Uma metodologia apontada por Cachapuz *et al* (2011) é a aprendizagem como investigação, ou ensino por investigação, como encontramos em outros trabalhos. Trataremos deste assunto na próxima seção.

2.1.6 O ensino por investigação

Sá *et al* (2007) escrevem que mesmo nos Estados Unidos onde a proposta do ensino por investigação já está bem consolidada, ainda falta uma definição clara deste conceito. Apesar dos autores abordarem naquele trabalho as características das atividades investigativas, segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de Ciências por investigação (ENCI)¹², afirmam que na primeira edição do curso circularam várias concepções de "ensino por investigação", e que ao longo do curso os tutores e coordenadores construíram um consenso acerca das principais características das atividades investigativas.

Acreditamos ser importante iniciar esta seção fazendo referência a este trabalho como forma de mostrar que mesmo entre educadores envolvidos no ensino por investigação, busca-se consenso sobre o assunto. Mas importantes e recentes trabalhos vêm trazendo luz ao tema e dicas sobre a sua operacionalização.

Primeiro vamos tratar do termo "investigação". Segundo Hinrichsen e Jarrett (1999 *apud* SÁ *et al*, 2007) o significado central da investigação científica gira em torno duas grandes ideias:

- i) Investigação como a essência do empreendimento científico;
- ii) Investigação como uma estratégia para o ensino e a aprendizagem de ciências (HINRICHSEN & JARRETT, 1999 *apud* SÁ *et al*, 2007, p.3).

Sasseron (2015) ao citar Grandy e Duschl (2007) escreve que os autores colocam em destaque que o próprio entendimento do fazer científico

¹² Curso de especialização ofertado pelo Centro de Ciências e Matemática de Minas Gerais (CECIMIG) da Faculdade de Educação/UFMG. A modalidade é à distância e destina-se aos docentes de Física, Química e Biologia. O site do curso está disponível em <http://cecimig.fae.ufmg.br/index.php/cursos/enci>.

vem sendo modificado, o que faz surgir também a necessidade de se alterar a própria ideia de investigação ao ser levada para a sala de aula. Segundo Sasseron, os autores destacam ainda que:

[...] a investigação em sala de aula deve oferecer condições para que os estudantes resolvam problemas e busquem relações causais entre variáveis para explicar o fenômeno em observação, por meio do uso do raciocínio do tipo hipotético-dedutivo, mas deve ir além: deve possibilitar a mudança conceitual, o desenvolvimento de ideias que possam culminar em leis e teorias, bem como a construção de modelos." (GRANDY & DUSCHL, 2007 *apud* SASSERON, 2015, p.58).

Sasseron (2015) coloca que o ensino por investigação vai além de uma metodologia de ensino recomendada para a abordagem de certos conteúdos e temas, podendo ser aplicado nas mais diferentes aulas, sob as mais diversas formas e para diferentes conteúdos. O ensino por investigação para a autora:

[...] caracteriza-se por ser uma forma de trabalho que o professor utiliza na intenção de fazer com que a turma se engaje com as discussões e, ao mesmo tempo em que travam contato com fenômenos naturais, pela busca de resolução de um problema, exercitam práticas e raciocínios de comparação, análise e avaliação bastante utilizadas na prática científica (SASSERON, 2015, p.58).

Ainda segundo a autora, o ensino por investigação configura-se por uma abordagem didática, que por isso pode estar vinculado "[...] a qualquer recurso de ensino, desde que o processo de investigação seja colocado em prática e realizado pelos alunos a partir e por meio das orientações do professor." (SASSERON, 2015, p.58).

Um outro trecho do trabalho da autora é muito esclarecedor sobre o ensino por investigação quanto a abordagem didática:

[...] o ensino por investigação demanda que o professor coloque em prática habilidades que ajudem os estudantes a resolver problemas a eles apresentados, devendo interagir com seus colegas, com os materiais à disposição, com os conhecimentos já sistematizados e existentes. Ao mesmo tempo, o ensino por investigação exige que o professor valorize pequenas ações do trabalho e compreenda a importância de colocá-las em destaque como, por exemplo, os pequenos erros e/ou imprecisões manifestados pelos estudantes, as hipóteses originadas em conhecimentos anteriores e na experiência de sua turma, as relações em desenvolvimento. É um trabalho em parceria entre professor e estudantes. Uma construção de entendimento sobre o que seja a ciência e sobre os conceitos, modelos e teorias que a compõem; nesse sentido, é uma construção de uma nova forma de vislumbrar os fenômenos naturais e o modo

como estamos a eles conectados e submetidos, sendo a linguagem uma forma de relação com esses conhecimentos e também um aspecto a ser aprendido (SASSERON, 2015, p.58).

Scarpa e Silva (2013) destacam que nos Estados Unidos e na Europa, "[...]o ensino por investigação é uma metodologia bastante discutida e consagrada nos documentos oficiais, que chamam a atenção de que fazer e compreender a investigação científica envolve o desenvolvimento de habilidades como observação, inferência, levantamento e teste de hipóteses, utilizando-se das teorias científicas para construir explicações" (MUNFORD & LIMA, 2007 *apud* SCARPA & SILVA, 2013, p.135). Elas colocam que nos parâmetros curriculares norte-americanos, as etapas essenciais presentes no ensino por investigação são as seguintes:

- o engajamento em perguntas de orientação científica;
- a utilização de evidências para responder às questões;
- a formulação de explicação a partir das evidências;
- a avaliação dessas explicações à luz de outras alternativas, especialmente as científicas;
- a justificativa e a comunicação das explicações propostas. (SCARPA & SILVA, 2013, p.135).

Quanto aos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCNs (BRASIL, 1999), a *investigação e compreensão* aparecem no elenco dos principais objetivos formativos (competências e habilidades) a serem alcançados pelos estudantes, embora não faça nenhuma menção do tipo de abordagem para que sejam alcançados. Obviamente, o ensino por investigação é o mais forte candidato como estratégia para o desenvolvimento das capacidades apontadas no documento, talvez, único.

Investigação e compreensão

Desenvolver a capacidade de questionar processos naturais e tecnológicos, identificando regularidades, apresentando interpretações e prevendo evoluções. Desenvolver o raciocínio e a capacidade de aprender.

[...]

- Formular hipóteses e prever resultados.
- Elaborar estratégias de enfrentamento das questões.
- Interpretar e criticar resultados a partir de experimentos e demonstrações.
- Articular o conhecimento científico e tecnológico numa perspectiva interdisciplinar.

[...].

- Compreender o caráter aleatório e não determinístico dos fenômenos naturais e sociais e utilizar instrumentos adequados para medidas, determinação de amostras e cálculo de probabilidades.
- Fazer uso dos conhecimentos da Física, da Química e da Biologia para explicar o mundo natural e para planejar, executar e avaliar intervenções práticas.
- Aplicar as tecnologias associadas às Ciências Naturais na escola, no trabalho e em outros contextos relevantes para sua vida. (BRASIL, 1999, p.12-13).

Mas como implementar o ensino por investigação nas aulas de Ciência? Os autores e pesquisadores apontam para as atividades investigativas, ou mesmo um encadeamento delas e aulas sobre um tema que é colocado em investigação, e que busquem relacioná-lo a conceitos, práticas e outras esferas sociais e de conhecimento que possam ser trabalhados (SASSERON, 2015), as chamadas sequências de ensino investigativas (SEI). A autora ressalta que todas as atividades da SEI devem ser igualmente investigativas, ou seja, que tenham por trás um problema claro que precisa ser resolvido.

A proposta do ensino por investigação tem caráter construtivista e coaduna com as ideias de Piaget e Vygotsky. Carvalho (2013), ao tratar das condições para implementação desta abordagem de ensino em sala de aula, apresenta uma síntese elucidadora das ideias de Piaget (que explica o mecanismo de construção do conhecimento pelos indivíduos) e Vygotsky (que explica a construção social do conhecimento) no planejamento e interações didáticas das sequências de ensino investigativas (SEIs). Mas não pretendemos nos aprofundar nos referenciais teóricos de Piaget e Vygotsky, queremos apenas destacar, repetimos, o caráter construtivista do ensino por investigação.

Mas quais são as características das atividades investigativas que possam dar direção aos professores interessados no tema em seus primeiros ensaios nesta abordagem? Apresentamos na próxima subseção algumas características que podem nos ajudar nesta questão.

2.1.7 As características das atividades investigativas

Sá *et al* (2007) apresentam algumas características presentes nas atividades investigativas na percepção da equipe responsável pelo curso ENCI:

- a) As atividades investigativas valorizam a autonomia e desencadeiam debates.

- [...]
- b) As atividades investigativas partem de situações que os alunos podem reconhecer e valorizar como problemas.
- [...]
- c) O que faz o ensino investigativo é mais o ambiente de ensino-aprendizagem do que as atividades em si mesmas.
- [...]
- d) A atividade investigativa coordena teorias e evidências.
- [...]
- e) Atividades investigativas não são necessariamente experimentais.
- [...] (SÁ *et al*, 2007, p.6-8).

Os autores apresentam ainda um quadro produzido pela equipe do ENCI no qual sintetizam algumas características que foram consensuais como definidoras das atividades investigativas. Transcrevemos este quadro a seguir.

Quadro 2.1.5: Características que foram consensuais como definidoras das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores do curso ENCI/CECIMIG/FAE/UFMG.

Características das atividades investigativas	Comentários sobre as características
Construir um problema	O problema formulado deve instigar e orientar o trabalho do aluno e do professor com o aluno. No caso de uma situação problema ser apresentada pelo professor é importante que ela seja reconhecida como problema pelos alunos, o que implica criar oportunidades para que eles explorem as ideias que têm, confrontem suas ideias com outras novas, duvidem, questionem e se engajem na busca de uma resposta para a situação-problema.
Valorizar o debate e a argumentação	Se existe um problema autêntico, provavelmente, existe uma diversidade de pontos de vista sobre como abordá-lo ou resolvê-lo. Por isso, é natural que uma situação-problema desencadeie debates e discussões entre os estudantes. Temos evidências que as ações de linguagem produzidas nessas circunstâncias envolvem afetivamente os estudantes.
Propiciar a obtenção e a avaliação de evidências	O termo evidências refere-se ao conjunto de observações e inferências que supostamente dão sustentação a uma determinada proposição ou enunciado (Paula, 2004a). Processos de experimentação e observação controlada normalmente são dirigidos à busca e à avaliação de evidências. As atividades de investigação conduzem a resultados que precisam ser sustentados por evidências. Tais evidências devem sobreviver às críticas.
Aplicar e avaliar teorias científicas	POZO & GOMEZ CRESPO (1999) realizam uma síntese das pesquisas sobre concepções alternativas dos estudantes e de suas diferenças epistemológicas em relação às teorias científicas. Uma dessas diferenças diz respeito ao caráter mais abstrato, formal e logicamente coerente das teorias científicas em relação às teorias de senso comum. A apropriação do conhecimento científico pelos estudantes depende da criação de situações em que esse conhecimento possa ser aplicado e avaliado na solução de problemas. Essas situações são criadas em atividades de investigação.

Continua.

Continuação do **Quadro 2.1.5.**

Permitir múltiplas interpretações	Quando formulamos um problema temos uma expectativa inicial que pode ser negada ou confirmada mediante a obtenção da resposta. Nossas expectativas ou hipóteses desempenham um papel muito importante em atividades de investigação, pois, dirigem toda a nossa atenção, fazendo com que observemos e consideremos determinados aspectos da realidade enquanto ignoramos outros (Paula, 2004b). A diversidade de perspectivas e expectativas que podem ser mobilizadas em uma atividade de investigação permite múltiplas interpretações de um mesmo fenômeno e o processo de produção de consensos e negociação de sentidos e significados dá lugar a uma apropriação mais crítica e estruturada dos conhecimentos da ciência escolar
-----------------------------------	--

Fonte: SÁ *et al*, 2007, p.9.

Gil e Castro (1996 *apud* AZEVEDO, 2004) descrevem ainda alguns aspectos da atividade científica que podem ser exploradas nas atividades investigativas, cuja análise endossa o quadro anterior. São eles os seguintes:

1. apresentar situações problemáticas abertas;
2. favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas;
3. potencializar análises qualitativas significativas, que ajudem a compreender e acatar as situações planejadas e a formular perguntas operativas sobre o que se busca;
4. considerar a elaboração de hipóteses como atividade central da investigação científica, sendo esse processo capaz de orientar o tratamento das situações e de fazer explícitas as pré-concepções dos estudantes;
5. considerar as análises, com atenção nos resultados (sua interpretação física, confiabilidade etc.), de acordo com os conhecimentos disponíveis, das hipóteses manejadas e dos resultados das demais equipes de estudantes;
6. conceder uma importância especial às memórias científicas que reflitam o trabalho realizado e possam ressaltar o papel da comunicação e do debate na atividade científica;
7. ressaltar a dimensão coletiva do trabalho científico, por meio de grupos de trabalho, que interajam entre si. (GIL & CASTRO, 1996 *apud* AZEVEDO, 2004, p.23).

Buscamos dar a todas as atividades propostas para este trabalho características apontadas no quadro 2.1.5, no entanto, queremos esclarecer que somente as atividades que abrem cada seção de estudo: Os pequenos corpos do Sistema Solar, o referencial 1ª Lei de Kepler, 2ª Lei de Kepler e a 3ª Lei de Kepler, consideramos como investigativas.

2.1.8 Tipos de atividades investigativas

No trabalho apresentado por Sá *et al* (2007) sobre as características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização de ensino de Ciências por investigação (ENCI), os autores explicam que as disciplinas do curso foram concebidas para explorar vários tipos de atividades investigativas, classificadas em cinco categorias: atividades práticas, atividades teóricas, atividades com banco de dados, atividades de avaliação de evidência, e atividade de simulação em computador. Os autores apresentam um quadro no qual dão exemplos dessas atividades investigativas. Destacam que o último exemplo não foi mencionado como um bom exemplo, embora componha um núcleo de uma das quatro disciplinas do curso. Transcrevemos o quadro a seguir.

Quadro 2.1.6: Tipos de atividades investigativas desenvolvidas no ENCI/CECIMIG/FAE/UFMG e respectivos exemplos.

Tipos de atividades investigativas	Exemplos de atividades investigativas
Atividades práticas	Construção de um bloqueador de celular. Esta atividade parte de um desafio: a construção de um bloqueador de sinal para aparelho celular.
Atividades teóricas	Desenvolvendo estudos de casos para se posicionar frente a temas controversos. 1) Radiação ionizante provoca leucemia? 2) O uso de telefones celulares traz risco para a saúde? 3) Viver próximo de estações de alta voltagem constitui um problema de saúde para seus moradores?
Atividades com banco de dados	Investigando o Problema do Aquecimento Global. O desafio proposto aos professores cursistas era a construção de argumentos baseados em evidências para embasar pontos de vista acerca das seguintes questões: Que fatores influenciam a elevação da temperatura anual média do planeta? As atividades humanas poderiam provocar um aquecimento global? Que atividades humanas poderiam contribuir para o aquecimento global? Para construir esses argumentos os alunos foram orientados a utilizar dados disponíveis no software <i>WordWatcher</i> desenvolvido por pesquisadores da Northwestern University.
Atividades de avaliação de evidências	Criando evidências para sustentar uma hipótese sobre um fenômeno de sua escolha. Três diferentes perguntas foram retiradas do <i>WISE</i> (Web-based Inquiry Environment) um sítio da <i>internet</i> desenvolvido por um grupo de pesquisadores da universidade de Berkeley (http://www.wise.berkeley.edu/). Cada pergunta deveria ser analisada de modo a permitir a escolha de respostas hipotéticas para as quais havia um conjunto de informações disponíveis. O objetivo era transformar as informações em evidências capazes de sustentar a resposta hipotética escolhida. As perguntas eram: (i) as deformidades encontradas em sapos poderiam ser causadas por substâncias químicas encontradas no ambiente?; (ii) quão longe vai um feixe de luz?; (iii) como podemos reciclar pneus usados?

Continua.

Continuação do **Quadro 2.1.6.**

Atividades de simulação	Explorando simulações sobre um fenômeno de sua escolha. Foi sugerido o uso do programa "Pedagógica", que contém simulações na área de ensino de química, de física e de biologia. Tal programa está disponível no site: http://www.concord.org/resources/brows/172 . Entretanto, nem todos os tutores fizeram uso dele no curso. Alguns escolheram outras simulações, também disponíveis na <i>internet</i> .
-------------------------	---

Fonte: SÁ *et al*, 2007, p.10-11 (Modificado).

Entre os tipos de atividades investigativas no quadro anterior, talvez não tenhamos utilizado somente as atividades práticas, explicado pela proposta do uso de blogs e recursos digitais da internet, embora possamos considerar alguns trabalhos realizados com *softwares* como "práticas".

O quadro anterior exemplifica também o que alguns autores afirmam quando colocam que as atividades investigativas não são necessariamente experimentais.

É preciso que sejam realizadas diferentes atividades, que devem estar acompanhadas de situações problematizadoras, questionadoras e de diálogo, envolvendo a resolução de problemas e levando à introdução de conceitos para que os alunos possam construir seu conhecimento (CARVALHO *et al*, 1995 *apud* AZEVEDO, 2004, p.20).

2.1.9 As perguntas em atividades investigativas

De acordo com o que abordamos até esta seção, a discussão, o debate e o diálogo que acontecem no coletivo são fundamentais nas atividades investigativas. Souza e Sasseron (2012) colocam que "Aprender é uma experiência primordialmente coletiva" (SOUZA & SASSERON, 2012a, p.30). Fazem ainda referência a Vygotsky, que afirma que o conhecimento se constrói por meio das interações com os outros, com os pares e com os mais experientes (VYGOTSKY, 2000 *apud* MACHADO & SASSERON, 2012).

Martins, Ogborn e Kress (1999 *apud* SOUZA & SASSERON, 2012b) colocam que aprender Ciências exige necessariamente o emprego de uma pluralidade de meios de comunicação de forma coordenada, e a construção de novas significações resulta também da interação dos diversos sistemas de representação, e que a forma de se conseguir essa pluralidade de meios de comunicação em sala de aula passa necessariamente pela interação entre os sujeitos envolvidos. Ainda segundo eles, para que esta interação aconteça, as

atividades em sala de aula devem privilegiar as discussões, os debates, as exposições de ideias e percepções dos alunos diante de um conceito ou fenômeno, ou seja, devem ser problematizadoras.

Nas interações entre os sujeitos, as perguntas são primordiais durante o processo. Elas correspondem a um instrumento dialógico de estímulo à cadeia enunciativa, e têm o propósito didático de traçar e acompanhar a construção de um significado e um conceito (SOUZA & SASSERON, 2012a). Os autores atribuem três dimensões importantes às perguntas:

- 1) A Dimensão Epistemológica, na qual a pergunta reflete uma forma intrínseca na busca pelo conhecimento;
- 2) A Dimensão Discursiva, na qual as enunciações fazem parte da comunicação estabelecida em sala de aula, tomando assim um papel importante na construção dos significados;
- 3) A Dimensão Social e Política, na qual o ato de questionar ganha uma criticidade perante o mundo. (SOUZA & SASSERON, 2012a, P.31).

De forma simples, as perguntas são feitas para buscar conhecimento (como fazem muito as crianças), para deixarmos clara a comunicação nos discursos, e para criticar e questionar posicionamentos e ideias.

Souza e Sasseron (2012) após a abordagem dos aspectos discursivos do ensino por investigação: 1) a criação do problema; 2) o trabalho com os dados; 3) o processo de investigação; e 4) a explicação ou internalização dos conceitos, e realizado a análise da classificação das perguntas segundo Martens (1999), Penick, Crow e Bonnstetter (1996), e a organização das perguntas dos pesquisadores do *Exploratorium Institute for Inquiry* (Universidade de São Francisco), propuseram o seguinte quadro no qual classificam as perguntas nas aulas investigativas de Ciências, e dão exemplo para cada uma delas. O quadro seguinte é bastante elucidador para mostrar o propósito da pergunta em cada etapa do ensino investigativo.

Quadro 2.1.7: Tipos de perguntas em aulas investigativas de Ciências apresentados por Machado e Sasseron (2012).

Classificação das perguntas	Descrição	Exemplos
Perguntas de problematização	Remetem-se ao problema estudado ou subjacente a ele dentro da proposta investigativa. Refazem, reformulam de outra maneira, voltam à proposta do problema. Ajudam os alunos a planejar e buscar soluções para um problema e exploram os conhecimentos do aluno antes de eles o resolverem. Levantam as demandas do problema para que os alunos iniciem a organização das informações necessárias para resolvê-lo.	Por que isso acontece? Como explicar esse fenômeno?
Perguntas sobre dados	Abordam os dados envolvidos no problema. Seja evidenciando-os, apresentando-os ou selecionando-os de forma a descartar ou não variáveis. Direcionam o olhar do aluno para as variáveis envolvidas relacionando-as, procurando um grau maior de precisão, comparando ideias, propondo inversões e mudanças.	O que acontece quando você? O que foi importante para que isso acontecesse? Como isso se compara a?
Perguntas exploratórias sobre o Processo	Buscam que os alunos emitam suas conclusões sobre os fenômenos. Podem demandar hipóteses, justificativas, explicações, conclusões como forma de sistematizar seu pensamento na emissão de uma enunciação própria. Buscam concretizar o aprendizado na situação proposta. Fazem com que o aluno reveja o processo pelo qual ele resolveu o problema, elucide seus passos.	O que você acha disso? Como será que isso funciona? Como chegou a essa conclusão?
Perguntas de sistematização	Buscam que os alunos apliquem o conceito compreendido em outros contextos, prevejam explicações em situações diferentes da apresentada pelo problema. Levam o aluno a raciocinar sobre o assunto e a construir o modelo para explicar o fenômeno estudado.	Você conhece algum outro exemplo para isso? O que disso poderia servir para este outro? Como você explica o fato?

Fonte: MACHADO & SASSERON, 2012, p.42.

A boa utilização das perguntas e a compreensão de seus propósitos pelos professores certamente deve fazer parte de sua habilidade para provocar a argumentação nas atividades investigativas, como também de perceber através delas alguns indicadores de alfabetização científica entre os

estudantes, ao fazerem perguntas entre eles, ou quando as direcionam ao professor. Lembramos, que por exemplo, no quadro 2.1 na subseção 2.1.4, o indicador de alfabetização científica "levantamento de hipóteses" surge normalmente a partir de uma afirmação na forma de uma pergunta.

As perguntas são tão fundamentais nas atividades investigativas, que Souza (2012) resolveu tratá-las especificamente em sua dissertação de mestrado sob a orientação de Sasseron, com o título: "A importância da pergunta na promoção da alfabetização científica dos alunos em aulas investigativas de Física" (SOUZA, 2012). É um trabalho que vale a pena ser consultado por quem busca conhecer o tema.

Ao terminar esta subseção que trata da renovação do ensino das Ciências a partir da aprendizagem como investigação, confesso que dar este viés às aulas de Física tornou-se um grande desafio para mim. Passei a conhecer o tema durante o curso de mestrado e, colocá-lo em prática, a partir de então, tem sido um trabalho construído no dia a dia, com erros e acertos. Fazer com que esta estratégia venha a se somar àquelas que já utilizado há alguns anos, levando às aulas motivação, instigação, discussão, passa também pela proposta apresentada neste trabalho.

2.2 Tecnologias da informação e comunicação no ensino

São incontáveis os artefatos, máquinas e produtos que têm impactado a vida humana, com destaque para aqueles desenvolvidos a partir da Revolução Industrial (século XVIII), as máquinas a vapor, os automóveis, a comunicação a distância em tempo real (telegrafia, posteriormente a telefonia), a eletrificação urbana; o rádio, a televisão; culminando com os computadores digitais interligados pela internet, seguido das tecnologias móveis em que os *smartphones*, que reúnem diversas mídias em um pequeno aparelho, constituem os melhores representantes.

Segundo Calazans e Lima (2013), "O computador logo deixou de ser uma tecnologia isolada (uma calculadora, um processador de símbolos, um manipulador de imagem, etc), para se tornar uma espécie de filtro para todas as formas culturais, mediando todos os tipos de produção." (CALAZANS & LIMA, 2013, p.4). Essas máquinas, nas suas mais variadas formas, inclusive como aparelhos celulares com sistema operacional próprio, os *smartphones*,

vêm promovendo tantas mudanças, nos mais diferentes setores (militar, científico, tecnológico, financeiro, produtivo, educacional), que muitos autores tratam o surgimento dessas tecnologias como "Revolução Digital".

A disseminação dos computadores e a popularização da internet é relativamente muito recente. No Brasil, começou na década de 90, e a partir daí cresceu exponencialmente e vem mudando até mesmo a forma com que as pessoas, e especialmente os nossos estudantes, se relacionam. Stanton (1996), ainda na década desse "boom", escreveu no prefácio do trabalho de Filippo e Sztajnberg (1996), o seguinte:

O domínio da comunicação através de computadores tem importância ainda maior, pois não se limita ao simples aprimoramento de tecnologia de escritório, mas abrange potencialmente quase todos os processos de interação entre as pessoas, e entre elas e os serviços de informação (STATON, 1996, prefácio).

Com o surgimento das redes sociais, a internet mostrou toda a sua capacidade no que se refere à interação entre as pessoas. Um exemplo que certamente ficará na história ligado às NTIC corresponde às articulações que começaram nas redes sociais e culminaram nas insurreições ocorridas no norte da África e Oriente médio, conhecidas como a "Primavera Árabe", cujos desdobramentos acontecem ainda hoje.

Em relação à aplicação das NTIC no ensino, em particular, das Ciências, é crescente o número de trabalhos sobre este tema, certamente pelo modo que, como em outras áreas, tem exigido mudanças, adaptações e inovações, que em muito menor grau são percebidas na área da Educação. Piva Jr. (2013) compara o ensino atual a um grande e velho dinossauro, por ter mudado tão pouco diante de todas as possibilidades que as NTIC oferecem, vistas as transformações que desencadearam em outras áreas.

Não temos a ilusão que as NTIC resolverão os problemas do ensino das Ciências, até porque, como escreveu Moran (2013, p.27), "Não há tecnologias avançadas que salvem maus profissionais". E, talvez pudéssemos até reescrever a frase da seguinte forma: Não há tecnologias avançadas que salvem maus professores, maus gestores de escolas, maus administradores públicos. Por outro lado, não podemos desconsiderar o grande potencial das

NTIC no ensino e a familiarização dos jovens com as mesmas ao pensarmos sobre a renovação do ensino das Ciências.

A fotografia abaixo mostra alunos de uma turma usando seus *smartphones* para realizar uma das atividades propostas neste trabalho.



Figura 2.2.1: Alunos da Escola Técnica Estadual Henrique Lage (FAETEC) utilizando seus *smartphones* na realização de atividade.
Fonte: Próprio autor.

2.2.1 Uma breve história dos computadores digitais e a internet

Em 1939 John Vincent Atanasoff e Clifford E. Berry, na Universidade Estadual de Iowa construíram um protótipo de computador digital eletrônico, o ABC, ou *Atanasoff-Berry Computer*. Em 1943, o ENIAC¹³ (Electronic Numerical Integrator and Computer) passou a funcionar para cálculos balísticos do Exército Americano, e somente em 1946 ficou totalmente pronto. Por muitos anos foi considerado o 1º computador digital. Em 1973, um juiz federal decidiu, após uma longa batalha judicial, que a patente do ENIAC dada a Mauchly e Eckert era inválida, e atribuiu a invenção do computador eletrônico digital a Atanasoff.

¹³ ENIAC - Seu formato era em U, suas memórias tinham 80 pés de comprimento por 8,5 de largura, e cada um dos seus registradores de 10 dígitos media 2 pés. Ao todo possuía 18.000 válvulas. Executava desvios condicionais e era programável, o que o diferenciava das outras máquinas construídas até a data. Sua programação era feita manualmente, através de fios e chaves. Os dados a serem processados entravam via cartão perfurado. Os programas típicos do ENIAC demoravam de meia hora a um dia inteiro para serem elaborados e executados (FILHO, 2007).

O ENIAC utilizava cerca de 18000 válvulas eletrônicas para funcionar (FILHO, 2007). A fotografia seguinte mostra uma visão parcial daquela máquina.

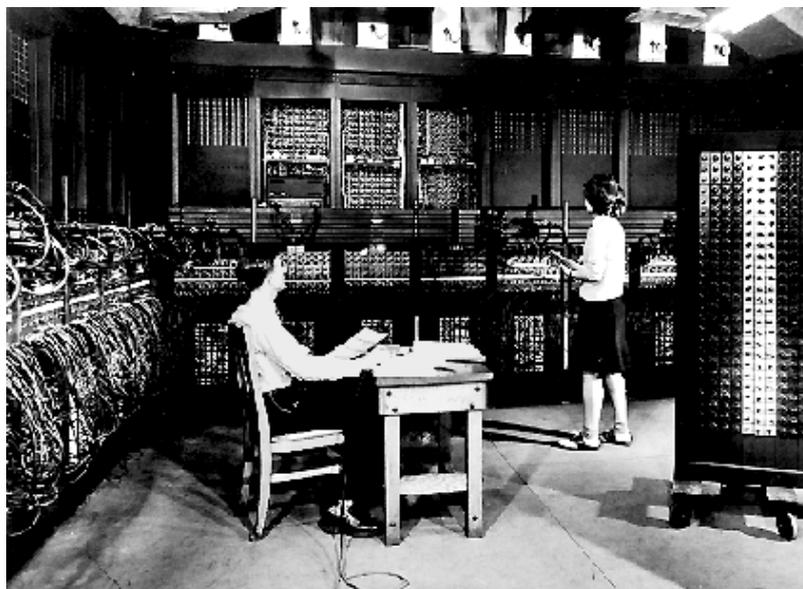


Figura 2.2.1: Electronic Numerical Integrator and Computer - ENIAC.
Fonte: <https://www.seas.qwu.edu/~csci41/book/course/concepts/eniac.html>.

Em 1948 foi criado o transistor à base de silício e germânio que eram capazes de substituir as válvulas, mas somente em 1960 a IBM lançou o primeiro computador à base de transistores, o IBM 7000.

Segundo Filho (2007), a partir de 1975 a computação deu um salto em sua história com a disseminação dos circuitos integrados, proporcionado pelo surgimento e desenvolvimento da indústria dos computadores pessoais e, principalmente, pelo aparecimento da computação multimídia. O lançamento dos microcomputadores transformou estas máquinas em bens de consumo acessíveis a milhares de pessoas.

Se computadores isolados eram capazes de realizar muitas tarefas, imaginem interligados? Em 1969, foi criada a primeira rede de computadores que ligava três computadores na Califórnia (Universidade da Califórnia, em Los Angeles - Stanford Research Institute, SRI - Universidade da Califórnia, Santa Bárbara) e um na Universidade de Utah, a ARPANET. Esta rede foi um empreendimento promovido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos através da Agência de Projetos de Pesquisa Avançada (ARPA – *Advanced Research Project Agency*) (FILIPPO & SZTAJNBERG, 1996). Lembremos que

eram tempos de guerra fria entre os Estados Unidos e a extinta União Soviética.

Na década de 70, o governo americano liberou o acesso da rede ARPANET para universidades e instituições relacionadas à pesquisa (CALAZANS & LIMA, 2013). Nesse período também foi desenvolvida a maior parte dos protocolos que permitiam que os computadores da rede falassem entre si. Começou com o protocolo NCP (*Network Control Protocol*), substituído posteriormente pelo conjunto de protocolos mais elaborados que recebeu o nome de TCP/IP, que veio determinar o perfil que a internet tem hoje (FILIPPO & SZTAJNBERG, 1996).

Outras instituições que não participavam da ARPANET começaram a utilizar a tecnologia TCP/IP¹⁴. para suas redes particulares, o que tornaria relativamente fácil a futura ligação daquelas redes entre si.

Na década de 80, a ARPANET cresceu bastante e foi dividida em 2 partes: uma rede para fins militares, denominada MILNET, e outra ligada à pesquisa acadêmica, ARPANET. Segundo Filippo e Sztajnberg (1996), elas continuaram interligadas, e ao conjunto deu-se o nome de DARPA Internet (em que o D refere-se a *Defense*, devido à troca de nome da agência ARPA para DARPA). Com o tempo, passou a ser chamada apenas como Internet, tal como conhecemos hoje. Ainda na década de 80, centenas de computadores integravam a ARPANET, tornando-se uma rede mundial em que pessoas, universidades, e mesmo empresas, podiam se conectar de qualquer lugar do mundo para busca e troca de informações. A conexão era via telefônica, e restringiam-se, na maioria dos casos, a consultas de documentos e e-mails.

Mas a expansão e utilização da Internet da forma que conhecemos atualmente só ocorreu a partir de 1991, com a criação da *www*¹⁵ – *World Wide Web* – por dois engenheiros do CERN (*Centre Européen pour la Recherche*

¹⁴ TCP/IP - É a união de dois protocolos, o *Transmission Control Protocol* e o *Internet Protocol*, onde funcionava a camada de controle de transmissão e a camada de interconexão (identificação de usuário) (CALAZANS & LIMA, 2013).

¹⁵ *www* - *world wide web*: a sua tradução literal é "grande teia mundial" e é naturalmente usado com relação à Internet, a rede mundial de computadores. é um sistema de documentos em hipermídia (de vídeos, sons, hipertextos) que são interligados e executados na internet.

Nucléaire), Robert Caillaiu e Tim Berners-Lee, do HTML¹⁶ (*HyperText Markup Language*) e dos *Browsers* (navegadores).

Já há algum tempo a internet tem sido chamada simplesmente de *Web* (rede). Numa primeira fase após a disseminação da internet, o usuário era apenas um espectador e consumidor dos serviços disponíveis, a chamada *Web 1.0*. A mudança para *Web 2.0* aconteceu a partir do surgimento de novos recursos que permitiram que os usuários também colaborassem com o conteúdo da rede, os blogs, por exemplo; além da grande interatividade que passou a ser permitida, chats, as redes sociais. Alguns afirmam que esta distinção é apenas um jogo de marketing, outros que é realmente coerente. Silva e Bottentuit Jr. (2014) apresentam um quadro que nos ajuda a compreender as principais diferenças entre a *Web 1.0* e *2.0*. Mostramos a seguir.

Quadro 2.2.1: Principais diferenças entre a *Web 1.0* e *2.0*.

Web 1.0	Web 2.0
O utilizador é consumidor da Informação;	O utilizador é consumidor e produtor da informação;
Existem dificuldades inerentes à programação e aquisição de softwares específicos para criação e gestão de páginas na Internet;	Há facilidades de criação e edição de páginas de forma online;
Para ter um espaço grande na rede, na maioria dos servidores, é necessário pagar;	O utilizador tem vários servidores para disponibilizar páginas de forma gratuita;
Menor número de ferramentas e possibilidades;	Maior número de ferramentas e possibilidades;
Pouca interatividade e poucas redes sociais.	Muita interatividade e quase todos os aplicativos estimulam a criação de laços sociais com os demais utilizadores.

Fonte: SILVA & BOTTENTUIT JR., 2014, p.3.

Atualmente grande parte do acesso à internet é realizada por dispositivos móveis, como *netbooks*, *tablets*, e principalmente, os *smartphones*, como aponta a reportagem de Villela (2016) em referência ao Suplemento de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad), divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brasil, 2013a).

Os smartphones surgiram com a "evolução" dos telefones celulares (telemóveis, como preferem os portugueses, e *cell phones*, em inglês), que a

¹⁶ HTML - *HyperText Markup Language*: "linguagem" de marcação para formatação de documentos. É interpretada pelos navegadores (*browsers*), independentemente da plataforma de visualização.

partir do lançamento do primeiro modelo comercial, em 1983 (o DynaTAC 8000x), apenas com o serviço de voz, passaram a ganhar novos e sucessivos recursos, mensagens de texto a partir de 1993 (*Short Message Service* - SMS), conhecidos no Brasil como "torpedos", toques personalizados (*ringtones* monofônicos e polifônicos), visores coloridos, mensagem multimídia que permitia o envio e recebimento de imagens (*Multimedia Messaging Service* - MMS), acesso a internet, sistema operacional próprio, transformando-os em pequenos computadores, que passaram a ser chamados de *smartphones*.

A figura abaixo mostra Martin Cooper, engenheiro americano considerado o criador do telefone celular, com alguns dos primeiros modelos comerciais. Em destaque, três aparelhos DynaTAC 8000x da Motorola, que pesava quase 1 quilograma e sua bateria permitia apenas cerca de 20 minutos de conversação.

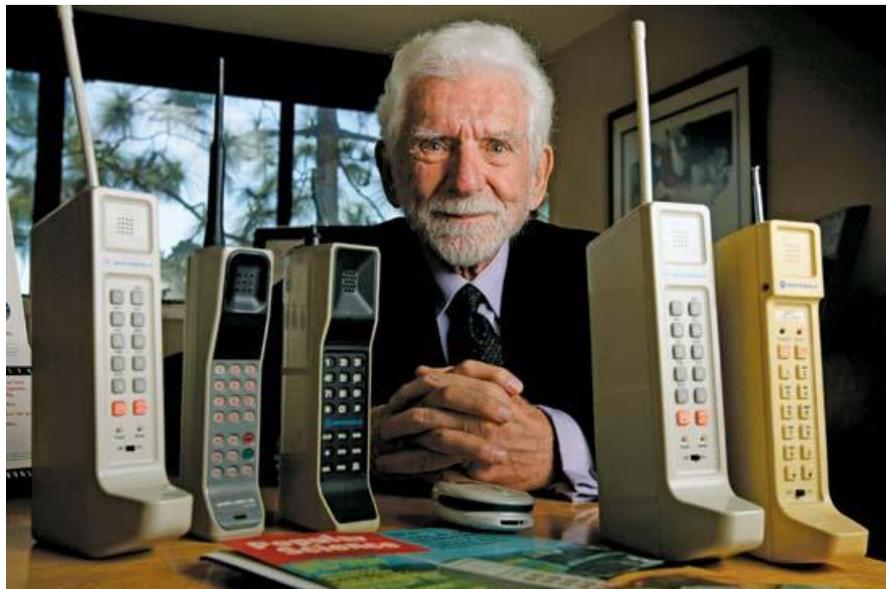


Figura 2.2.2: Martin Cooper com alguns dos primeiros modelos de telefones celulares. Fonte: [Enciclopédia Britânica Online](#):

Os principais fabricantes de *smartphones*, as operadoras de telefonia móvel, os detentores dos principais sistemas operacionais (IOS - Apple, Android - Google, Windows Phone - Microsoft), e os desenvolvedores de *softwares* para aqueles sistemas, passaram a proporcionar os mais diversos serviços através desses aparelhos, além das tradicionais chamadas e torpedos (quase em desuso), agora também têm rádio, televisão digital, diferentes

aplicativos (os *apps*) que disponibilizam canais de rádio e televisão abertos e por assinatura de todo mundo (por *streaming*¹⁷), câmera fotográfica e filmadora com incrível resolução, gravador de voz, redes sociais, jogos, navegadores, segurança, simuladores, cursos, tradutores, e-reader, editor de texto, agenda, lista telefônica, serviços bancários, cartão de crédito, transportes, GPS, *delivery*.

A familiarização das crianças e jovens com estas tecnologias tem acontecido cada vez mais cedo. Alguns trabalhos começam a abordar os novos hábitos relacionados ao uso dos *smartphones* com ao funcionamento do cérebro humano. Estas questões certamente exigirão mais investigações científicas que tragam luz sobre o tema. Enquanto aguardamos, não podemos negar o quanto o uso destes dispositivos tem facilitado as nossas vidas, mudado os nossos hábitos, e mesmo, a forma com que nos relacionamos. Calazans e Lima (2013), colocam que:

[..] essa nova forma de organização social, mediada por essas ferramentas virtuais, impactam o comportamento humano e suas formas de lidar com as configurações espaço-temporais que passam a ser suprimidas para dar lugar a conexões outras que não levam mais em conta impedimentos geográficos, mas apenas tecnológicos, para se fazerem possíveis (CALAZANS & LIMA, 2013, p.1).

Mas o que os especialistas e escritores têm divulgado sobre propostas e experiências da aplicação destas tecnologias no ensino? Nas subseções seguintes ampliamos o nosso referencial teórico sobre este tema.

2.2.2 *As novas tecnologias digitais no ensino*

Moran (2013) escreve que um dos grandes desafios do professor é tornar as informações significativas, selecionando realmente aquelas que são importantes e fazendo com que o estudante as compreenda de modo profundo e abrangente, a ponto de torná-las parte do próprio conhecimento.

Mas como proceder? Que estratégias e modelos podem ser adotados? Como motivar os estudantes? O que podemos mudar no ensino?

¹⁷ *Streaming* - É uma tecnologia para envio e recepção de dados através de pacotes, muito utilizado na internet. As informações não são armazenadas no próprio dispositivo, este recebe o "stream" e a mídia é reproduzida à medida que chega.

Segundo o autor, não existem respostas simples, já que é possível ensinar e aprender de muitas formas, mesmo a tradicional. Para ele, antes de mais nada:

Aprendemos melhor quando vivenciamos, experimentamos, sentimos. Aprendemos quando fazemos relação, estabelecemos vínculos, laços, entre o que estava solto, caótico, disperso, integrando-o em um novo contexto, dando-lhe significado, encontrando um novo sentido.

Aprendemos quando descobrimos novas dimensões de significação que antes se nos escapavam, quando vamos ampliando o círculo de compreensão do que nos rodeia, quando, como numa cebola, vamos descascando novas camadas que antes permaneciam ocultas à nossa percepção, o que nos faz perceber de uma outra forma. Aprendemos mais quando estabelecemos pontes entre a reflexão e a ação, entre a experiência e a conceituação, entre a teoria e a prática; quando ambas se alimentam mutuamente.

Aprendemos quando equilibramos e integramos o sensorial, o racional, o emocional, o ético, o pessoal e o social.

Aprendemos pelo pensamento divergente, por meio da tensão, da busca, e pela convergência pela organização, pela integração.

Aprendemos pela concentração em temas ou objetivos definidos ou pela atenção difusa, quando estamos de antenas ligadas, atentos ao que acontece à nossa volta. Aprendemos quando perguntamos, quando questionamos.

Aprendemos quando interagimos com os outros e o mundo e depois, quando interiorizamos, quando nos voltamos para dentro, fazendo nossa própria síntese, nosso reencontro do mundo exterior com a nossa reelaboração pessoal.

Aprendemos pelo interesse, pela necessidade. Aprendemos mais facilmente quando percebemos o objetivo, a utilidade de algo, quando isso nos traz vantagens perceptíveis. Se precisamos nos comunicar em inglês pela internet ou viajar para fora do país, o desejo de aprender inglês aumenta e facilita a aprendizagem dessa língua.

Aprendemos pela criação de hábitos, pela automatização de processos, pela repetição. Ensinar torna-se mais duradouro, quando conseguimos que os outros repitam processos desejados. Por exemplo, quando lemos textos com frequência, a leitura passa a fazer parte do nosso dia a dia. Dessa forma, nossa resistência a ler vai diminuindo.

Aprendemos pela credibilidade que alguém nos merece. A mesma mensagem dita por uma pessoa ou por outra pode ter pesos bem diferentes, dependendo de quem fala e de como o faz. Aprendemos também pelo estímulo, pela motivação de alguém que nos mostra que vale a pena investir num determinado programa, num determinado curso. Um professor que transmite credibilidade facilita a comunicação com os alunos e a disposição para aprender.

Aprendemos pelo prazer, porque gostamos de um assunto, de uma mídia, de uma pessoa. O jogo, o ambiente agradável, o estímulo positivo podem facilitar a aprendizagem.

Aprendemos mais, quando conseguimos juntar todos os fatores: temos interesse, motivação clara; desenvolvemos hábitos que facilitam o processo de aprendizagem; e sentimos prazer no que estudamos e na forma de fazê-lo.

Aprendemos realmente quando conseguimos transformar nossa Vida em um processo permanente, paciente, confiante e afetuoso de aprendizagem. Processo permanente, porque nunca acaba. Paciente, porque os resultados nem sempre aparecem imediatamente e sempre se modificam. Confiante, porque aprendemos mais se temos uma atitude confiante e positiva diante da vida, do mundo e de nós mesmos. Processo afetuoso, impregnado de carinho, de ternura, de compreensão, porque nos faz avançar muito mais (MORAN, 2013, p.28-29).

Um destaque que gostaríamos de registrar, é que apesar do autor escrever um texto sobre as NTIC no ensino, buscou sempre destacar a importância da "afetividade" no processo de ensino-aprendizagem, muitas vezes negligenciada por muitos pesquisadores e autores ao abordarem os problemas do ensino, principalmente das Ciências.

Desde 1999, Moran já escrevia sobre a internet no ensino. No último trabalho que consultamos do autor (2013), ele expõe que acreditava que a popularização da internet causaria um impacto muito maior na área da Educação, e que embora venha acontecendo, o ritmo é muito mais lento do que o autor esperava. Para ele, as dificuldades enfrentadas para a mudança na Educação em relação às NTIC surgem principalmente pelo fato de que os modelos tradicionais estão muito sedimentados, e que em parte, funcionam, o que gera resistências a mudanças profundas. Coloca ainda, que:

As mudanças na educação dependem, em primeiro lugar, de termos educadores maduros intelectual e emocionalmente, pessoas curiosas, entusiasmadas, abertas, que saibam motivar e dialogar. Pessoas com as quais valha a pena entrar em contato, porque desse contato saímos enriquecidos. (MORAN, 2013, p.25).

A representação da UNESCO¹⁸ no Brasil divulgou recentemente em seu site, que as tecnologias de Informação e comunicação (TIC) tem exercido um

¹⁸ UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura.
<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/communication-and-information/access-to-knowledge/ict-in-education/>

papel cada vez mais importante na forma de nos comunicarmos, aprendermos e vivermos. Podemos ler em sua página:

A UNESCO acredita que as TIC podem contribuir com o acesso universal da educação, a equidade na educação, a qualidade de ensino e aprendizagem, o desenvolvimento profissional de professores, bem como melhorar a gestão, a governança e a administração educacional ao fornecer a mistura certa e organizada de políticas, tecnologias e capacidades.(UNESCO, 2016, *online*).

Esteves, Fiscarelli e Souza (2014), através da análise de dados do CETIC¹⁹ relativos ao ano de 2012, produziram um artigo no qual reuniram as principais barreiras identificadas por eles para implementação das NTIC na sala de aula. As elencamos a seguir:

- Falta de confiança e ansiedade de professores frente às NTIC;
- Falta de competência do professor para o uso das NTIC;
- Falta de acesso aos recursos tecnológicos e à internet;
- Falta de tempo disponível do professor;
- Receio de problemas técnicos durante uma aula;
- Resistência às mudanças e atitudes negativas frente ao uso das NTIC;
- Não percepção de benefícios pelo professor quanto às NTIC;
- Medo de impactar negativamente os exames dos estudantes (ENEM, Vestibular);
- Diferença de idade (e mesmo gênero) dos professores determinam a aceitação e utilização das NTIC;

Ao mesmo tempo em que as tecnologias digitais avançam, deixam também as instituições de ensino perplexas sobre o que manter, o que mudar, o que adotar. Para Moran, "Elas sobrevivem porque são os espaços obrigatórios para certificações. Na maior parte do tempo, os alunos frequentam as aulas porque são obrigados, não por escolha real, por interesse, por motivação, ou aproveitamento" (MORAN, 2013, p.13). A escola precisa

¹⁹ CETIC (Centro de Estudos sobre as Tecnologias da Informação e da Comunicação). É o departamento do NIC.br responsável pela coordenação e publicação de pesquisas sobre a disponibilidade e uso da Internet no Brasil. Esses estudos são referência para a elaboração de políticas públicas que promovem o acesso da população às TIC, assim como a monitoração e avaliação do impacto socioeconômico dessas tecnologias. Disponível em: <www.cetic.br>. Acesso em: 22 set. 2016.

acompanhar o seu tempo, ser uma organização efetivamente significativa, inovadora, empreendedora. "Ela é previsível demais, burocrática demais, pouco estimulante para os bons professores e alunos" (MORAN, 2013, p.12).

Para o autor, uma boa escola depende também de um projeto pedagógico, onde a internet esteja inserida como um importante componente metodológico. Na contra mão, em escolas com projetos tradicionais e autoritários, a internet é utilizada para manter um controle ainda maior sobre os estudantes, e reforçar o papel de mero transmissor de conhecimentos do professor.

Em relação às tecnologias digitais móveis, o autor escreve:

As tecnologias digitais móveis desafiam as instituições a sair do ensino tradicional, em que o professor é o centro, para uma aprendizagem mais participativa e integrada, com momentos presenciais e outros com atividades a distância, mantendo vínculos pessoais e afetivos, estando juntos virtualmente. Podemos utilizar uma parte do tempo de aprendizagem com outras formas de aula, mais de orientação a distância. Não precisamos resolver tudo dentro da sala de aula." (MORAN, 2013, p.30).

Moran afirma que a expressão "tecnologias móveis" já mostra a contradição de sua utilização em um o espaço fixo como a sala de aula, "elas são feitas para movimentar-se, para que sejam levadas a qualquer lugar, utilizadas a qualquer hora e de muitas formas" (MORAN, 2013, p.30). Afirma ainda, que apesar de assustador, a escola precisa entender que uma parte cada vez maior da aprendizagem pode ser feita fora da sala de aula e sem a supervisão direta do professor, com espaços presenciais e virtuais ricos de aprendizagem que motivem os alunos a aprender ativamente, a investigar, a serem proativos, a saber ter iniciativa e interagir.

Ainda para Moran, as salas de aula podem tornar-se espaços de investigação, de desenvolvimento de projetos, de intercomunicação *online*, de divulgação, com a vantagem de combinar o melhor do presencial e do virtual no mesmo espaço e ao mesmo tempo (MORAN, 2013).

Há quase 10 anos troquei os conteúdos impressos por digitais, que deixo à disposição dos estudantes através dos blogs. Também é possível elaborar sites e blogs com conteúdos que podem complementar, e até mesmo substituir, os livros didáticos, limitados por sua intrínseca estática. Alguns livros digitais já são oferecidos por editoras, e parecem muito mais atraentes aos

estudantes porque trazem recursos que mostram movimento, fazem simulações e apontam links interessantes sobre o tema estudado.

Quanto à migração dos conteúdos impressos para digitais, Moran (2013) coloca que além de acarretar a diminuição do peso das mochilas, reduz custos e o impacto ambiental. Além disso, "Os alunos gostam de um professor que os surpreenda, que traga novidades, que varie suas técnicas e seus métodos de organizar o processo de ensino-aprendizagem" (MORAN, 2013, p.35).

Na proposta deste trabalho, tanto nas atividades investigativas quanto nas de sistematização, que descreveremos no capítulo 3, os alunos podem, e devem, usar os seus *smartphones*; no entanto, algumas vezes confiro se estão dispersos, principalmente quando vejo um aluno muito concentrado na tela do aparelho. Quase sempre verifico que realmente estão realizando as atividades.

Há pouco tempo recebi uma mensagem pelo What'sApp de um grupo formado por professores e que me marcou. A mensagem trazia uma imagem acompanhada da frase: "Talvez assim seja possível dar aula".



Figura 2.2.3: "Porta celulares" para garantir que estudantes não usem os aparelhos em sala de aula.
Fonte: <http://www.professordaltro.com.br>.

A imagem anterior traduz em parte as dificuldades que professores e escolas têm para integrar estas tecnologias ao ensino.

O encantamento que estes dispositivos exercem sobre as pessoas, principalmente as mais jovens, pode certamente provocar distrações durante

as aulas que venham prejudicar a aprendizagem, e medidas como estas podem contribuir para "melhorar o rendimento" dos estudantes. Por outro lado, o planejamento adequado do uso das tecnologias digitais pode oferecer uma contribuição ainda muito maior no processo de aprendizagem. Neste caminho, é fundamental a mediação efetiva do professor. Medidas extremas que determinem que os estudantes depositem os seus dispositivos em "porta celulares" garantem apenas que as aulas sejam como sempre foram.

Em uma reportagem da Folha de São Paulo *online*²⁰ (MAIA & BATISTA, 2016) é citada uma frase do sociólogo Silvio Fiscarelli, que estuda tecnologia no ensino: "O aluno tem um computador no bolso que não é explorado" (FISCARELLI *apud* MAIA & BATISTA, 2016).

Lembramos que a disseminação da internet ocorreu durante a década de 90, e o surgimento dos *smartphones*, com todos os seus recursos e possibilidades, ainda mais recentemente. Certamente serão necessárias investigações que tragam luz a esta questão.

Ferreira (2015), escreve que pesquisas sobre a aprendizagem móvel na América Latina e no mundo revelaram que esta é um tema ainda em desenvolvimento no campo da Educação, especialmente no Brasil. Em sua dissertação, a autora apresenta um quadro que resume um levantamento sobre o tema "aprendizagem móvel" ou "*Mobile Learning*" em meio às teses e dissertações na base de dados e em periódicos da CAPES²¹. Segundo Ferreira, foram encontrados poucos estudos, principalmente em relação ao Ensino Superior. O quadro seguinte mostra uma síntese dessa pesquisa.

²⁰ Reportagem disponível em <http://www1.folha.uol.com.br/educacao/2016/09/1811891-tecnologia-usada-so-como-suporte-pode-deixar-aluno-ainda-mais-passivo.shtml>.

²¹ CETIC - Centro de Estudos sobre as Tecnologias da Informação e da Comunicação. Departamento do NIC.br responsável pela coordenação e publicação de pesquisas sobre a disponibilidade e uso da Internet no Brasil. Esses estudos são referência para a elaboração de políticas públicas para acesso da população às Tecnologias da Informação e da Comunicação, assim como a monitoração e avaliação do impacto socioeconômico dessas tecnologias. Disponível em: <www.cetic.br>. Acesso em: 22 set. 2016.

Quadro 2.2.2: Pesquisas de aprendizagem móvel e seus potenciais.

Domínio	Pesquisas	Potencial
Estudos exploratórios	UNESCO (2012)	Apoio ao ensino e a aprendizagem / dentro e fora da sala de aula
	Schlemmer <i>et al.</i> (2007)	Meta-análise ensino superior e ambientes organizacionais
	Sala e Chalezquer (2009)	Posse e Acesso aos dispositivos móveis
Projetos de intervenção com aprendizagem móvel	Oliveira (2012)	Aprendizagem em contexto no ensino secundário
	Abrantes (2011)	Aprendizagem móvel na educação à distância no Ensino Superior
	Costa (2013)	Aprendizagem de línguas no ensino profissionalizante/médio
	Moura e Carvalho (2009)	Ensino de português no ensino fundamental
Aprendizagem móvel e o estudante	Carvalho (2012)	Uso dos <i>smartphones</i> no Ensino Superior
	Certal e Carvalho (2011)	Receptividade dos dispositivos no Ensino Básico
	Moura (2010)	Apropriação no ensino e na aprendizagem de línguas
	Moura (2009)	Ensino Formal com AVA e <i>smartphone</i>
	Santana e Peixoto (2010)	Aprendizagem móvel na EAD no Ensino Superior
	Tarouco <i>et al.</i> (2004)	Objetos de aprendizagem na educação de adultos

Fonte: FERREIRA, 2015, p.45.

Para Moran (2013), as tecnologias digitais facilitam a pesquisa, a comunicação e a divulgação em rede. Ainda segundo o autor, o uso dessas tecnologias pelas escolas passaria, até o momento, por três etapas, que resumimos abaixo:

- Primeira
As tecnologias são utilizadas para melhorar o que já se vinha fazendo.
 - gestão;
 - automatizar processos;
 - diminuir custos.
- Segunda
Inserção parcial das tecnologias no projeto educacional.

- página na internet ou portal com algumas ferramentas de pesquisa e comunicação;
- divulgação de textos e endereços interessantes;
- desenvolvimento de projetos;
- laboratório de informática;
- introdução aos poucos de tecnologias móveis, mas sem mudar a estrutura das aulas.

- Terceira

Com o amadurecimento da implantação e do avanço na integração das tecnologias digitais, escolas e universidades deveriam:

- repensar o projeto pedagógico, o plano estratégico, e a introdução de mudanças metodológicas e curriculares significativas;
- flexibilização parcial do currículo, com atividades presenciais combinadas à distância.

Moran, acrescenta:

Os docentes podem utilizar os recursos digitais na educação, principalmente a internet, como apoio para a pesquisa, para a realização de atividades discentes, para a comunicação com os alunos e dos alunos entre si, para a integração entre grupos dentro e fora da turma, para a publicação de páginas *web*, *blogs*, vídeos, para a participação em redes sociais, entre muitas outras possibilidades (MORAN, 2013, p.36).

Para Behrens (2013), o conhecimento poderia ser apresentado de três formas diferentes: a oral, a escrita e a digital. Ainda para a autora, o reconhecimento da era digital como uma nova forma de categorizar o conhecimento não implica descartar tudo o que foi trilhado através da linguagem oral e escrita, nem mistificar o uso indiscriminado de computadores no ensino, mas fazer com que os recursos digitais se tornem ferramentas para construir processos metodológicos significativos para se aprender. Nesse sentido, Kenski alerta:

O estilo engendra, obrigatoriamente, não apenas o uso de novos equipamentos para a produção e apreensão de conhecimento, mas também novos comportamentos de aprendizagem, novas racionalidades, novos estímulos perceptivos. Seu rápido alastramento e multiplicação, em novos produtos e em novas áreas, obriga-nos a não mais ignorar sua presença e importância. [...]

A tecnologia digital rompe com a narrativa contínua e sequencial das imagens e textos escritos e se apresenta como um fenômeno descontínuo. Sua temporalidade e espacialidade, expressas em imagens e textos nas telas, estão diretamente relacionadas ao momento de sua apresentação. Verticais, descontínuos, móveis e imediatos, as imagens e os textos digitalizados a partir da conversão das informações em *bytes* têm o seu próprio tempo, seu próprio espaço fenomênico da exposição. Eles representam portanto um outro tempo, um outro momento revolucionário, na maneira de pensar e de compreender (KENSKI, 1998, apud BEHRENS, 2013, p. 80-81).

Masetto (2013) elenca as oportunidades que a informática²² e a telemática²³ proporcionam a seus usuários, obviamente também aos alunos e professores:

- oportunidade de entrar em contato com as mais novas e recentes informações, pesquisas e produções científicas do mundo todo, em todas as áreas;

- oportunidade de desenvolver a autoaprendizagem e a interaprendizagem a distância, valendo-se dos microcomputadores que se encontram disponíveis a todas as pessoas, permitindo o surgimento de novas formas de construir o conhecimento, realizar as atividades didático-pedagógicas, produzir trabalhos monográficos e relatórios científicos;

- possibilidade de integrar movimento, luz, som, imagem, filme, vídeo em novas apresentações de resultados de pesquisa e de temas para as aulas;

- possibilidade de orientar os alunos em suas atividades não apenas nos momentos de aula, mas nos períodos “entre aulas” também;

- desenvolvimento da criticidade para se situar diante de tudo o que se vivencia por meio do computador e aprender a selecionar o que é verdadeiro e relevante para seu desenvolvimento;

- incentivo à curiosidade para buscar coisas novas; e, por fim, colaboração para a reflexão crítica e ética diante dos valores contemporâneos (MASETTO, 2013, p.149).

Piva Jr. (2013) ousa projetar para um futuro próximo, que os padrões educacionais continuarão basicamente os mesmos, ainda com toda tecnologia digital disponível. A diferença, segundo ele, estará no que os estudantes farão

²²Informática - Ciência que se dedica ao tratamento da informação mediante o uso de computadores e demais dispositivos de processamento de dados.

²³Telemática - Conjunto de serviços informáticos fornecidos através de uma rede de telecomunicações.

como atividades para a sala de aula, e como atividades extraclasse. Ele explica:

[...] os alunos ainda utilizarão salas de aulas (virtuais ou físicas) e também continuarão realizando atividades extraclasse. Tudo indica que a mudança mais significativa esteja no que realmente farão em cada um deles desses ambientes. O que está acontecendo é uma inversão de tarefas. Essa forma de ensinar e aprender está sendo chamada de "FlippedClassroom" (literalmente, "inversão [na dinâmica] da sala de aula").(PIVA JR., 2013, p.34).

Numa explicação sucinta, a proposta da "inversão sala da aula" corresponde a fazer o seguinte: o que era feito em sala de aula, assistir a explicação do professor sobre determinado tema, passa a ser feito em casa com vídeos, textos, simuladores e outros recursos que podem ser reunidos num blog, por exemplo; e o que era feito em casa, exercícios, trabalhos em grupo, projetos, investigação, passa a ser feito na sala de aula com a orientação do professor.

Confesso que esta proposta me atrai bastante e, explico. Com exceções de algumas aulas tradicionais onde a maestria e talento do professor são capazes de nos fazer compreender o conteúdo apresentado, quase sempre estas aulas se parecem muito mais com monólogos, comumente inundadas de dezenas slides, enormes textos e incontáveis equações, onde buscamos entender o que parece ser despejado.

Após estas aulas, o professor normalmente propõe atividades extraclasse com questões que frequentemente vão muito além das aplicações dadas como exemplo em sala de aula, e estas tarefas se tornam com frequência num "grande desafio", em sua conotação mais negativa, que nos fazem sonhar com o auxílio do professor na sua realização. Quem nunca passou por esta experiência na sua vida escolar ou acadêmica? Nessa direção, as tecnologias digitais podem proporcionar esta inversão exequível, talvez não como uma norma, mas como mais uma estratégia possível entre outras que se mostrem interessantes, motivadoras, desafiadoras.

Na subseção 2.1.6 abordamos o ensino por investigação. Fernandes, Rodrigues e Ferreira (2015) apontam a convergência entre este tema e as NTIC no ensino. O autores fazem referência a estudos que apresentam

importantes contribuições resultantes da articulação do ensino de Ciências por investigação com o uso das NTIC .

Segundo os autores, duas razões muito gerais têm sido apontadas na literatura para a utilização de ferramentas computacionais em investigações:

- As ferramentas digitais ajudam na concentração dos alunos em processos de aprendizagem mais elevados, como importantes recursos no ensino que promova a investigação (DORI; SASSON, 2008; JAAKKOLA; NURMI, 2008 *apud* FERNANDES *et al*, 2015).

- As informações presentes no computador podem ser controladas pelos próprios alunos, sem ter que contar, necessariamente, com a ajuda de um professor (LEE et al, 2006 *apud* FERNANDES *et al*, 2015).

Para atividades investigativas pautadas nas NTIC, os autores propõem elementos e etapas de acordo com o quadro seguinte.

Quadro 2.2.3: Principais etapas investigativas e aproximação para o uso das NTIC.

Nº	ELEMENTOS DAS AIEC	ETAPAS DE INVESTIGAÇÃO	POSSÍVEIS TICE e RECURSOS DIGITAIS
1	Problema	Explorar o mundo	Vídeos; Web; Hipermídia; Multimédia; MUVE; Fotografias
		Apresentar o problema	Simulação; Software de simulação
		Refletir sobre o problema	
2	Hipótese	Gerar as hipóteses	Web; Wiki
		Avaliar as hipóteses	Simulação; Software de simulação; Laboratório remoto e virtual
3	Processo de investigação	Planear a investigação	Web; Wiki; Ferramenta de mapas mentais
		Investigar	Web; Simulação; MUVE; Software; Laboratório remoto e virtual; CAI (Computer-Assisted Instruction)
4	Interpretação	Analisar os dados obtidos	Software de cálculo; Laboratório remoto e virtual; CAI
		Interpretar as novas informações	Ferramenta Excel; Ferramenta de mapas mentais
5	Conclusão	Sistematizar e registrar	Wikis; software de simulação; Ferramenta de desenho de gráficos, tabelas e diagramas; Ferramenta de mapas mentais
		Comunicar as informações	Chat; Fórum de discussão; Wiki
		Aplicar o conhecimento a novas situações	Vídeo; Foto; Wiki; Fórum de discussão; Software de Simulação

Fonte: FERNANDES et al, 2015, p 945.

Nas etapas anteriores, os autores citam alguns recursos digitais que tratam como "objetos virtuais de aprendizagem" (OVAs), entre outros. Naquele trabalho, eles avançam ainda mais na questão da aproximação destes recursos como o ensino por investigação, e certamente é um trabalho que vale a pena ser lido na íntegra.

Mas como reunir estes recursos na forma de atividades investigativas, ou mesmo em outras formas motivadoras de aprendizagem?

Podemos perceber através do que tratamos até este ponto, que as possibilidades oferecidas pelas NTIC no ensino, além de serem inúmeras, vêm também ao encontro do ensino investigativo, proposto também neste trabalho. Em virtude desse rol de possibilidades, faz-se necessário apontarmos direções que efetivamente possam ser utilizadas em sala de aula. Há quase 10 anos, tenho utilizado os blogs como ferramentas auxiliares no ensino de Física e, procurado incorporar no planejamento e desenvolvimento desses blogs muito do que tratamos, e trataremos, nestas referências. Os blogs são espaços virtuais muito interessantes nos quais podemos reunir os mais diversos recursos digitais que podem colaborar com a aprendizagem, e possivelmente, de qualquer tema. Em função disso, dedicaremos uma subseção específica para apresentarmos algumas referências que tratam do uso dos blogs no ensino.

2.2.3 História, conceito e potencial didático dos blogs

Os sites na internet normalmente são elaborados por especialistas em construção de páginas na Web, chamados de *Web designers*, que devem ter conhecimento de "linguagem" HTML (*HyperText Markup Language*) com suas tags, e respectivos atributos e valores. Através desta linguagem, criam páginas que são salvas na forma de arquivos html. Os navegadores (Internet Explorer, Chrome, Mozilla Firefox) ao abrirem estes arquivos, reúnem os elementos apontados no código html e "montam" a respectiva página para visualização na tela (carregamento da página).

Este especialista precisa ainda conhecer as folhas de estilos, que padronizam a aparência das páginas, e o JavaScript, linguagem de programação interpretada, que permite a interação do usuário com a página. Posteriormente, os arquivos em html devem ser enviados via FTP (*file transfer*

protocol) para um conjunto de computadores remotos, os servidores, onde ficarão hospedados e disponíveis para acesso de usuários a partir de seus computadores, ou dispositivos móveis.

Para este acesso, é necessário ainda que se tenha um "domínio"²⁴ e/ou "subdomínio"²⁵ para localizar e identificar o conjunto de computadores na Internet e os respectivos arquivos referentes às páginas do site, o que chamamos de endereço. Os serviços de hospedagem e domínio normalmente são pagos.

Pela descrição acima, percebemos que não é tão simples criar uma página pessoal na internet que possa ser atualizada com certa frequência, e que venha atender às necessidade de um professor para uso didático. Seria necessário alterar os arquivos no próprio servidor, ou substituí-los por novos, em cada atualização.

Mas em julho de 1999, a empresa *Pitas* criou o primeiro software grátis que simplificou a criação e atualização de páginas pessoais, que inicialmente funcionavam como diários virtuais. Em agosto do mesmo ano, o americano Evan Williams, da empresa *Pyra Labs*, criou uma ferramenta semelhante, o *Blogger* (OLIVEIRA, 2005), que hoje pertence à Google, e que veio se transformar no ícone de um conceito de criação e postagem de páginas pessoais na Internet. Ainda segundo a autora, o termo *blog* foi criado em dezembro de 1997, pelo americano Jorn Barger, quando estas páginas começavam a aparecer na internet.

Queremos observar que apesar de Oliveira (2005), que citamos mais de uma vez nesta subseção, ter escrito sobre a inserção dos blogs como interface na educação há mais de 10 anos, e que diversos novos recursos digitais que surgiram até então podem ser incorporados a eles, a sua proposta é, ainda, muito atual. O que poderíamos acrescentar seria, que hoje temos ainda mais recursos que podem ser ali reunidos, e podem contribuir com a aprendizagem.

O principal diferencial dessas ferramentas, o Blogger por exemplo, é que permitem a criação e atualização de páginas pessoais com relativa

²⁴**Domínio** é um nome que serve para localizar e identificar um conjuntos de computadores na internet, além do arquivo html ali hospedado correspondente a uma página do site.

²⁵**Subdomínio** é um atalho para determinada página de um site, tendo como função destacar páginas como um blog ou uma loja virtual. Com um subdomínio, é possível ter um endereço que inicie com um nome ou sigla. Como exemplo, destaco o endereço do meu blog para a Escola Técnica Estadual Henrique Lage (ETEHL): <http://iecn.gilbertofisica.pro.br>.

simplicidade e rapidez, democratizando o acesso de não-especialistas em linguagem HTML, e transferência FTP (OLIVEIRA, 2005), além de não precisar pagar por hospedagem e domínio próprio, embora seja possível atribuir a um blog um domínio pago e personalizado. Estas ferramentas permitem a criação de páginas pessoais por qualquer pessoa que domine noções básicas do uso de computadores, através de uma interface na tela que se assemelha a um editor de textos.

Piva Jr. (2013) resume:

Uma das grandes vantagens do blog - e o que possibilitou essa explosão de utilização - é que as pessoas não precisam saber como essas páginas são construídas tecnicamente. Elas só têm de escrever o texto, clicar em um botão e pronto! Sua informação foi postada numa página na internet. Simples e rápido! (PIVA JR., 2013, p.84-85).

Atualmente a Google, com o Blogger, UOL, Wix, Webnode, WordPress, entre outros, oferecem "gratuitamente" a criação, manutenção e atualização de blogs e sites, quase sempre atrelando automaticamente propagandas às páginas, e/ou utilizando as preferências pessoais para encaminhar posteriormente as ofertas de empresas que pagam por isso. Certamente estes serviços não são exatamente "gratuitos", mas uma configuração adequada pode minimizar esta desvantagem.

Quanto a estes blogs "gratuitos", particularmente, prefiro o Blogger e o Google Sites devido ao repertório de recursos oferecidos na mesma conta, e que podem ser reunidos num mesmo local: busca, editor de textos, planilhas, formulários, grupos, Youtube, Drive (espaço para armazenamento remoto), opções de *Gadgets*²⁶, entre outros.

Os blogs evoluíram do formato de filtro de notícias, como do pioneiro Jorn Barger, para um formato mais diretamente ligado aos tradicionais diários pessoais. Atualmente, muitos "blogueiros" utilizam como lugar exclusivo onde contam o dia-a-dia, fazem desabafos e confissões, como num diário tradicional (OLIVEIRA, 2005). Muitos fazem tanto sucesso que passam a ser tratados como "famosos", ao tratarem de notícias, moda, viagens, culinária, "fofocas".

²⁶*Gadget* - elemento pronto que você pode adicionar ao seu blog, para colocar uma nova funcionalidade nele: contador de acessos, enquetes, simuladores, imagens, vídeo, elementos html/JavaScript de terceiros, entre outros. Isso é feito sem que você precise conhecer programação nem alterar nenhum código. Basta seguir alguns passos para que o novo *gadget* seja incorporado ao seu blog.

Os blogs atualmente têm dado também lugar e voz para que muitos expressem as suas ideias, avaliações e opiniões sobre a sociedade e o mundo, compondo a chamada "mídia alternativa", tão importante no atual momento em que a grande mídia se mostra dominada pelos setores mais privilegiados e conservadores da sociedade, cujas notícias e ideias são marcadas por parcialidades.

A crescente influência dos canais alternativos na formação da opinião pública tem alcançado tamanha dimensão, que aqueles mesmos segmentos hegemônicos passaram a cogitar o controle maior sobre a internet, tanto em relação aos blogs, quanto às redes sociais, alegando motivos de "segurança nacional", "combate" à calúnia contra autoridades e celebridades, o que deveria nos preocupar e mobilizar, já que os mesmos segmentos se mostram propensos a retrocessos inconcebíveis.

Segundo Oliveira (2005), os blogs têm ganho também crescente importância nos meios acadêmicos e educacional. No seu texto, a autora aborda as seguintes pontes:

- Blogs e Educação;
- Blogs e o currículo;
- Blogs e vantagens no ensino;
- Blogs e avaliação?

Em relação à Educação, Oliveira (*Op. Cit.*) destaca que o surgimento dos blogs coincide, exatamente, com o momento em que a presença das NTIC na sociedade passa a exigir transformações no modo de fazer e agir das instituições sociais. A autora ao lembrar Nelson Pretto, num trabalho publicado no final da década de 90, durante a qual aconteceu a implantação da internet no Brasil, coloca:

A escola hoje é um dos espaços mais atrasados da sociedade. Quando a criança chega à escola, já está vivendo um mundo de informações, da televisão, dos videogames, das imagens presentes em todos os espaços, invadindo o seu cotidiano" (PRETTO,1999, *apud* OLIVEIRA, 2005, p. 4).

Oliveira ao fazer outra citação do mesmo trabalho de Pretto, "Vemos um verdadeiro confronto entre os métodos e os programas, que continuam calcados em lógicas lineares enquanto o mundo da mídia é calcado em uma lógica hipertextual" (PRETTO, 1999, *apud* OLIVEIRA, 2005, p.4), chama a atenção para a necessidade de repensarmos os processos metodológicos de modo a envolver definitivamente as NTIC no processo de ensino, agora para ela, também com o uso dos blogs, de natureza intrinsecamente midiática, hipertextual, e acrescentamos, móvel.

Moran (2013) também aborda os blogs na Educação. Lembra que há um uso crescente pelos professores nos vários níveis de ensino, apesar de ainda serem muito mais utilizados pelos alunos, principalmente para divulgação pessoal. Esclarece ainda que:

Eles permitem a atualização constante da informação, pelo professor e pelos alunos, favorecem a construção de projetos e pesquisas, individuais e em grupo, e a divulgação de trabalhos. Possibilitam que os docentes acompanhem o processo de cada aluno, nas ideias e na exposição escrita destas. Com crescente utilização de imagens, sons e vídeos, os videologs são cada vez mais importantes na educação e se integram a outras ferramentas tecnológicas de gestão pedagógica (MORAN, 2013, p.42-43).

Em relação ao currículo, Oliveira (2005) diz que o verbo blogar tem sido conjugado de forma explícita na grade curricular de vários cursos, especialmente das escolas de Jornalismo, e cita alguns exemplos de escolas americanas. Afirma que a formação no âmbito das Novas Tecnologias começam a despontar por todo mundo, muitas vezes através de projetos centrados nos blogs. Ela cita uma experiência italiana, o Portal Scuola-ER²⁷, que coloca à disposição uma plataforma através da qual alunos e professores constroem um weblog de trabalho dentro de um ambiente pensado para a didática.

Quanto às vantagens do uso dos blogs no ensino, ela aponta:

- Interface de fácil manuseio
- Desenvolve o papel do professor como mediador na produção de conhecimento
- Favorece a integração de leitura/escrita num contexto autêntico, incentivando a autoria
- Incentiva a criatividade, através da escrita livre

²⁷Disponível em: <http://scuola.regione.emilia-romagna.it>. Acesso em: 20 set. 2016.

- Favorece resultado didático no processo de desenvolvimento de habilidades
- Promove a autoria e coautoria
- Incentiva a escrita colaborativa, a partir da partilha de informações de interesse comum
- Desenvolve a expressão e opinião pessoais, o pensamento crítico e a capacidade argumentativa
- Explora conteúdo e hipertexto de forma ilimitada
- Incentiva o aprendizado extraclasse de forma divertida
- Explora a formação de comunidades locais, regionais e internacionais
- Desenvolve a habilidade de pesquisar e selecionar informações, confrontar hipóteses
- Potencializa possibilidades do ensino-aprendizagem
- Potencializa a participação dos pais na vida escolar dos filhos
- Potencializa interação entre a classe. (OLIVEIRA, 2005, p.5).

Em relação à avaliação, Oliveira diz que:

Qualquer que seja o modelo implementado, o blog estará pronto para exercer o seu potencial de interface colaborativa, hipertextual, interativa, dinâmica, inclusiva, capaz de ajudar a promover, com qualidade, os objetivos didáticos propostos pela escola. (OLIVEIRA, 2005, p.6).

A autora, ao citar Luckesi (2000), lembra que o sucesso do objeto da avaliação dependerá de que o blog se enquadre como instrumento de coleta de informações e aos objetivos didáticos propostos, de maneira a apontar o estágio de aprendizagem do estudante. Nesse sentido, complementa Oliveira:

[...] o blog deve ser proposto para desenvolver e/ou aprofundar as aprendizagens já realizadas, respeitando-se as suas qualificações como instrumento:

- a) ser adequado ao tipo de conduta e à habilidade que estamos avaliando (informação, compreensão, análise, síntese, etc)
- b) ser adequado aos conteúdos essenciais planejados
- c) ser adequado na linguagem, na clareza e na precisão de comunicação (importa que o educando entenda exatamente o que se está pedindo dele)
- d) ser adequado ao processo de aprendizagem do educando (não dificultar a aprendizagem) (OLIVEIRA, 2005, p.6-7).

Para Moran, "Os blogs são importantes para avaliar o percurso dos alunos ao longo de um determinado tempo ou em determinadas áreas de conhecimento" (MORAN, 2013, p.43).

Em seguida apresentamos a página principal do blog da Escola Técnica Estadual Henrique Lage (Niterói, RJ) do Prof. de Física (o autor), onde aplicamos as atividades propostas para este trabalho.

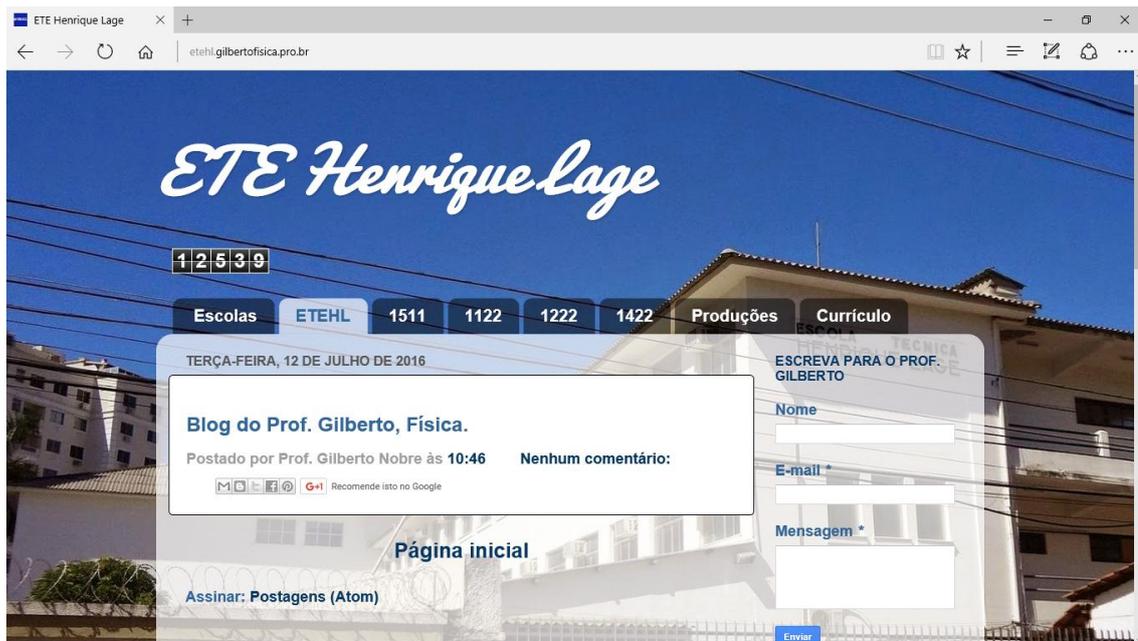


Figura 2.2.4: Página principal do Blog do autor para as turmas da Escola Técnica Estadual Henrique Lage, em Niterói, RJ. Fonte: Próprio autor.

Elegido o blog como a ferramenta para desenvolvimento das atividades propostas para este trabalho, falta-nos dissertar sobre a metodologia que nos guiou no planejamento e elaboração das mesmas, a WebQuest. Este modelo reúne as características do ensino investigativo, como também o uso das NTIC no ensino, que tratamos a seguir.

2.2.4 O método WebQuest

Silva e Bottentuit Jr. (2014) narram que em 1995, o professor americano de Tecnologia Educacional na *San Diego State University (SDSU)*, Bernard Dodge, e seu aluno de graduação, Thomas March, faziam uma demonstração para um grupo de professores em formação utilizando o software chamado *Arquetype*. No entanto, eles verificaram que não tinham uma cópia daquele programa, tampouco os equipamentos necessários para a demonstração. Como improvisado, o professor então pediu para que os alunos-professores buscassem informações na Web sobre aquele programa, de forma colaborativa, e orientada por ele. Após esta etapa, pediu para que redigissem um documento, sugerindo ou não o uso daquele software. Segundo Silva e Bottentuit Jr. (*Op. Cit.*), o resultado surpreendeu o professor.

Dodge percebeu que o grupo se sentiu desafiado e concentrado na realização daquela tarefa, executando com comprometimento e profundidade o que foi sugerido. A partir daí, ele passou a aperfeiçoar a técnica, buscando torná-la mais interessante, e divulgá-la entre outros educadores (SILVA & BOTTENTUIT JR., 2014).

Num pequeno artigo publicado em 1995, intitulado *WebQuests: A Technique for Internet-Based Learning*, Bernard Dodge definiu a WebQuest (WQ) como sendo uma investigação orientada na qual algumas ou todas as informações com as quais os estudantes interagem são originadas de recursos da Internet.

Gostaríamos de destacar que a palavra "orientada", neste caso, passa longe do significado de "instrução programada" ou da intenção de limitar a investigação do estudante. A ideia é que o professor realize o balizamento para que o aluno não se perca ao "navegar" na rede sem uma tarefa clara na mente. Seria equivalente a "organizar a aprendizagem", o que Cachapuz *et al* (2011) chamam de "investigação dirigida".

Eles esclarecem:

Como se vê, não se trata de "enganar" os alunos, de fazer com que acreditem que os conhecimentos se constroem com aparente facilidade com que eles os adquirem [...], mas sim colocá-los nas "mesmas situações" por que os cientistas passaram ao longo da sua formação, podendo deste modo familiarizarem-se minimamente com o que é formalmente o trabalho científico e os seus resultados, replicando para isso investigações já realizadas, abordando problemas já conhecidos pelos que dirigem os seus trabalhos [...](CACHAPUZ *et al*, 2011, p.209).

March (1998), que foi aluno de Dodge, explica que sua elaboração teve por objetivo permitir ao professor cumprir os programas curriculares previstos em relação ao tempo e conteúdos, somando estratégias como aprendizagem cooperativa, pensamento crítico, integração tecnológica, demonstração de desempenhos, investigação e conceitos adquiridos em situações concretas.

Inicialmente, o modelo *WebQuest* foi desenvolvido para ser aplicado em grupos e duplas, embora ele possa ser aplicado individualmente.

Dodge (1995) classificou originalmente a WQ em dois níveis:

- **WebQuests curtas** - O estudante trava contato com um número significativo de informações, dando sentido a elas. Uma

WebQuest curta é planejada para ser executada em uma ou três aulas.

- **WebQuests Longas** - Compreende a ampliação e o refinamento do conhecimento. O estudante depois de completar uma WebQuest terá analisado profundamente um corpo de conhecimento, apreendendo-o e, transformando-o em um trabalho que outros possam utilizar, disponibilizando-o na própria Web ou fora dela. Uma WebQuest longa padrão teria duração de uma semana a um mês de trabalho escolar.

Para que os objetivos da técnica sejam alcançadas, ele estabeleceu alguns atributos críticos que devem ser apresentados, e dispostos na seguinte ordem:

- 1) uma introdução que prepare o "palco" e forneça algumas informações de fundo;
- 2) uma tarefa factível e interessante;
- 3) um conjunto de fontes de informações necessárias à execução da tarefa. Muitos (não necessariamente todos) dos recursos estão embutidos no próprio documento da WQ em forma de 'âncoras' que indicam fontes de informação na Web. As fontes de informação podem ser: especialistas disponíveis via e-mail ou conferências online, base de dados pesquisáveis na rede, livros e/ou documentos, arquivos acessíveis no ambiente de aprendizagem ou trabalho dos participantes;
- 4) uma descrição do processo que os aprendizes devem utilizar para efetuar a tarefa. O processo deve estar dividido em passos claramente organizados e descritos;
- 5) alguma orientação sobre como organizar as informações adquiridas. Isto pode aparecer sob a forma de questões orientadoras ou como direções para completar as metas estabelecidas no prazo;
- 6) uma conclusão que encerre a investigação, demonstre aos alunos o que eles aprenderam e, talvez, os encoraje a levar a experiência para outros campos não explorados dentro da WQ (DODGE, 1995 *apud* SILVA & BOTTENTUIT JR., 2014, p. 4).

Na tradução²⁸ do artigo original de Dodge (1995), ele também elencou outros atributos, considerados não tão fundamentais quanto os anteriores:

²⁸Tradução realizada pelo Prof. Jarbas Novelino Barato, do artigo: *WebQuests: A Technique for Internet – Based Learning*, publicado em *The Distance Educator*, v.1, n 2, 1995. Disponível em <http://www.dm.ufscar.br/~jpiton/downloads/artigo_webquest_original_1996_ptbr.pdf>. Acesso em: 22 set. 2016.

1. As WebQuests são sobretudo atividades de grupos, embora possam ser imaginadas investigações individuais aplicáveis à educação a distância e ao ambiente de bibliotecas.
2. As WebQuests podem ser aperfeiçoadas com elementos motivacionais que envolvam a estrutura básica de investigação, dando aos aprendizes um papel a ser desempenhado (cientista, detetive e repórter, por exemplo), criando uma personalidade fictícia com a qual os participantes deverão interagir via e-mail, e apresentado um cenário dentro do qual os participantes irão trabalhar (o grupo, por exemplo, pode ter recebido uma solicitação do Secretário Geral da ONU sobre o que está acontecendo esta semana na região do Sub-Saara Africano).
3. As WebQuests podem ser planejadas para uma disciplina ou podem abranger uma abordagem multidisciplinar. Uma vez que as abordagens multidisciplinares são um desafio maior que o trabalho numa única área, talvez convenha começar por esta última alternativa até reunir mais experiência para trabalhos compreensivos (DODGE, 1995, p.1-2, tradução).

Ainda segundo Dodge, pelo menos dois aspectos são relevantes em investigações mais longas: os processos de pensamento que são requeridos para criá-las, e a forma que elas assumem depois de criadas. Uma investigação WebQuest longa requer, segundo ele, entre outras, as seguintes habilidades de pensamento:

1. Comparar – Identificar e articular similaridades entre as coisas.
2. Classificar – Agrupar coisas em categorias definíveis com base em seus atributos.
3. Induzir – Inferir generalizações ou princípios desconhecidos desde observações ou análises.
4. Deduzir – Inferir consequências e condições não explicitadas desde dados princípios ou generalizações.
5. Construir Apoio – Construir um sistema de apoio ou de prova para uma afirmação.
6. Abstrair – Identificar e articular o tema ou padrão subjacente da informação.
7. Analisar Perspectivas – Identificar e articular perspectivas pessoais sobre um assunto (DODGE, 1995, p.2, tradução).

Dodge afirma que as formas que uma investigação WebQuest longa podem assumir estão abertas à imaginação. Lembremos que naquele período, os exemplos concretos eram poucos, e a internet uma novidade.

Em nosso levantamento bibliográfico sobre o tema, nos deparamos com dezenas de trabalhos que abordam aplicações da WQ no ensino, o que mostra o crescente interesse pela técnica (STATHOPOULOU, KOTARINOU e APPELBAUM, 2015; OSICKA *et al*, 2013; KURTULUS & ADA, 2012;

MAINGINSKI, RESENDE e PENTEADO, 2012; NÚÑEZ, REGUERA e OKULIK, 2011; CARLAN, SEPEL, LORETO, 2010, entre muitos outros). Aqui, a WQ nos serviu muito mais como um modelo que nos inspirou no planejamento e elaboração das nossas atividades, que exatamente um método a ser seguido; mesmo porque, entre 1995 e hoje, foram inúmeros as novidades tecnológicas que surgiram; e surgirão, e certamente podem ser agregadas ao modelo. Lembramos que os blogs, por exemplo, só apareceram a partir de 1997. O próprio aluno de Dodge citado no início da seção, Thomas March, tem ainda uma página²⁹ na Web com todas as características de um blog sobre a técnica WebQuest, postado em 1998 (MARCH, 1998).

2.3 A Astronomia como motivação para o ensino das Ciências

O termo Astronomia tem origem nas palavras gregas *astron* (astro), e *nomos* (relacionado à lei). Se refere ao ramo da Ciência que estuda as posições relativas, os movimentos, a estrutura e a evolução dos astros.

Pesquisas e evidências arqueológicas mostram que os céus fascinam a humanidade desde os primeiros agrupamentos humanos, em diversas culturas, períodos e continentes (AFONSO; NADAL, 2013). Talvez seja a mais antiga área do conhecimento sobre a qual a mente humana se debruçou, embora que no passado estivesse quase sempre ligada também a superstições. A figura 2.1 mostra estruturas megalíticas no sítio do Rego Grande no Amapá que, segundo datação por carbono 14, foi ocupado entre 700 a 1000 anos atrás.



Figura 2.3.1: Estruturas megalíticas no sítio do Rego Grande em Calçoene, AP. Fonte: AFONSO & NADAL, 2013, p.60.

²⁹Página disponível em <http://tommarch.com/writings/why-webquests/>. Acesso em: 27 set. 2016.

Pesquisadores verificaram que a sombra de um fino megálito naquele sítio desaparece quando o Sol se encontra no ponto mais alto de sua trajetória diurna (passagem meridiana), no solstício do inverno do hemisfério norte (AFONSO; NARDAL, *Op. Cit.*). O que significa que o megálito aponta exatamente para o Sol nesse instante, no dia 21 ou 22 de dezembro, pois o sítio arqueológico fica no hemisfério norte.

Outros diversos sítios por todo mundo têm ligação com o movimento dos corpos celestes, ciclo das estações e rituais anuais. A figura 2.2 mostra a estrutura megalítica de Stonehenge, construído e remodelado entre 3100 e 1100 AEC. Especialistas sugerem o uso simultâneo para observações astronômicas e a ritualísticas naquele período.



Figura 2.3.2 - Construção megalítica de Stonehenge, no Condado de Wiltshire, ao norte da cidade de Salisburia na Inglaterra (3100 e 1100 AEC). Fonte: Observatório Nacional. Os mistérios de Stonehenge (2014).

A abordagem anterior tem por objetivo levantar a seguinte questão: se os astros fascinam a humanidade desde de seus primórdios, levando-a a buscar os primeiros conhecimentos sobre a natureza, não teria a Astronomia potencial motivador para os jovens em relação ao estudo de ciências?

Gostaríamos de fazer ainda uma outra reflexão. Ao lermos trabalhos produzidos por professores na área de ensino de Ciências, em particular, de Física, nos mais diversos programas de pós-graduação em Ensino de Física,

eles relatam as dificuldades pelas quais se deparam em relação à motivação dos alunos para o estudo da disciplina. Rodrigues (2014), em sua dissertação de mestrado do Programa de Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, escreve na introdução:

Na lógica do professor, a busca por alternativas começa pelo problema do interesse do aluno. É preciso encontrar um meio de estimular sua participação nas aulas de Física. É preciso envolvê-lo, despertar-lhe a curiosidade, o desejo de conhecer, de investigar e, é claro, de ler e estudar (RODRIGUES, 2014).

Kemper (2008), também na introdução de sua dissertação de mestrado em Ensino de Física na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, escreve:

A realidade educacional do ensino de Física vem manifestando uma verdadeira crise evidenciada pela falta de interesse e dificuldades de aprendizagem nas escolas de ensino médio e pela evasão de alunos das salas de aula bem como pelos índices elevados de analfabetismo científico (KEMPER, 2008).

De Greve (2010) afirma que, enquanto cresce a necessidade mundial por especialistas em ciência e tecnologia, de forma contrária diminui o interesse dos jovens pelo estudo destas áreas em todo o mundo. Alerta ainda sobre a necessidade de mudanças no ensino de ciências a fim de atender aquelas demandas.

Poderíamos fazer referência a outros vários trabalhos que relatam sobre a falta de interesse e motivação dos estudantes em relação ao estudo de ciências, em particular, a Física. Exposto o problema, colocamos uma segunda questão: como despertar o interesse e motivar os nossos jovens nesse sentido? A resposta não é simples e deve passar por outras questões relacionadas ao ensino de Física: Conteúdos, estratégias, modalidades, recursos.

Estas questões mostram a importância das pesquisas na área do Ensino de Física que apontem soluções para este sério problema. Uma das possíveis respostas, que passa pelos conteúdos, apontada em diversos trabalhos, está na exploração da abrangência da Astronomia por seus potenciais motivador, contextualizador e interdisciplinar.

Sobre este tema, Leite *et al* (2013) fazem uma abordagem histórica do ensino de Astronomia no país, que começa com os jesuítas, passa pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), (BRASIL, 1999), e culmina na questão da formação do professor da educação básica.

Caniato (2014), apresenta uma sucinta, mas deslumbrante, narrativa sobre o ensino da Astronomia no país a partir de 1970, fazendo referência ao seu trabalho, *O Céu*, onde apresenta interessantes abordagens da Física através da Astronomia.

De Greve (2010), escreve ainda sobre a inclusão da Astronomia nos programas de Física (óbvia), Química e Matemática a fim de agregar diversas características desejáveis no processo de ensino-aprendizagem: a investigação, motivação (entusiasmo), contextualização, trabalho colaborativo, uso de TICs no ensino (com destaque para a internet), obtenção e análise de dados. Ressalta ainda que a Astronomia pode envolver os estudantes no problema a ser resolvido. Destaca que as atividades propostas nesta área valorizam o "erro" no processo de construção do conhecimento, fazendo um paralelo em relação ao *fracasso* como um importante ingrediente em relação ao "fazer ciência".

Kantor (2001), Bacher e Saurer (2002), Neitzel (2006), Uhr (2007), Kemper (2008), Albrecht (2008), Faria e Voelzke (2008), Menezes (2011), Andrade (2012), Rosado (2012), Soler (2012), Moretti (2012), também escreveram sobre a pertinência da inclusão da Astronomia nos programas de Física por seu potencial motivador e interdisciplinar.

Doran (2014, p.69) mostrou como uma experiência internacional que envolve o ensino de Astronomia, *Global Hands-on Universe (GHOU)*, obteve um surpreendente resultado: alunos que tinham perdido o interesse pelas ciências começaram a revelá-lo novamente, culminando na descoberta da supernova SN19941 por duas alunas integrantes do projeto, Melody Spence e Heather Tartara, com seu professor, Tim Spuck.

A partir de 2009, mesmo ano em que comemoramos os 400 anos das descobertas de Galileu, o GHOU criou o *Galileu Teacher Training Program (GTTP)*, que passou a promover a formação de professores em escala planetária. Com o apoio da União Astronômica Internacional (*International Astronomical Union - IAU*), que realizava a sua convenção na cidade do Rio de

Janeiro no mês de agosto do mesmo ano, foi oferecido treinamento na forma de um *Workshop de Astronomia e Astrobiologia* a professores inscritos, dos quais fui um dos participantes, realizado nas instalações da UERJ, Campos Maracanã, nos dias 8 e 9 de agosto daquele mesmo ano. Foi extremamente gratificante e estimulante, ainda que realizado em um final de semana.

O *workshop* foi organizada por Marcelo Emílio (UEPG), com a colaboração de João Batista Garcia Canalle (UERJ), ambos astrônomos e professores. Este é também organizador da Olimpíada de Astronomia e Astronáutica (OBA), realizada anualmente desde 1998, que reúne um número maior de escolas participantes a cada edição. Na programação do workshop do GTTP os professores passaram por diferentes oficinas ministradas por renomados astrônomos que também participavam da conferência na cidade, entre eles, Connie Walker (NOAO), Rosa Doran (NUCLIO/GHOU/GTTP), Jay Pasachoff (Hopkins Observatory), Maria Luisa Almeida (Universidade de Lisboa), Mary Kaddoka (*Univerty of Hawaii*), Rick Fienberg (*American Astromical Society*), Pedro Russo (projeto *Universe Awareness*). A figura 2.3 mostra a fotografia em comemoração pelo final do minicurso.



Figura 2.3.3: Professores participantes do Workshop de Astronomia na UERJ relativo ao *Galileu Teacher Training Program* (8 e 9 de agosto de 2009).
Fonte: Registro fotográfico do próprio autor.

Soler e Leite em 2012 apresentaram no II Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (II SNEA 2012), em São Paulo, um levantamento a respeito da importância e das justificativas que os pesquisadores atribuem para

o Ensino de Astronomia. Eles elencaram os principais argumentos apontados por pesquisadores.

- *Despertar de sentimentos e inquietações:* a Astronomia, supostamente, possuiria a característica de despertar vários tipos de sentimentos, junto a diferentes grupos sociais, tais como curiosidade, interesse, fascinação, encantamento, e esta característica poderia ser aproveitada no processo de ensino-aprendizagem de temas e conteúdos ligados a ela;

- *Relevância sócio-histórico-cultural:* a Astronomia teria uma significativa relevância sócio-histórico-cultural, pois, ao longo da história humana, o seu desenvolvimento teria proporcionado diversas contribuições para a evolução de civilizações, tais como possibilidade de registro e organização do tempo, aprimoramento nas técnicas de plantio e caça, orientação necessária para grandes locomoções, dentre outras;

- *Ampliação de visão de mundo e conscientização:* o estudo e a aprendizado de conhecimentos da Astronomia poderia promover ampliação de visão de mundo, questionamentos e reflexões, o que também poderia acarretar numa maior conscientização a respeito de temas como cidadania, preservação ambiental e sustentabilidade;

- *Interdisciplinaridade:* a Astronomia teria a característica de facilmente se relacionar com outras áreas do conhecimento humano, o que constituiria um grande potencial educativo; (SOLER e LEITE, 2012, p.373).

Na mesma direção, mas com metodologia diferente, Langhi e Nardi (2014) também realizaram um trabalho com o mesmo objetivo, do qual transcrevemos algumas ideias centrais abaixo (IC) detectadas por eles nas pesquisas, pontuadas por expressões-chave (ECH), seguido do que eles se referem como discurso do sujeito coletivo (DSC) como metodologia de análise.

IC3: Astronomia é um elemento motivador.

ECHs:

- compreender os fenômenos celestes (...) tem sido objeto de interesse do homem desde as mais antigas civilizações.
- despertar o interesse pela busca de explicações e justificações de fenômenos que ocorrem no dia a dia dos cidadãos
- uma grande vantagem da abordagem de tópicos de Astronomia e Astrofísica na formação de profissionais de Física é a frequente integração de conteúdos fascinantes, tendo a observação do Cosmos por contexto.
- a astronomia é um tema já intrinsecamente motivador aos alunos, e traz interesse independentemente das estratégias usadas no ensino.
- a astronomia é uma das áreas que mais atrai a atenção e desperta a curiosidade dos estudantes, desde os primeiros anos escolares até sua formação nos cursos de graduação.
- o ensino de astronomia, quase sempre reservado ao ensino de nível fundamental, é um chamariz para o ensino das ciências, despertando

nos alunos a curiosidade e o interesse em aprender sobre as ciências.

DSC3: Aprender Astronomia tem levado 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, motivação.

IC4: A Astronomia é altamente interdisciplinar.

ECHs:

- devido ao seu elevado caráter interdisciplinar e à possibilidade de diversas interfaces com outras disciplinas [...], os conteúdos de Astronomia podem proporcionar aos alunos uma visão menos fragmentada do conhecimento.
- 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.
- tais fenômenos podem servir como excelentes exercícios para despertar o valor da pesquisa científica em alunos e professores, e comprovar a interdisciplinaridade da astronomia.
- conhecendo o caráter interdisciplinar da Astronomia, desenvolvemos este trabalho para motivar o aprendizado de Ciências.

DSC4: Temas e conteúdos sobre Astronomia são adequadamente interdisciplinares (LANGHI e NARDI, 2014, p.50-51).

Em relação às questões legais sobre a educação no país, os princípios estabelecidos na Lei n. 9.394 de Diretrizes e Bases (LDB), (BRASIL, 1996), em vigor desde 20 de dezembro de 1996 (que já sofreu, e vem sofrendo inúmeras modificações atendendo aos mais diversos interesses, alguns no sentido de aperfeiçoá-la, outros notoriamente escusos e/ou retrógrados) mostraram a necessidade da elaboração de propostas de diretrizes curriculares que não foram detalhadas no documento, mas que certamente foram determinante para a elaboração dos PCNs e outras orientações e reorientações curriculares que veremos a seguir.

Em 1999, o Ministério da Educação (MEC) divulgou os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), (BRASIL, 1999), para subsidiar e orientar a elaboração e renovação das propostas curriculares para as escolas, até que as diretriz curriculares da educação fossem melhor definidas. Na seção que trata do ensino médio (PCNEM), (BRASIL, 1999), parte III, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, a sua apresentação traz um retorno parcial da consulta a especialistas que apontavam a necessidade de modificações para

que fosse apresentado detalhamento maior para inclusão de Geologia e Astronomia no currículo, articuladas com outras disciplinas.

Entre as modificações que podem ser facilmente identificadas, não há na presente versão um detalhamento maior das temáticas disciplinares, coisa que, eventualmente, será promovida em outro momento e por outro instrumento. Assuntos relacionados a outras Ciências, como Geologia e Astronomia, serão tratados em Biologia, Física e Química, no contexto interdisciplinar que preside o ensino de cada disciplina e o do seu conjunto (BRASIL, 1999).

Os PCN destacam que o aprendizado de Física deve ir além do conhecimento técnico, e contribuir também para uma compreensão mais ampla do mundo, da vida, do cosmo:

Com esta compreensão, o aprendizado deve contribuir não só para o conhecimento técnico, mas também para uma cultura mais ampla, desenvolvendo meios para a interpretação de fatos naturais, a compreensão de procedimentos e equipamentos do cotidiano social e profissional, assim como para a articulação de uma visão do mundo natural e social. Deve propiciar a construção de compreensão dinâmica da nossa vivência material, de convívio harmônico com o mundo da informação, de entendimento histórico da vida social e produtiva, de percepção evolutiva da vida, do planeta e do cosmos, enfim, um aprendizado com caráter prático e crítico e uma participação no romance da cultura científica, ingrediente essencial da aventura humana (BRASIL, 1999).

Nesse sentido, Kantor (2001) apresentou no seu trabalho dois capítulos muito interessantes nos quais escreveu sobre Astronomia na cultura e lazer, que mostram como essa área do conhecimento, talvez a mais antiga, fascinou, e fascina, a mente humana, como levantamos no início da seção.

Em 2002, algumas mudanças sugeridas foram atendidas nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio (PCN+), (BRASIL, 2002). Apesar do documento não deixar claro o que deve ser ensinado em Astronomia, na sua introdução, sugere através de uma questão a sua inclusão: "E a Astronomia, o que tratar?" (BRASIL, 2002, p.60). Faz ainda clara menção da sua articulação com outras disciplinas, enfocando seu potencial interdisciplinar. Os PCNs+ trouxeram ainda sugestões de temas estruturadores que buscam articular competências e conteúdos e apontam para novas práticas pedagógicas. Entre os temas sugeridos, e que contempla a Astronomia, encontramos *Universo, Terra e Vida*

(tema 6), com as seguintes unidades temáticas: Terra e sistema solar, o universo e sua origem, compreensão humana do universo.

Em 2006, foram divulgadas pelo MEC as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006), com o objetivo, segundo o próprio texto, de promover o diálogo entre o professor e a escola sobre a prática docente. O documento faz referência à astronomia ao sugerir a sua abordagem em seus aspectos físicos, históricos e filosóficos a partir do estudo da gravitação.

Em 2013, o MEC divulgou as Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica, (BRASIL, 2013). O documento traz as novas diretrizes curriculares para a Educação Básica no país, que estabelecem a base nacional comum, responsável por orientar a organização, articulação, o desenvolvimento e a avaliação das propostas pedagógicas de todas as redes brasileiras de ensino.

Em virtude do disposto no documento, em 30 de julho de 2015, o MEC lançou um portal³⁰. na internet, apresentou uma proposta preliminar para a BNCC (BRASIL, 2015), e abriu uma consulta pública para receber sugestões. Cidadãos interessados, professores, escolas, instituições de ensino, universidades, secretarias de educação enviaram até 15 de março de 2016 (em que foi encerrada a consulta) as suas propostas. Cabe agora aos responsáveis pelo projeto o fechamento e apresentação final do documento, previsto para junho de 2016. Naquela proposta preliminar, na parte referente à Física, Unidade Curricular 6 - Terra e Universo, lemos o seguinte:

Da gravitação universal que coordena a dança dos corpos celestes, até as hipóteses sobre os primeiros momentos do surgimento das forças e da nucleossíntese primitiva, estuda-se a visão contemporânea do Universo e nele galáxias e estrelas, comparando-se com a herança de cosmologias de outras épocas. O estudo do funcionamento e da evolução de estrelas dá lugar à compreensão da formação de nosso Sistema Solar e à investigação de condições para que surja a vida em outras partes do Universo (BRASIL, 2015).

Camino et al (2016), num texto produzido no encontro da *II Escuela Latinoamericana de Enseñanza de las Ciencias y la Astronomía* realizada na Colômbia em maio deste ano, tomam como base que os conceitos da Astronomia podem ser ensinados em todos os níveis de ensino e âmbitos

³⁰ BNCC (versão preliminar). Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/#/site/inicio>.

socioculturais, o que implica, segundo eles, no desafio de formar professores que conheçam o potencial da astronomia para o ensino das Ciências (naturais e humanas). Sobre este aspecto, salientam a necessidade cada vez maior de uma articulação entre as propostas de ensino das escolas, com aquelas produzidas nas academias e que envolvam a Astronomia; e estas propostas, por sua vez, devem articular-se com a dos planetários e clubes de astronomia. Acrescentaríamos também, as Olimpíadas de Astronomia, e os encontros de ensino de Astronomia.

Camino *et al* (2016) afirmam que é necessário romper com as ideias pré concebidas sobre o ensino da Astronomia, como:

- A necessidade de um telescópio para esse intento;
- Que são mínimas as possibilidades de se formular novas explicações sobre o funcionamento do Universo;
- Que as ideias das crianças sobre esta área sempre estão equivocadas;
- Que é possível falar de conceitos astronômicos puros da Astronomia sem reconhecer as estreitas relações com disciplinas como Biologia, Química, Física, entre outras.

Ainda segundo os autores, o ensino da Astronomia é uma atividade cultural de construção de explicações, que apresenta uma visão do Cosmo que vai além do que é possível ver através das lentes dos telescópios. Ela permite analisar problemas causados pela humanidade, como por exemplo, o lixo espacial, promove o diálogo entre culturas diferentes da visão e interpretação da mecânica celeste, nos faz compreender as estações do ano, tão marcantes em nossas vidas, nos faz divagar sobre a possibilidade de não sermos únicos na vastidão do Universo, entre outras considerações; mas, sobretudo, nos permite aprender a ser humildes e reconhecer o quanto somos pequenos diante de tão vasto sistema (CAMINO *et al*, 2016).

Verificamos que são muitos os trabalhos que tratam do potencial da Astronomia para despertar o interesse dos estudantes pelas ciências, mas ainda assim, Roberto Jr., Reis e Germinaro (2014) mostram que são

pouquíssimos os cursos de licenciatura em Física no Brasil que têm alguma disciplina obrigatória de Astronomia. Afirmam que possivelmente 85% do número de alunos concluintes e que fizeram o ENADE 2011 se formaram sem os conhecimentos mínimos necessários para ensinar os conteúdos básicos nesta área. Acreditamos que a informação apresentada pelos autores seja importante para repensarmos e refletirmos sobre a questão da formação dos professores de Física diante das dificuldades atuais enfrentadas em nossas salas de aula, e que são repetidamente apontadas por eles.

Diante de tudo que expomos nesta seção, a nossa proposta sobre Astronomia corresponde a algumas atividades na forma de páginas de blogs e outros recursos digitais, agrupadas em três temas:

- 1) Os pequenos corpos do Sistema Solar.
- 2) O referencial;
- 3) As Leis de Kepler.

Por esse motivo, trataremos na próxima seção (2.4) sobre os pequenos corpos do Sistema Solar: classificação, composição, localização, observação e monitoramento, movimento, principalmente daqueles que se aproximam com regularidade da Terra (Near-Earth Object - NEO). Ao tratarmos do movimento na última subseção (2.4.5), apresentamos também um pouco do trabalho de Johannes Kepler, que por meio de procedimentos rigorosos chegou às regularidades dos movimentos planetários, válidas também para os demais corpos. Afinal, "todos são iguais perante às leis" (pelo menos para as leis da natureza).

2.4 Os pequenos corpos do Sistema Solar

O Sistema Solar não é composto apenas pelo Sol e seus planetas. Além deles, existe uma imensa quantidade de corpos menores, os satélites, que são corpos que descrevem órbitas em torno dos planetas, ou mesmo de um asteroide; e aqueles que se localizam em regiões particulares do Sistema Solar: meteoroides, asteroides e cometas, que descrevem órbitas em torno do

Sol. Nas subseções seguintes, vamos abordar o movimento dos corpos celestes, que também podemos estender aos pequenos corpos, e apresentar a classificação e algumas das suas principais propriedades.

2.4.1 O movimento dos corpos celestes

Cherman (2011) antes de abordar "os movimentos" da Terra no seu trabalho sobre os calendários, faz a seguinte pergunta: O que é exatamente um movimento?

Para responder, ele representa um ciclista pedalando.

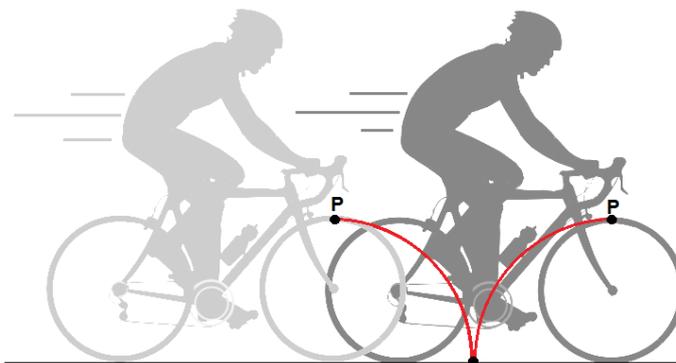


Figura 2.4.1: Bicicleta em movimento, destacada a cicloide do ponto **P** em relação ao solo. Fonte: CHERMAN, 2011, p.26 (modificada).

Se o ciclista tomar o garfo da bicicleta como referência (r_1), dirá que o ponto **P** gira em torno do centro da roda com velocidade linear v (rotação). Mas para alguém que tome a ciclovia como referência (r_2), dirá que todo o conjunto, ciclista, bicicleta e rodas, segue em frente com certa velocidade \vec{v} (translação). Ainda para ele, o movimento de **P** pode ser descrito como a combinação da rotação e translação, tratados como componentes do movimento mais geral, cuja trajetória no espaço tem forma de uma cicloide.

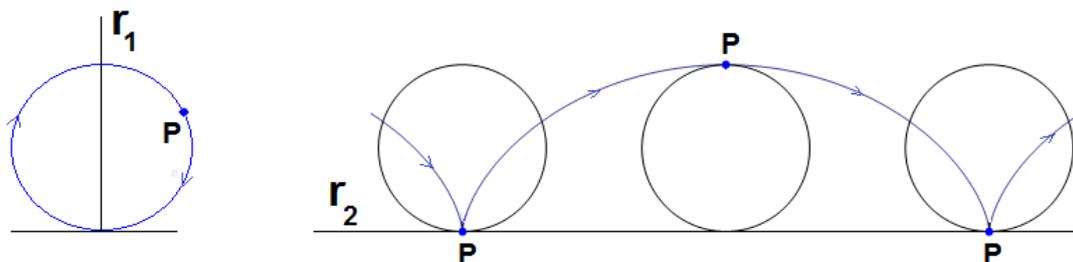


Figura 2.4.2: Formas de trajetórias para o movimento de um ponto da roda, considerando referências diferentes. Fonte: Próprio autor.

Como para o movimento do ponto **P**, podemos entender que os corpos celestes possuem então apenas **um movimento**, cuja complexidade dependerá da forma que se decida descrevê-lo. Assim, como Chermam (*Op. Cit.*) sugeriu em relação à Terra, dividiremos o movimento dos corpos menores do Sistema Solar em componentes, que chamaremos de "movimentos dos pequenos corpos": "Podemos até continuar usando esta expressão, desde que saibamos que é apenas isso: uma expressão, uma figura de linguagem" (CHERMAN, 2011, p.27).

Os referenciais, apesar de muitas vezes não serem abordados com a devida atenção em sala de aula, são fundamentais no estudo dos movimentos. Muitos livros didáticos associam o referencial apenas aos eixos de referência (que nos dão as coordenadas espaciais), esquecendo-se da coordenada temporal (dada pelo relógio); talvez devido ao enfoque clássico, onde o tempo transcorre igualmente para todos os referenciais.

Em astronomia, a coordenada temporal é fundamental nas observações, já que as direções de referência mudam com o tempo, como no caso do ponto vernal, que descreveremos em 2.4.2. O tempo aparece como o parâmetro "época" (epoch).

A rotação

É um movimento que um corpo celeste descreve ao girar com velocidade angular $\vec{\omega}$ em torno de um eixo que passa por seu centro de massa (eixo de rotação).

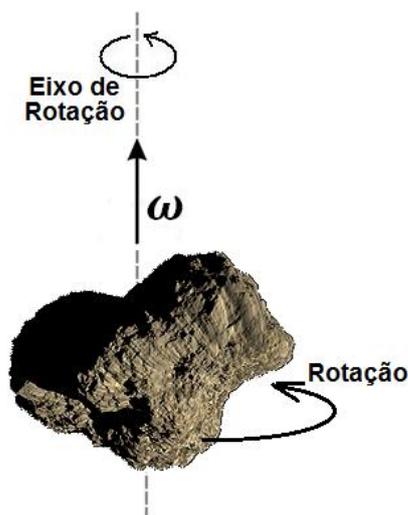


Figura 2.4.3: Representação da rotação de um pequeno corpo.
Fonte: Próprio autor.

Mas por que os corpos celestes apresentam rotação?

Cabrera (2015) coloca que as propriedades rotacionais e a forma de um corpo podem fornecer indícios importantes sobre sua formação e evolução.

Tendo uma estimativa da forma é possível inferir se o corpo poderia ser o resultado da acreção de pequenos planetesimais, ou da fragmentação de um corpo maior ou, ainda, da reacumulação gravitacional após uma quebra catastrófica formando um objeto reacumulado ("*rubble-pile*", em inglês) (CABRERA, 2015, p.4).

Conhecer a composição e as características físicas de pequenos corpos, forma, período de rotação, órbita, podem produzir resultados estatísticos que além de contar sobre a formação e evolução deste corpos, também nos fornecem importantes informações sobre as regiões em que são encontrados, por conseguinte, da formação do próprio Sistema Solar. Segundo Cabrera (*Op. Cit.*), uma rotação muito lenta (grande período de rotação) pode indicar uma evolução colisional, como um asteroide reacumulado, formados por um conjunto de fragmentos soltos que se agregam aleatoriamente por gravidade; enquanto uma rotação extremamente rápida, pode indicar um corpo formado por um único bloco ou fragmento, já que não se desfaz com a rápida rotação.

Mas como os astrônomos conseguem conhecer o período de rotação de um asteroide, por exemplo?

Eles podem utilizar a **curva de luz** daqueles corpos, obtidas a partir da técnica de fotometria CCD (charge-coupled device), por exemplo. Ela é muito utilizada, e basicamente os dados são obtidos por um telescópio acoplado a um sensor de luz CCD, semelhantes aos das câmeras digitais.

Os asteroides possuem formas variadas, sulcos, protuberâncias, crateras, áreas mais escuras, mais claras, que refletem de forma diferente a luz que chega até eles. A ínfima quantidade refletida que vem em nossa direção, e é captada pelas lentes dos telescópios, é suficiente para sensibilizar o CCD. A variação da intensidade de luz recebida num período mais longo, alguns dias, está relacionada a sua aproximação ou afastamento em relação ao Sol. Uma variação mais curta, algumas horas, está associada à sua rotação. Até mesmo a inclinação do eixo de rotação pode ser deduzida a partir da comparação entre períodos diferentes.

Souza (2002) apresenta uma figura, que aparece também no trabalho de Lazzaro *et al* (2009), que ilustra bem como é obtida a curva de luz. Eles explicam:

A figura esquemática apresentada abaixo mostra o que acontece nesse caso. Suponha que estamos observando um asteroide com a forma de um charuto. No desenho da extrema esquerda estamos observando o asteroide de frente, vendo a sua maior área. Nesse caso a quantidade de luz refletida por ele atinge o valor máximo. À medida que ele gira, a superfície refletora vai diminuindo de tamanho. Consequentemente a curva de luz diminui gradualmente de valor até atingir o seu mínimo quando o asteroide está de perfil para nós. Como ele continua a girar, logo começa a mostrar de novo uma área superficial maior e, conseqüentemente, a curva de luz começa a aumentar até atingir novamente o seu valor máximo (LAZZARO *et al*, 2009f).

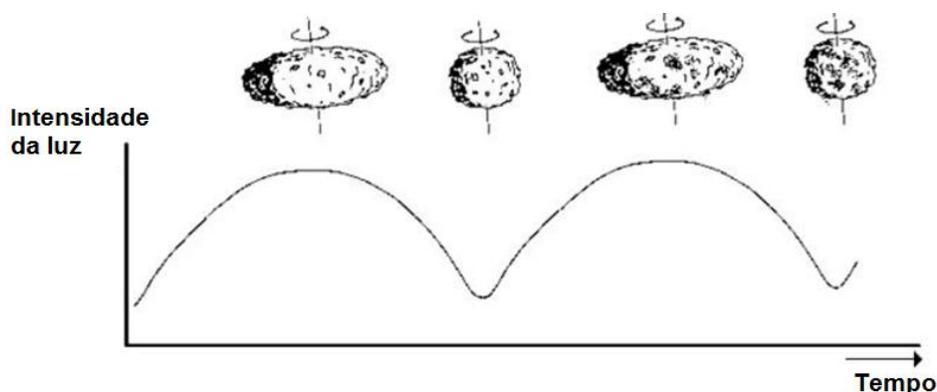


Figura 2.4.4: Esquema para entender a curva de luz.
Fonte SOUZA, 2002, p.16 (modificada).

Souza (2002) elaborou um trabalho que trata especificamente da determinação do período de rotação de pequenos asteroides. Cabrera (2015) vai além, e aborda também a forma das órbitas dos NEOS a partir das curvas de luz. Ambos apresentam figuras semelhantes que nos ajudam a entender como a inclinação do eixo de rotação influencia na curva de luz.

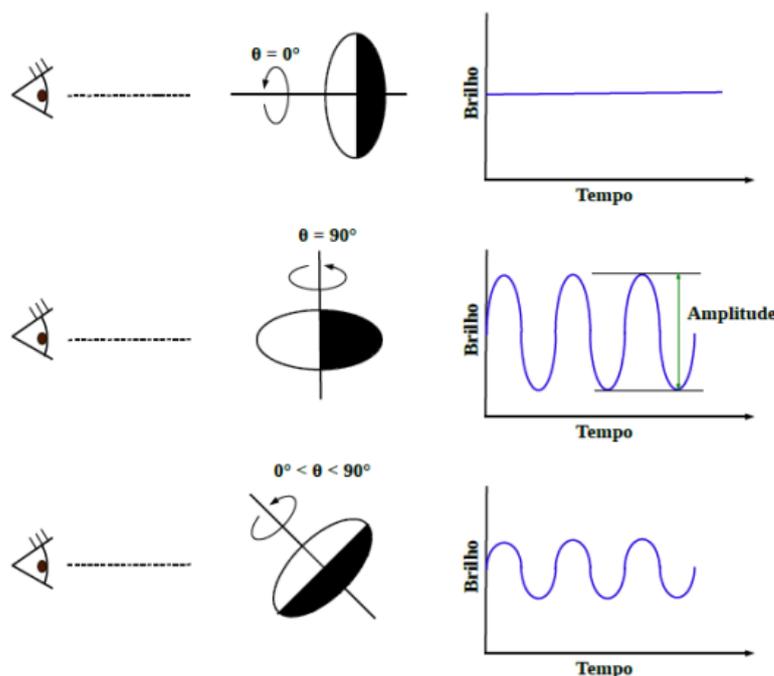


Figura 2.4.5: Inclinação do eixo de rotação e a curva de luz.
 Fonte: CABRERA, 2015, p.12 (modificada).

Numa outra ilustração, Souza (*Op. Cit.*) mostra ainda uma curva mais próxima ao que é obtido na realidade. Segundo ela, as mudanças no brilho devido às variações do albedo³¹ (*ou* composição) podem se confundir com as variações associadas à forma, configuração espacial e espalhamento da luz pela superfície do corpo; desse modo, a interpretação da curva de luz pode se tornar mais difícil para alguns corpos, ou seja, os efeitos produzidos por essas irregularidades podem mascarar os resultados que se busca. Ela cita o exemplo do asteroide Mathilde, que apresentava uma curva de luz que indicava uma rotação complexa. Entretanto, a sonda espacial NEAR Shoemaker (ESA) confirmou que as variações observadas da Terra eram devidas às imensas crateras em sua superfície.

³¹ Albedo: Razão entre a quantidade de luz que é difundida ou refletida por uma superfície e a quantidade de luz incidente sobre a mesma..

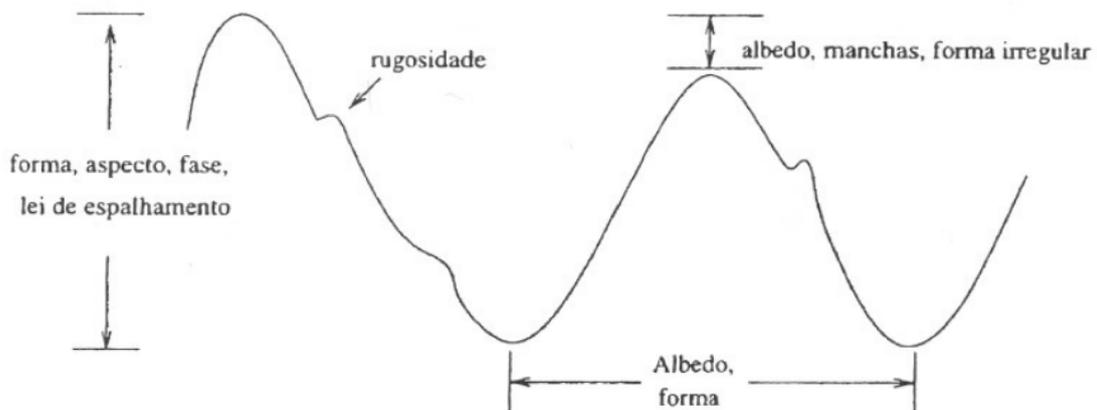


Figura 2.4.6: Representação de uma curva de luz mostrando outros possíveis efeitos. Fonte: SOUZA, 2002, p.17 (modificada).

Souza e Cabrera (*Op. Cit.*) explicam que o período de rotação é obtido pelo ajuste numa série de Fourier das curvas de luz observadas. Na realidade, o ajuste é feito sobre uma composição de curvas de luz obtidas em noites consecutivas, mas próximas, para se manter constantes os ângulos de fase (α) e de aspecto (θ) na fotometria.

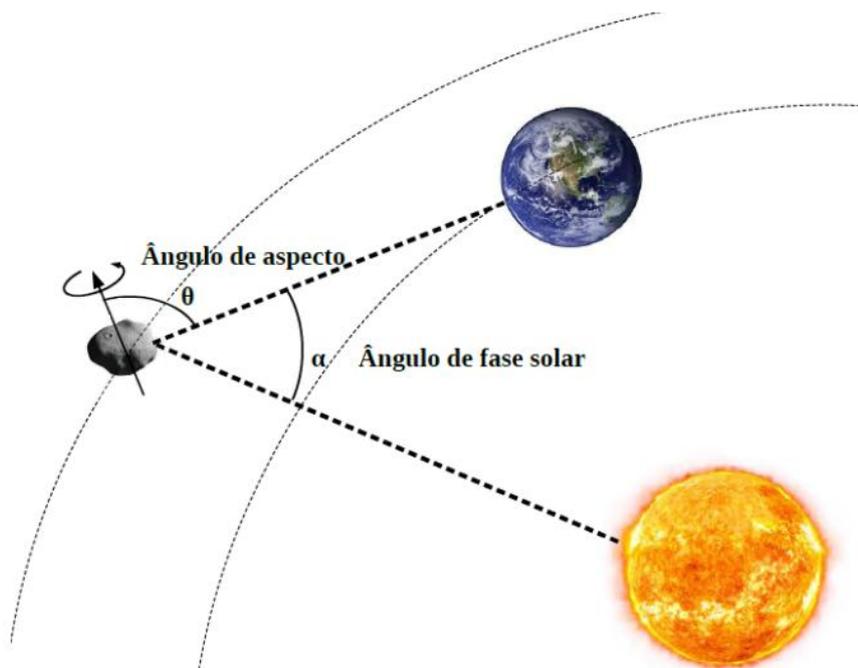


Figura 2.4.7: Esquema mostrando o ângulo de fase e de aspecto. Fonte: CABRERA, 2015, p.12 (modificada).

Eles explicam ainda que a composição das curvas de luz pode ser representada pela seguinte série de Fourier (HARRIS *et al*, 1989 *apud* CABRERA, 2015):

$$V_{(\alpha,t)} = V_{(\alpha)} + \sum_{l=1}^n \left[A_l \text{sen} \frac{2\pi l}{P} (t - t_0) + B_l \text{cos} \frac{2\pi l}{P} (t - t_0) \right] \quad (1)$$

Onde:

$V_{(\alpha,t)}$ = magnitude reduzida ([ver Anexo B](#)) para cada instante t ;

$V_{(\alpha)}$ = magnitude reduzida em um ângulo de fase α ;

A_l , B_l = coeficientes de Fourier;

P = período de rotação;

t_0 = instante no meio do intervalo de observação;

n = grau do polinômio.

Cabrera (*Op.Cit.*) afirma que é possível obter informações sobre a direção do eixo de rotação, ou direção de spin, e mesmo da forma de um asteroide, a partir de sua curva de luz. Para isso, seriam necessárias curvas de luz obtidas por longo período, meses/anos. Ele apresenta alguns métodos para determinação da direção do eixo de rotação e da forma do corpo. É realmente um interessante trabalho para quem busca compreender as técnicas envolvidas e, como fazer ciência.

A **astronomia de radar** é outra técnica utilizada para o estudo destes pequenos corpos; nesse caso, é chamada ativa, ou seja, o objeto é "iluminado" por feixes direcionados de microondas e seu reflexo é observado da Terra. Por requerer sofisticados instrumentos, apenas os grandes observatórios utilizam. A grande vantagem da técnica é medir diretamente a distância que o objeto se encontra e a sua velocidade. A combinação das duas técnicas permite a predição das órbitas para décadas, e algumas vezes, séculos.

No site do IAU para os asteroides (*Minor Planet Center*³²) é possível obter diversos dados observacionais para muitos NEO, a partir dos quais podem ser construídas curvas de luz. É preciso observar que não é dado o

³² Apresentamos a página com os dados observacionais para o asteroide Itokawa, desde seu descobrimento, 1998, até 2016: http://www.minorplanetcenter.net/db_search/show_object?object_id=25143.

brilho do objeto, mas a sua magnitude, nesse caso, quanto menor a magnitude, mais brilhante é o objeto. Um outro site interessante é do *Heavens Above*³³, nele é possível verificar a posição e magnitude de pequenos objetos que podem ser vistos de uma região durante a noite, inclusive alguns asteroides. A observação a olho nu só é possível para corpos com magnitude inferior a 6, ainda assim, dependerá da poluição luminosa local.

A revolução

É um movimento cíclico que um corpo celeste realiza ao redor do Sol, ou outra estrela; ou ainda ao redor de um corpo com massa maior, como no caso dos satélites em torno dos planetas.

Mas porque os corpos celestes apresentam rotação e revolução?

Os sistemas estelares se formaram (e se formam) a partir de imensas nuvens moleculares em que algumas regiões mais densas passam a se contrair intensamente devido às interações gravitacionais, encadeado, normalmente, por alguma perturbação externa. Abaixo apresentamos uma imagem de uma imensa nuvem molecular (nebulosa) conhecida como "Cabeça de Cavalo". Incontáveis estrelas nascem no seu interior.



Figura 2.4.8: Nebulosa Cabeça de Cavalo, berçário de novas estrelas. Fonte: <http://awesomeuniverse.org/2013/07/31/as-belezas-do-cosmos-nebulosas/>.

³³ <http://www.heavens-above.com/>.

Para um sistema de partículas, como no caso das nuvens moleculares, Nussenzveig (1981) coloca que: em um sistema de partículas, ao contrário do momento linear do movimento interno (relativo ao CM) que sempre se anula $\vec{P}' = \vec{0}$, o momento angular \vec{L}' do movimento interno, em geral não se anula, ou seja:

$$\vec{L}' = \sum_{i=1}^N \vec{r}'_i \times \vec{p}'_i \neq \vec{0} \quad (2)$$

Dessa forma, a nuvem primordial que está se contraindo passa a ter uma rotação associada a \vec{L}' . A diminuição de seu raio faz a rotação aumentar (conservação do momento angular), e a nuvem vai tomando a forma de um disco, como um pizzaiolo girando a massa no ar. A figura 2.3.34 que Chermam (2011) apresenta descrevendo este processo é bastante esclarecedora. Vejamos a seguir.

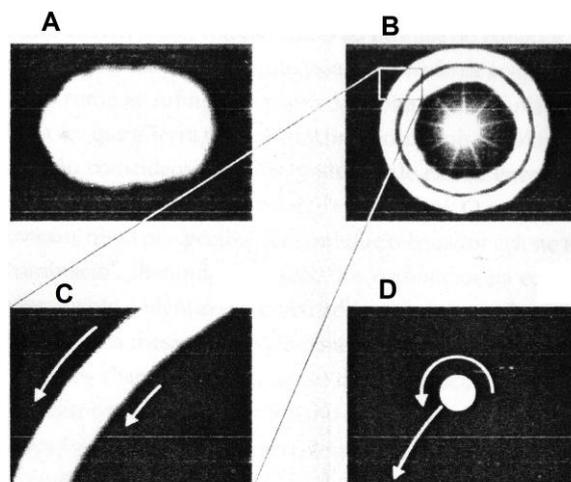


Figura 2.4.9: Esquema da formação do Sistema Solar.
Fonte: CHERMAN, 2011, P.36 (modificada).

- A.** A nuvem primordial que originou o sistema solar.
- B.** O Sol se forma ao centro e, ao seu redor, anéis de matéria ocupam certas regiões.
- C.** A parte externa do anel gira mais rapidamente que a parte interna.
- D.** Com a formação do planeta, as diferenças originais de velocidade dão origem à rotação (CHERMAN, 2011, p.36).

Assim, tanto a rotação quanto a revolução resultam da rotação da nuvem primordial. Mas depois de formados, os corpos celestes, principalmente os menores, trocam momentos ao colidirem, ou ao interagirem à certa distância

com outros corpos, mudando a velocidade de rotação, direção de spin, e as suas órbitas.

Penteado (2003) aborda a redistribuição do momento angular após a fragmentação de um asteroide reacumulado. Cabrera (2015) mostra como a partir das curvas de luz de um objeto conseguimos ainda indiretamente "enxergá-lo". São trabalhos interessantes que mostram um pouco em como a ciência trabalha para compreender a natureza.

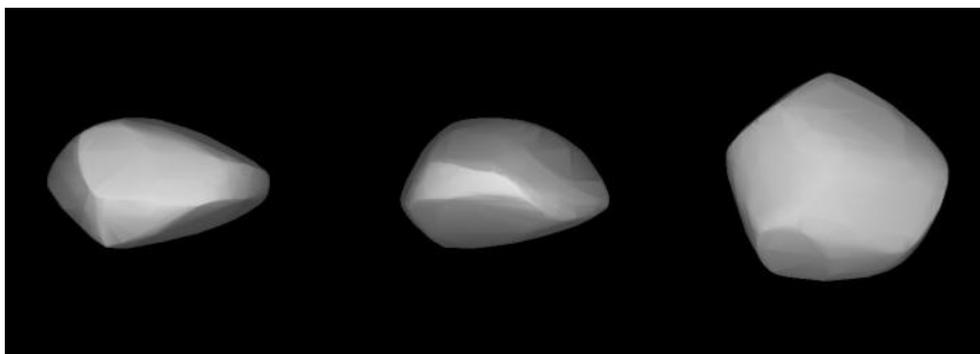


Figura 2.4.10: Modelo para a forma do asteroide 2008 SX245, obtido a partir das suas curvas de luz. Fonte: CABRERA, 2015, P.113.

Do modelo ptolomaico às Leis de Kepler

Quando normalmente são abordadas as Leis de Kepler nas salas de aula (quando realmente acontece), muitas vezes ficam de lado outros aspectos tão importantes do seu trabalho quanto aos resultados obtidos sobre os movimentos planetários no final do século XVI e as primeiras décadas do século XVII, como a defesa veemente do copernicanismo, o que o coloca, junto com Galileu, como um dos principais defensores da hipótese heliocêntrica (TOSSATO & MARICONDA, 2010), e a investigação a partir da análise de dados para dar explicação aos movimentos planetários, de modo parecido com os trabalhos citados anteriormente, ou seja, Kepler começava a fazer o que atualmente chamamos de "fazer ciência", embora que ainda influenciado por sua fé.

Tossato e Mariconda (*Op. Cit.*) afirmam que Kepler pouco escreveu diretamente sobre questões metodológicas para chegar às leis dos movimentos planetários e conquistas na óptica. Segundo os autores, o que ele fez foi descrever todas as etapas que percorreu para obter os seus resultados, mas sem refletir sobre o procedimento (o método) que o guiava. Ele, diferentemente de Descartes e Bacon, que mostravam a necessidade de explicitar as regras

que devem acompanhar a obtenção do conhecimento, apresentava um extenso relato de todas as etapas que o levaram às descobertas das duas primeiras leis dos movimentos planetários, e é nessa extensa descrição, afirmam ainda os autores, que se devemos encontrar o que serviu de guia para Kepler.

Essa discussão vem ao encontro do que expomos na subseção 2.1.5 sobre a superação das visões deformadas da ciência e da tecnologia, mostrando que existem diversos caminhos e estratégias possíveis para se fazer ciência.

Em sua obra, *Astronomia nova* (1609), Kepler tem a intenção de mostrar que não há equivalência entre as hipóteses geocêntrica e heliocêntrica, de modo que a centralidade do Sol é mais adequada às observações, pois estaria mais próximo de como o mundo é, e não como meramente é representado (TOSSATO & MARICONDA, 2010).

Lembramos que no modelo ptolomaico eram utilizados uma série de artifícios para descrever os movimentos planetários: deferente, epiciclo e o equante (COHEN, 1967).

A observação do céu nos faz acreditar que todos os corpos celestes giram em torno da Terra. O Sol surge pela manhã, corre sobre o céu e se põe à oeste, logo permitindo que as estrelas se mostrem, incontáveis, distantes e aparentemente fixas numa grande abóboda transparente, formando as constelações no céu noturno, e tudo isso parece girar sobre nós durante a noite. Outras "estrelas" vão mudando de posição em relação às fixas conforme os dias, semanas, meses, passam parecendo traçar um caminho entre aquelas, algumas chegam a dar "loops" entre elas, ao mesmo tempo que parecem se aproximar ou se afastar com o tempo. Mas no fim da noite os raios do Sol surgem à leste anunciando a sua volta gloriosa, e as estrelas vão sendo apagadas aos poucos. E muito do que é visto parece ser cíclico.

Este é o cenário daqueles que, desde os primórdios da humanidade, observam o céu e ficam fascinados e intrigados com o que veem. Como explicar tudo isso? Todas as grandes civilizações tiveram aqueles que se especializaram em tentar descrever estes movimentos, chegavam a fazer incríveis previsões astronômicas: egípcios, sumérios, babilônios, chineses, hindus, maias, gregos, astecas, incas. Os modelos gregos foram os mais

utilizados no mundo ocidental antigo, e basicamente foram dois: o sistema das esferas concêntricas, e o sistema de epiciclos e deferentes.

O sistema das esferas concêntricas

Atribuído a Eudócio (408-347 AEC), aperfeiçoado por Callipus (370-300 AEC), e recebeu os retoques de Aristóteles (384-322 AEC) (COHEN, 1967).

Nesse sistema, a Lua, o Sol, e os planetas eram considerados como fixos aos equadores das esferas separadas, que giravam em torno de seus eixos, ficando a Terra estacionada no centro. As extremidades dos eixos das esferas estavam fixas em outra esfera, que também girava com um período diferente, cujo eixo não tinha a mesma direção que o da esfera interior (COHEN, 1967). A figura abaixo ilustra a ideia mais básica desse sistema.

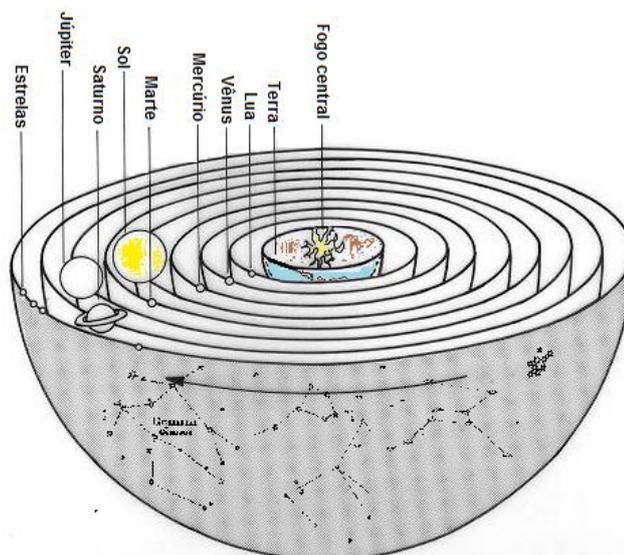


Figura 2.4.11: Forma básica do sistema das esferas concêntricas: Fonte: <http://aulasdefisica.com/download/astronomia/cursoastronomia/fundamentoshistastro.htm> (modificada).

Para alguns planetas eram necessárias até quatro esferas, cada uma envolvida na outra, para dar conta dos vários tipos de movimento. Segundo Cohen (*Op. Cit.*), essas esferas ganharam tal realidade que acreditava-se que fossem de cristal; o sistema passou a ser chamado de “esferas cristalinas”. Era grande a crença que as esferas astrais influenciavam as atividades humanas, e que esta influência não vinha do próprio astro, mas da esfera

ligado a ele. É atribuída a esta crença, empregada até em nossos dias, a expressão “ esfera de influência”.

Com declínio gradativo da cultura grega no primeiro milênio da era comum, e a ascensão do islamismo (árabes), os conhecimentos gregos caíram em mãos árabes. Eles traduziram a coleção de 13 livros de Ptolomeu que passou a ser conhecida pelo título de "Almagesto, cujo original se perdeu provavelmente no incêndio da Biblioteca de Alexandria. Os árabes também contribuíram para a determinação mais precisa dos parâmetros astronômicos através de instrumentos melhores.

O Sistema de Epiciclos e Deferentes

Elaborado por Ptolomeu (90-168 EC) a partir de conceitos que já tinham sido introduzidos por Apolônio (262-190 AEC) e Hiparco (190-120 AEC), utilizava os artifícios do epiciclo e o deferente para descrever os movimentos planetários. Nesse modelo, o planeta gira ao redor de uma circunferência com centro em **A**, o **epiciclo**, enquanto **A** gira em torno do centro **C** de outra circunferência maior, o **deferente**. Nem sempre a Terra estaria em **C**.

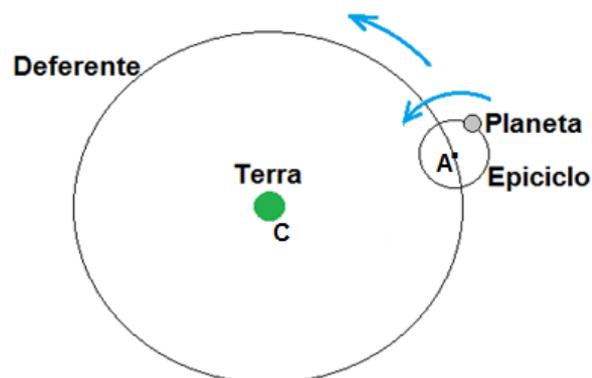


Figura 2.4.12: Epiciclo e deferente para descrever o movimento de um planeta: Fonte: Próprio autor.

Cohen (1967) explica que com estes artifícios (e talento) os astrônomos podiam descrever quase todos os movimentos observados nos planetas. Ajustando-se a combinação dos raios e períodos desses elementos, era possível descrever quase todos os movimentos observados, de elípticos aos aparentes "loops" que alguns planetas realizavam em relação às estrelas fixas, como por exemplo, o movimento retrógrado de Marte.

O equante foi outro artifício usado por Ptolomeu para explicar aparentes mudanças na velocidade de um planeta. Ele corresponde ao ponto no qual um observador ali colocado veria o planeta percorrer ângulos iguais, em intervalos de tempo iguais, ou seja, teria velocidade angular constante visto do equante.

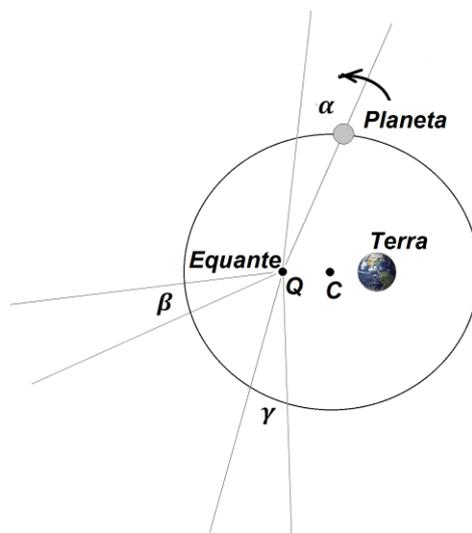


Figura 2.4.13: O equante no Sistema ptolomaico:
Fonte: COHEN, 1967, p.37 (modificado).

O resultado da combinação dos três elementos, epiciclo, deferente e equante, embora descrevesse a contento os movimentos celestes, era um sistema muito complexo. Cohen (*Op. Cit.*) escreve que Afonso X, chamado Afonso o Sábio, rei de Leão e Castela, benfeitor de um grupo de astrônomos, fez o seguinte comentário quando lhe ensinavam o sistema ptolomaico: "Se o Senhor Todo Poderoso me tivesse consultado antes de começar a criação, eu teria recomendado alguma coisa mais simples." (COHEN, 1967, p.38).

Foi esta a Astronomia que o jovem Kepler, luterano, de saúde frágil, conheceu no final século XVI, já numa Europa dividida entre luteranos, calvinistas e católicos, todos arraigados às ideias aristotélicas/ptolomaicas sobre o mundo. Mourão (2008) narra de modo cativante a trajetória de Kepler, e resume de forma clara os bastidores das descobertas das leis para o movimento planetário. Vale a pena ser lido.

O primeiro trabalho de Kepler foi o *Mistério Cosmográfico* (1596, 1ed.; 1625, 2ed.). Nele, Kepler já mostra a sua predileção pelo modelo copernicano, colocando o Sol no centro do sistema, já que considerava absurda o modelo geocêntrico do ponto de vista físico, do mundo real. Segundo Mourão (*Op.*

Cit.), o que o levou a esta obra foi a ideia que deveria haver razão para explicar as diferentes distâncias entre os planetas e o Sol. O seu "*insight*" foi associar os planetas a sólidos perfeitos: tetraedro (pirâmide), cubo, octaedro, dodecaedro, e o icosaedro. O lado mítico da ideia era que ele acreditava que Deus era o maior dos geômetras.

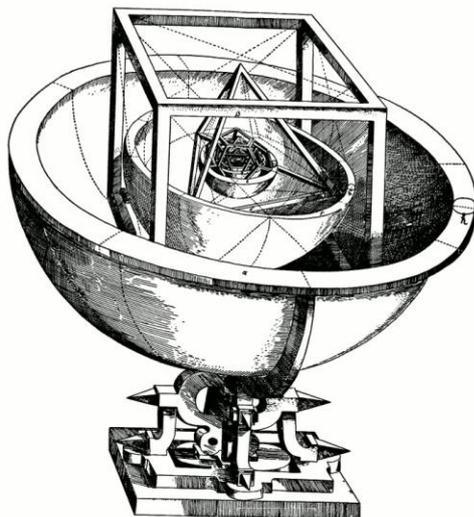


Figura 2.4.14: "Taça" de Kepler representando seu modelo de mundo. Fonte: *Mysterium Cosmographicum* (1596).

É interessante ainda ressaltar que parte significativa da renda dos astrônomos daquela época vinha da elaboração dos horóscopos, logo também eram "astrólogos", evidenciando ainda mais o lado mítico dos estudiosos daquele período. Só mais tarde foram separadas a Astronomia e astrologia.

Mourão (*Op. Cit.*) narra que Kepler e Galileu, seu contemporâneo, trocavam correspondências. Kepler enviou para ele uma cópia de sua primeira obra, *Mistério Cosmográfico*.

Em 1609, Kepler publica a obra *Astronomia Nova*. O trabalho foi pautado na análise dos dados obtidos por Tycho Brahe, nobre dinamarquês e notável astrônomo, e herdados por Kepler, quase todos sobre a observação de Marte. Como Tossato e Mariconda (2010) ressaltaram, Mourão (*Op. Cit.*) também o faz, ao lembrar que ele descrevia a sua pesquisa como quem escreve um diário de bordo, registrando a sua exploração pelos céus. Nesse trabalho, Kepler apresentou três importantes inovações.

A primeira foi insistir em colocar o Sol no centro geométrico e físico do sistema, e supor que existia uma força que regia o movimento dos planetas e que tinha origem no Sol; ou seja, ele não queria apenas descrever os

movimentos, como até então outros fizeram, mas explicá-los, dando-lhes uma causa, embora a natureza magnética atribuída a esta força não correspondesse ao que hoje conhecemos. Esta analogia baseou-se no trabalho do físico inglês Willian Gilbert, *De Magnete* (Sobre o íma), publicado em 1600.

A segunda foi considerar que todas as órbitas dos planetas estavam aproximadamente no mesmo plano onde o Sol se encontra. Mourão (*Op. Cit.*) ressalta que isso nos soa atualmente como óbvio, mas no modelo ptolomaico os planos das órbitas oscilavam.

A terceira inovação foi libertar-se da ideia de "movimento uniforme em círculos perfeitos", fundamental na Astronomia desde Platão (428/427?-348/347? AEC).

No terceiro livro da obra, tentando desvencilhar-se das ideias antigas e preconcebidas sobre a forma das órbitas, Kepler imaginou um método, utilizando os mesmos dados sobre Marte, no qual supunha que um observador estivesse em Marte vendo o movimento da Terra, chegou a conclusão que a Terra, como os demais planetas, não se deslocavam uniformemente, mas ora aumentavam a velocidade, ora diminuía.

Kepler percebeu logo uma relação inversa da velocidade com a distância dos planetas em relação ao Sol, no centro. Chegando a conclusão que áreas iguais varridas pelo raio orbital de um planeta, aconteciam em intervalos de tempo iguais ("Segunda" Lei de Kepler, a lei das áreas). Mas que figura poderia moldar estes resultados? Conclui que a solução deveria ser uma figura oval. As elipses, que até então eram figuras auxiliares, foi assumida por Kepler como a forma das órbitas, onde o Sol ocuparia um dos focos ("Primeira" Lei de Kepler, lei das órbitas elípticas) (MOURÃO, 2008). Lembramos que Kepler também dominava a geometria, e conhecia as propriedades das elipses.

Com esta narrativa, nos damos conta que a primeira Lei de Kepler deveria corresponder à lei das áreas, mas não é assim que aprendemos. A figura abaixo representa, fora de escala, a forma elíptica da órbita de um planeta, e áreas iguais varridas por seu raio orbital em tempos iguais.

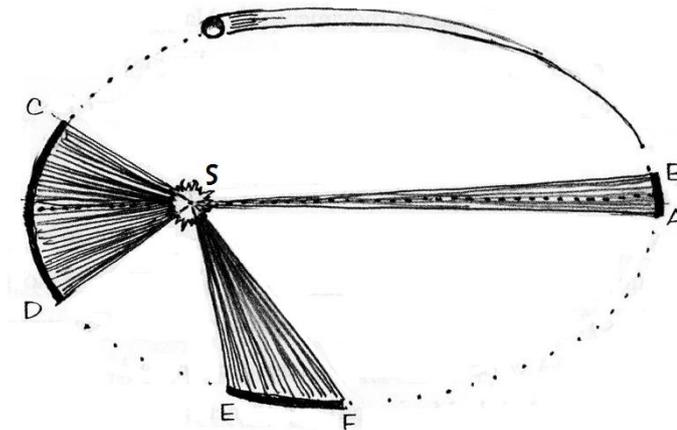


Figura 2.4.15: Representação da órbita elíptica e a lei das áreas para um planeta. Fonte: MOURÃO, 2008, p. 124.

Com esta narrativa, nos damos conta que a primeira Lei de Kepler deveria corresponder à lei das áreas, mas não é assim que aprendemos.

Em 1619, Kepler publica o *Harmonice Mundi* (Harmonia do Mundo). Observando a harmonia e as proporções geométricas por toda parte, destacadas principalmente quanto aos harmônicos musicais, debruçou-se a ajustar o mundo com órbitas elípticas à simetria harmônica, no seu íntimo, quiçá divinas.

Nessa busca, comparou as velocidades angulares de pares diferentes de planetas, e obteve um surpreendente resultado. Como numa escala musical, associou ao Sol uma clave aguda; para Saturno, uma clave grave. Assim, os planetas formariam um sexteto onde Saturno e Júpiter representariam o baixo (muito grave), Marte o tenor, Vênus e a Terra o contralto, Mercúrio o soprano (muito agudo), numa melodia em que também rodopiam. Um canto ao Criador, "[...] imperceptíveis pelo ouvido, mas perceptíveis pela inteligência" (MOURÃO, 2008, p.174).

Sem dar muita explicação de como chegou a relação que conhecemos como a Terceira Lei de Kepler, divulga em *Harmonia do Mundo* que foi encontrada a verdadeira proporção dos tempos periódicos dos planetas.

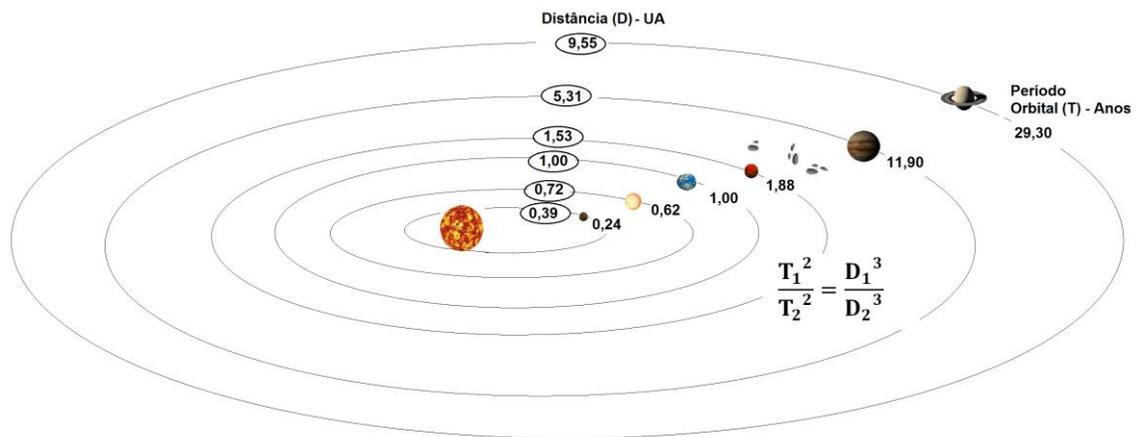


Figura 2.4.16: Terceira Lei de Kepler (modificada).
 Fonte: MOURÃO, 2008, p. 175).

Hoje sabemos que todos os corpos que descrevem órbitas em torno de um corpo central seguem as Leis de Kepler, como o Sol, seus planetas e pequenos corpos (planetas anões, asteroides, cometas), e os planetas e seus satélites.

No próximo capítulo, passamos a descrever as atividades propostas para este trabalho elaboradas na forma de blogs, através dos quais apresentamos os objetos classificados como pequenos corpos do Sistema Solar, o conceito de referencial, e as Leis de Kepler.

2.4.2 Alguns parâmetros orbitais

Em 1609, o astrônomo e matemático alemão Johannes Kepler divulgou em *Astronomia Nova* as conclusões do seu minucioso trabalho sobre o movimento planetário, entre elas, a lei da forma elíptica da trajetória planetária. De modo resumido, esta lei diz que os planetas descrevem uma órbita elíptica em torno do Sol, onde este ocupa um dos focos. Sabe-se atualmente, que esta lei também é válida em relação às órbitas dos asteroides e cometas, como para os satélites em torno de seu respectivo planeta.

Para compreendermos algumas características das órbitas, vamos começar lembrando os elementos de uma elipse, a partir da seguinte figura:

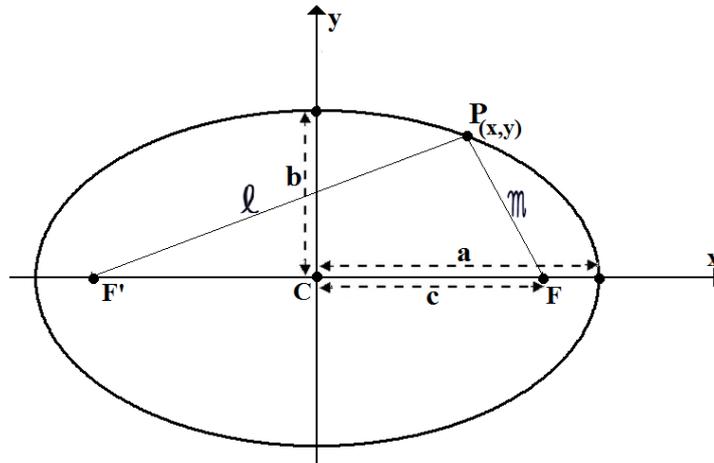


Figura 2.4.17: Elementos de uma elipse. Fonte: Próprio autor.

A elipse é um tipo de seção cônica que apresenta os seguintes elementos, mostrados na figura anterior:

- F e F' → são os focos;
- C → o centro;
- a → semieixo maior;
- b → semieixo menor;
- c → distância do centro C ao foco F ;

onde a sua excentricidade (e) é definida como:

$$e = \frac{c}{a} \rightarrow \text{excentricidade}, \quad (3)$$

e , possui as seguintes propriedades:

$$l + m = 2a \quad (4)$$

$$a^2 = b^2 + c^2 \quad (5)$$

A circunferência é um caso especial em que os dois focos se sobrepõem, sendo $c = 0$, e conseqüentemente, $e = 0$.

Como numa elipse $c < a$ (veja a figura 2.4.17 acima), a excentricidade varia entre 0 e 1 ($0 \leq e < 1$). Quanto maior a excentricidade, mais "achatada" é a elipse.

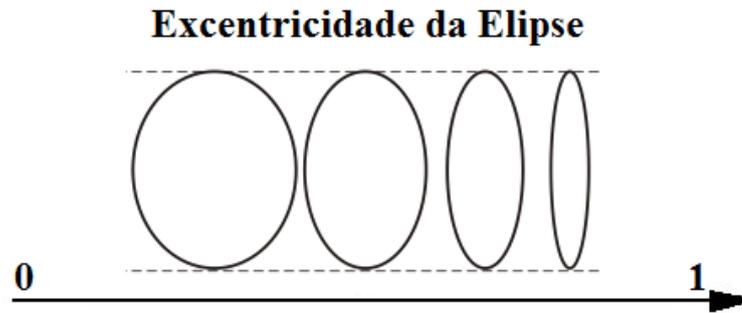


Figura 2.4.18: Achatamento da elipse com a excentricidade.
Fonte: Próprio autor.

Um outro parâmetro importante de uma órbita é a sua **inclinação (i)**, que corresponde ao ângulo (em graus) entre o plano orbital de um corpo celeste e o plano de referência.

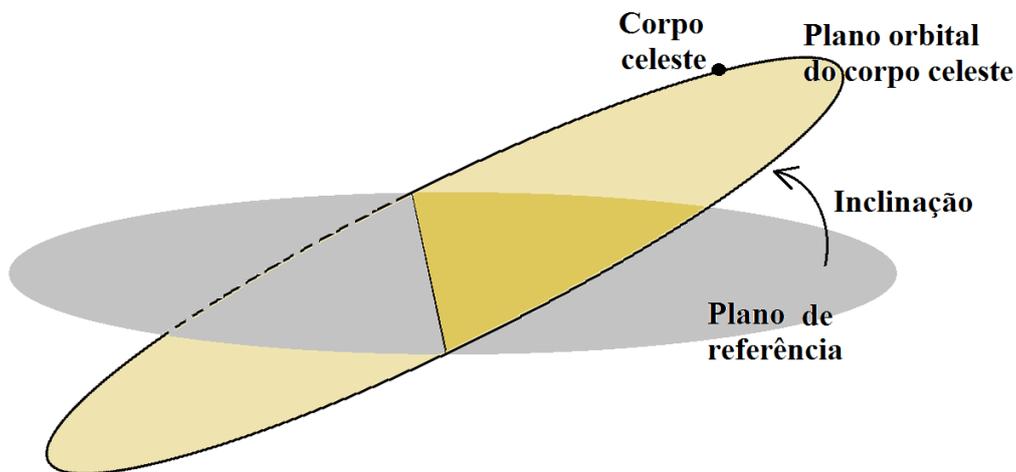


Figura 2.4.19: Inclinação do plano orbital de um corpo celeste em relação ao plano de referência. Fonte: Próprio autor.

Para o Sistema Solar o plano de referência é a eclíptica³⁴, e para os sistemas planetários, o plano equatorial do respectivo planeta.

A trajetória elíptica de um corpo celeste tem dois pontos importantes para a definição de outros parâmetros orbitais, o periastro, que é o ponto da órbita mais próximo do corpo central (periélio ao se tratar da órbita de um planeta), e o apoastro (afélio, oposto ao periélio), que é o ponto da órbita mais afastado do corpo central.

³⁴ Plano da Eclíptica - É o plano que contém a órbita da Terra ao redor do Sol.

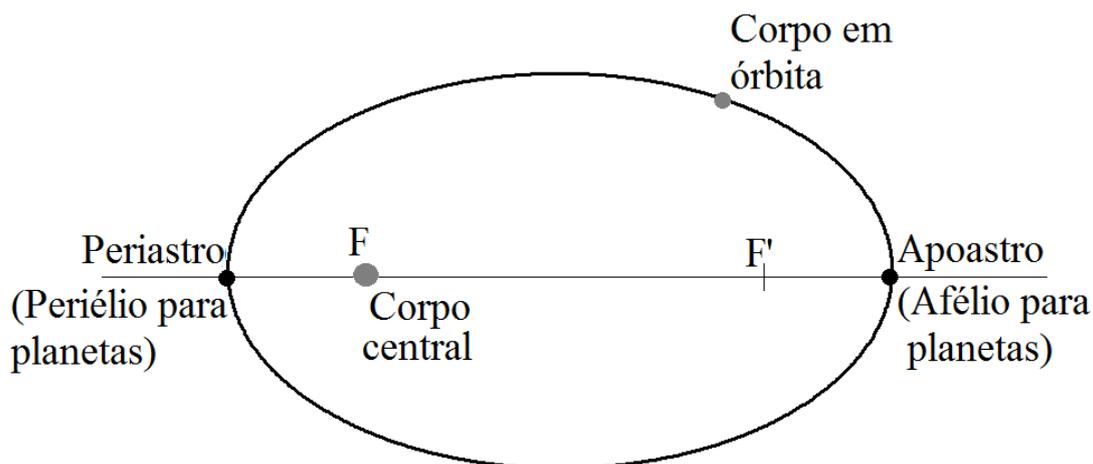


Figura 2.4.20: Periastro e apoastro de uma órbita. Periélio e afélio para as órbitas dos planetas (figura fora de escala).
Fonte: Próprio autor.

Para observações da Lua, asteroides e cometas devemos conhecer outros pontos importantes na definição de alguns parâmetros orbitais, o nodo ascendente e o ponto vernal.

O nodo ascendente (Ω) representa o ponto da interseção da órbita e o plano de referência (Eclíptica), quando o corpo o atravessa no sentido do hemisfério sul para o norte. Ele define o parâmetro conhecido como "argumento do periélio" (ω); ou seja, o ângulo medido sobre o plano orbital, que vai do nodo ascendente ao periélio (periastro) (ver figura 2.4.23, p. 120).

O ponto vernal nos dá uma direção de referência em relação às estrelas fixas. Ele é um ponto no Equador Celeste³⁵ ocupado pelo Sol no equinócio de primavera do hemisfério norte (equinócio vernal); isto é, quando o Sol cruza o Equador Celeste vindo do hemisfério sul para o norte (entre 20 e 22 de março de cada ano).

Para um observador na cidade do Rio de Janeiro, o Equador Celeste estaria ao norte, localizado por um ângulo igual à latitude local ($\Phi=22,9^\circ\text{S}$) a partir do zênite.

³⁵ O equador celeste é o círculo máximo determinado pela interseção da esfera celeste com o plano equatorial da Terra.

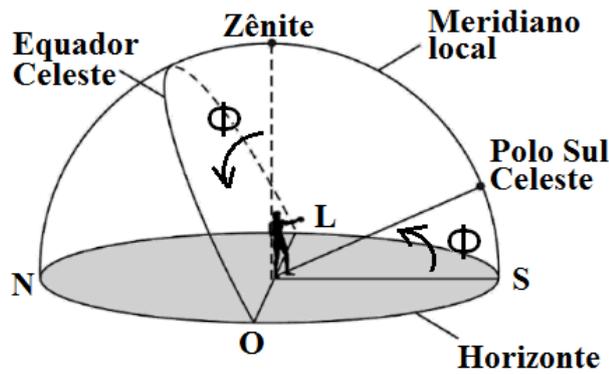


Figura 2.4.21: Esquema básico da esfera celeste para um observador no Rio de Janeiro. Fonte: CHERMAN e VIEIRA, 2011, P.29 (modificada).

No primeiro milênio antes da era comum, o ponto vernal encontrava-se na constelação de Áries, por isso é ainda conhecido como ponto de Áries (STUCKRAD, 2007); mas desde 64 AEC encontra-se na constelação de Peixes. Isto é explicado pelo movimento de precessão da Terra, com ciclo de cerca 26 mil anos, que faz com que este ponto se mova 50,290966" por ano sobre o equador celeste (KEPLER & SARAIVA, 2013), no sentido de Áries para Peixes. O ponto vernal é ainda conhecido como ponto gama (γ). A figura a seguir representa a identificação deste ponto.

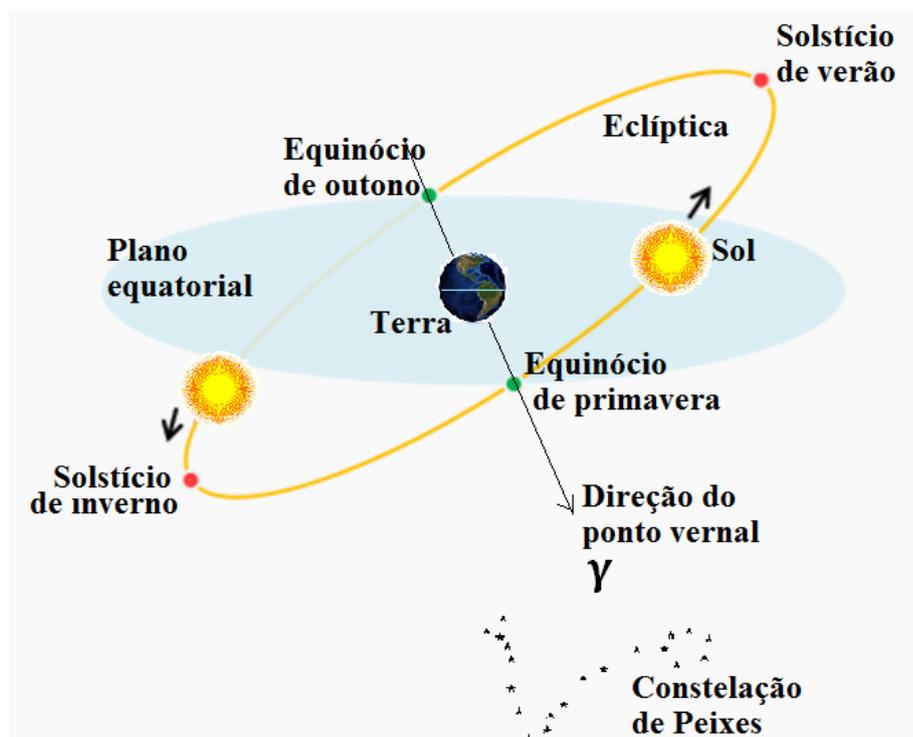


Figura 2.4.22: Representação da direção do ponto vernal, ou ponto gama (γ). (figura fora de escala). Fonte: Próprio autor.

O ângulo sobre a eclíptica (em graus) entre o nodo ascendente e o ponto vernal é chamado longitude do nodo ascendente (Ω), ou simplesmente, nodo ascendente, um outro parâmetro orbital.

Na figura a seguir representamos todos os pontos e parâmetros orbitais abordados até aqui, o nodo ascendente (Ω), o argumento do periélio (ω), a direção de referência dada pelo ponto vernal (γ), e a longitude do nodo ascendente (Ω).

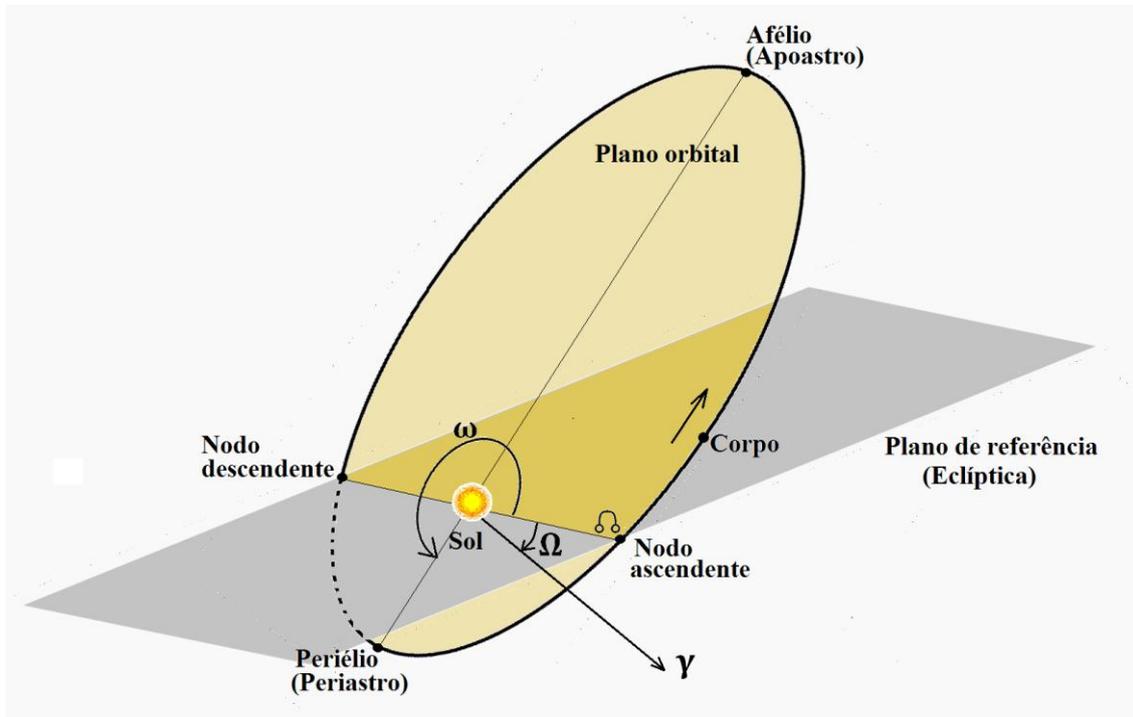


Figura 2.4.23: Representação do nodo ascendente (Ω), o argumento do periélio (ω), a direção de referência dada pelo ponto vernal (γ), e a longitude do nodo ascendente (Ω). (figura fora de escala). Fonte: Próprio autor.

O parâmetro conhecido como anomalia média (M) representa a conversão para um ângulo (em graus) do tempo (t) da passagem do corpo pelo periélio (periastro).

Se T é o período orbital, e t o tempo transcorrido desde a última passagem pelo periélio, então M é dada por:

$$M = 2\pi \frac{t}{T} \quad (6)$$

A figura seguinte mostra um exemplo de dados sobre a órbita do asteroide 1983TB (Phaethon), onde aparecem: a anomalia média (mean anomaly), o argumento do periélio (*argument of perihelion*), a longitude do nodo

ascendente (ascending node), a inclinação (*inclination*), a excentricidade (*eccentricity*), e o semi eixo maior (*semimajor axis*), obtidos no site do *Minor Planet Center*³⁶.

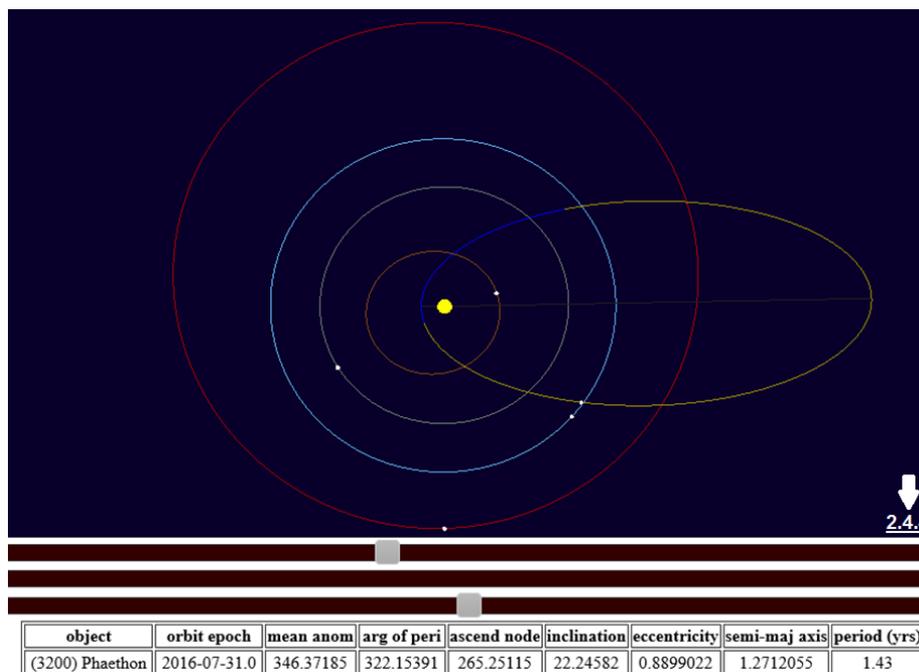


Figura 2.4.24: Esquema da órbita do asteroide 1983TB (Phaethon) e informações sobre a órbita. Fonte: Minor Planet Center.

<http://www.minorplanetcenter.net>.

Na observação de um corpo celeste, o tempo é registrado com a data e hora, embora estas fiquem como a parte decimal do dia. Por exemplo, uma observação por volta das 20h da manhã do dia 29 de novembro de 2016, tem época: 2016-11-29.83 (0.83 dia \cong 20h). O horário de *Greenwich* é tomado por referência mundial.

Os dias também podem ser contados de forma contínua, como faziam os antigos maias em um dos seus calendários, sem a separação em semanas, meses, anos. Cada dia se inicia ao meio-dia e vai até o meio-dia seguinte, e recebe o nome de Dia Juliano (*Epoch* JD), por ser baseado nos ciclos do Calendário Juliano. Uma vantagem importante é que a *Epoch* JD engloba também o período noturno em um mesmo dia do calendário (durante normalmente são realizadas as observações astronômicas). Outro aspecto importante é a praticidade em determinar o período entre dois eventos,

³⁶Minor Planet Center (MPC) - É o centro responsável pela recepção e distribuição das medições das posições de asteroides, cometas e satélites naturais exteriores irregulares dos planetas gigantes. O MPC é responsável pela identificação, designação e computação das órbitas de todos esses objetos.

bastando apenas subtrair as *Epochs* JD, muito útil para eventos raros e periódicos, como a passagem de cometas. A Epoch JD³⁷ é contada a partir do meio dia de 1º de janeiro do ano 4713 AEC pelo Calendário Juliano (Epoch JD 0.0), correspondente a 24 de novembro do ano de 4714 AEC no calendário Gregoriano, que estamos acostumados.

Cherman (2011) lembra que para se evitar a utilização de milhões de dias julianos, pode-se optar por sua forma modificada (*Epoch* MJD). Corresponde, na verdade, a uma redefinição do dia inicial da contagem, deslocado para 17 de novembro de 1858. Esta escolha é completamente arbitrária e justificada por corresponder ao dia juliano (JD) 2400000.5, que passa a ser o dia juliano modificado (MJD) 0.0. Desse modo, para converter um dia JD para MJD, basta subtrair 2400000.5. O MJD se inicia à meia-noite, como no Calendário Gregoriano. Exemplo:

Data: 2016-11-29 Hora: 10h

JD: 2457721.917

MJD: 57721.417

Descritos alguns parâmetros orbitais, voltemos aos pequenos corpos do Sistema Solar.

2.4.3 Os satélites Naturais

A maioria dos planetas tem um ou mais satélites naturais (que trataremos apenas por satélites) que descrevem órbitas ao seu redor. Os planetas gasosos chamados de "gigantes" têm verdadeiros sistemas de satélites a sua volta. Júpiter possui 67³⁸ satélites, Saturno, 62³⁹, e Urano, 27⁴⁰.

Galileu foi o primeiro a ver que existiam satélites girando em torno de outro planeta, Júpiter. Em 1609, ele viu os quatro satélites mais brilhantes

³⁷ É possível converter a data do calendário Gregoriano para Juliano na seguinte página do NEO - Dynamic Site: <http://newton.dm.unipi.it/neodys/index.php?pc=7.3.2000>. Outra página interessante é, <http://www.numaboa.com.br/almanaque/calendarios/266-conversor>.

³⁸ Fonte NASA. Disponível em: <http://solarsystem.nasa.gov/planets/jupiter/moons>. Acesso em 25 set 2016.

³⁹ Fonte NASA. Disponível em: <http://solarsystem.nasa.gov/planets/saturn/moons>. Acesso em 25 set 2016.

⁴⁰ Fonte NASA. Disponível em: <http://solarsystem.nasa.gov/planets/uranus/moons>. Acesso em 25 set 2016.

daquele planeta: Io, Europa, Calisto e Ganimedes. Na sua época, a Lua era considerada mais um planeta, já que "tudo girava em torno da Terra". Ele utilizou uma rudimentar luneta construída por ele mesmo, chamando-a de "perspicillum". A descoberta daqueles satélites foi uma prova que nem tudo girava em torno da Terra, e uma evidência que levou as mentes mais aguçadas a duvidarem do protagonismo da Terra no universo, como Giordano Bruno (1548*-1600[†] - queimado pela "Santa" Inquisição por não ter dúvida sobre isso), Galileu (1564*-1642[†]) e Kepler (1571*-1630[†]).

Todos os planetas gigantes possuem também sistemas de anéis, compostos por milhões de partículas com tamanhos que variam de alguns microns a metros. De forma geral os satélites reproduzem, em escala menor, as propriedades orbitais dos planetas em torno do Sol (LAZZARO *et al*, 2009).

Gaspar (2013) apresenta a seguinte definição:

Satélites naturais, ou luas, são corpos celestes de terceira ordem em um sistema planetário, isto é, hierarquicamente as estrelas são os elementos primários; planetas, asteroides e cometas orbitam as estrelas e são, portanto, elementos secundários. Os satélites naturais, por orbitarem planetas e asteroides, são elementos terciários dentro da referida hierarquia (GASPAR, 2013, p.3).

Os satélites existentes no Sistema Solar podem ser classificados em função de suas propriedades físicas ou dinâmicas. A característica física usada para classificá-los é o seu tamanho: grandes, intermediários e pequenos (LAZZARO *et al*, 2009).

- **Grandes** - Raio superior a 1500km.

A Lua (raio de 1737km), como o satélite Ganimedes de Júpiter (o maior satélite do Sistema Solar, com raio de 2631km), e o satélite Titã de Saturno (o segundo maior, com raio de 2576km), entre outros, são exemplos de grandes satélites. Abaixo temos o satélite Ganimedes, considerado um grande satélite.



Figura 2.4.25: Fotografia do satélite Ganimedes de Júpiter. Um dos quatro Satélites Galileanos daquele sistema. Chamados de "Estrelas" Medicinas por Galileu. Fonte: <https://solarsystem.nasa.gov/Galileu/gallery/ganymede.cfm>

- **Intermediários** - O raio varia entre 400 e 1500 km. A figura abaixo é do satélite Titania, de Urano. Classificado como intermediário.



Figura 2.4.26: Fotografia do satélite Titania de Urano, com raio de aproximadamente 788km. Fonte: <https://solarsystem.nasa.gov/galleries/titania>

- **Pequenos** - O raio inferior a 400km. Abaixo, a lua Deimos de Marte é um exemplo de satélite pequeno;



Figura 2.4.27: Fotografia do satélite Deimos de Marte, com raio médio de aproximadamente 7km.

Fonte: <https://solarsystem.nasa.gov/galleries/titania>

Podemos ainda classificar os satélites levando-se em conta as características de suas órbitas: o **semieixo maior** e a **excentricidade** e a **inclinação**, tratados na subseção anterior.

Ao serem analisados os parâmetros para todos os satélites, observa-se que existem vários objetos cujas órbitas têm o semieixo maior moderado, além de excentricidades e inclinações pequenas. Os satélites com estas características são denominados **regulares**, por reproduzirem também as características dinâmicas básicas do sistema planetário.

Outro grupo de satélites tem o semieixo maior de sua órbita muito grande, ou muito pequeno, além de apresentarem excentricidades e/ou inclinações grandes. Estes objetos são denominados satélites **irregulares** (LAZZARO *et al*, 2009a).

Lazzaro *et al* explicam:

A separação observada entre satélites regulares e irregulares nos permite obter algumas informações importantes sobre o processo físico que levou à sua formação. Os satélites regulares teriam sido formados ao mesmo tempo que o planeta, da mesma maneira como o próprio sistema planetário foi formado. Já os satélites irregulares não foram formados juntos com os planetas. Ao contrário, eles teriam sido capturados pelo campo gravitacional do planeta numa fase posterior à formação desse último (LAZZARO *et al*, 2009a, p.2).

Gaspar coloca ainda:

- Satélites **regulares** eram assim classificados por terem configuração orbital, com respeito ao planeta, análoga à distribuição orbital dos planetas relativa à estrela. Caracterizavam-se, portanto, por terem órbitas quase circulares, quase equatoriais e orientadas no mesmo sentido da órbita planetária. Além disso, analogamente à distribuição dos planetas ao redor do Sol, o espaçamento observado entre os satélites regulares também obedecia aproximadamente uma progressão geométrica (Eq. 1).
- Satélites **irregulares**, portanto, caracterizavam-se por apresentarem irregularidades orbitais. Eram objetos bastantes distantes do planeta, com altas excentricidades e altas inclinações relativas ao equador do mesmo. Tritão, a maior lua de Netuno, intrigava por ter uma órbita extremamente baixa, circular, entretanto, altamente inclinada. Grande atenção também era dispensada à Nereida, por apresentar um órbita extremamente excêntrica (GASPAR, 2013, p.4).

A equação (1) no trabalho de Gaspar (Op. Cit.) refere-se à lei empírica de Titius-Bode, que apontava aproximadamente o valor do raio orbital para os planetas, segundo uma progressão dada por:

$$R_n = 0,4 + 0,3 (2^n) \quad (7)$$

onde,

$n = -\infty$, para Mercúrio;

$n = 0$, para Vênus;

$n = 1$, para a Terra;

$n = 2$, para Marte;

$n = 3$, para o cinturão de asteroides;

$n = 4$, para Júpiter;

$n = 5$, para Saturno. O último planeta conhecido na época que Titius desenvolveu a lei, e Bode a divulgou no século XVIII.

Dos planetas rochosos, Mercúrio, Vênus, Terra e Marte, apenas os dois últimos possuem satélites, A Terra com a nossa Lua, cujo nome também é usado como sinônimo para satélite; e Marte, que possui dois pequenos satélites, Fobos e Deimos.

Os planetas gigantes gasosos, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno, apresentam verdadeiros sistemas de satélites a sua volta.

Júpiter tem 4 satélites regulares, Io, Europa, Ganimedes e Calisto, descobertos por Galileu em 1610, por isso chamados de satélites Galileanos. Desde 1892 até 2011, dezenas de pequenos satélites foram descobertos,

todos com formas e órbitas bem irregulares, situados tanto a pequenas como a grandes distâncias de Júpiter. Hoje são conhecidos 67 satélites que estão em órbita em torno do planeta Júpiter. Esses satélites também são agrupados de acordo com uma possível origem comum, e por seguirem órbitas similares a do satélite que dá nome ao grupo. Amalteia, Himalaia, Ananke, Carme (retrógrados⁴¹) e Pasife (retrógrados), Temisto (único), Carpo (único). Alguns esperam ser agrupados, ou ter o grupo confirmado.

Saturno tem apenas um satélite grande com um raio de cerca de 2500km, Titã, que descreve uma órbita regular em torno desse planeta. Este satélite é o único do Sistema Solar com atmosfera densa, até mais densa que a da Terra. Outros três satélites de Saturno, Jápeto, Réia e Dione, têm tamanho intermediário e órbitas regulares. Jápeto destaca-se por ter uma órbita altamente inclinada. Além destes existem mais de 58 satélites pequenos, todos com formas e órbitas irregulares.

Urano tem 5 satélites regulares de tamanho intermediário e órbita regular: Miranda, Ariel, Umbriel, Titânia e Oberon. Foram descobertos mais recentemente outros pequenos satélites a grandes distâncias do planeta Urano.

Netuno tem um satélite de tamanho intermediário, Tritão, com cerca de 1400km de raio, e órbita irregular, além de mais outros 13 satélites classificados como pequenos, entre os quais, Proteu e Nereida são os maiores.

Planetas anões, e mesmo alguns asteroides, podem ter satélites. Sabe-se atualmente que Plutão tem 5 satélites, entre os quais, Caronte é o maior deles e o primeiro a ser conhecido. A literatura e outras fontes na internet apontam que são conhecidos mais de 200 asteroides que possuem satélites.

Abaixo a figura mostra o asteroide Ida e seu satélite Dactyl.

⁴¹Órbita retrógrada significa que o satélite tem o sentido da revolução contrário a da rotação do planeta e dos principais satélites, que seguem este sentido (órbita prógrada).



Figura 2.4.28: Asteroide 243 Ida e seu satélite Dactyl.
Fonte: <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA00069>.

Todos os planetas gasosos apresentam também sistema de **anéis**. Os anéis de Saturno são os mais conhecidos e brilhantes. Galileu foi quem primeiro os observou, em 1610, apesar de não ter entendido nas primeiras observações exatamente o que significavam. Esses anéis são compostos de inúmeras partículas pequenas, cada uma delas percorrendo uma órbita independente, e parecem ser formadas principalmente por gelo de água. (LAZZRO, 2009c). Os pesquisadores descobriram que a lua Encélados, de Saturno, tem criovulcões (como gêiseres), que lançam água no espaço, e podem contribuir para a formação de anéis mais próximos.

Abaixo a figura mostra o conhecido planeta Saturno e seus anéis.

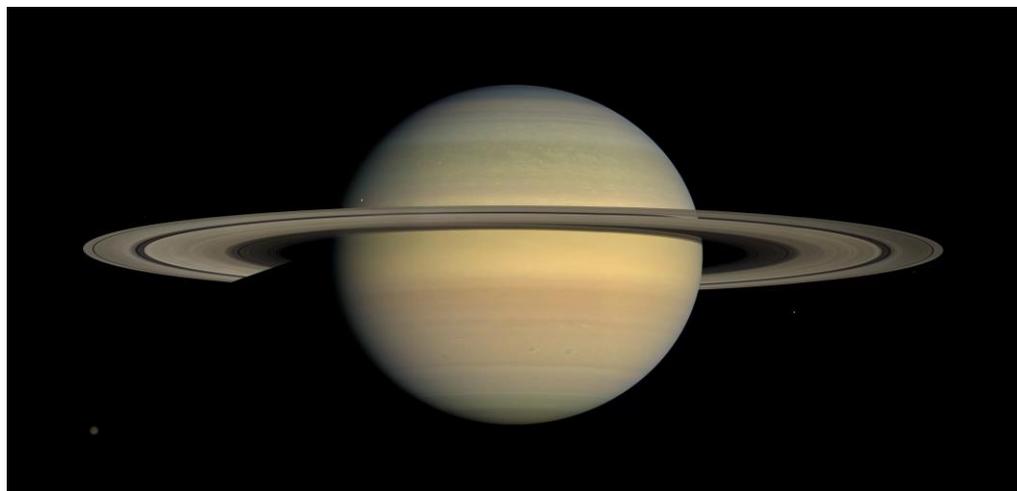


Figura 2.4.29: Anéis de Saturno. Fonte: Revista Galileu *online*.
http://s2.glbimg.com/yMJtMbNCFPPcEQ9ZpYek1y1J_sc=/e.glbimg.com/og/ed/f/original/2015/05/22/saturn_during_equinox.jpg

Os anéis de Júpiter são escuros e tênues e só foram observados em 1979. Eles parecem não conter qualquer gelo, e provavelmente são formados de grãos muito pequenos de material rochoso.

Os anéis de Urano só foram descobertos em 1977. Eles são escuros e estreitos. Lazzaro *et al* (2009d) dizem que poderiam ser comparadas a grandes amontoados de carvão, onde cada componente teria, em média, aproximadamente 1 metro de largura.

Os anéis de Netuno parecem ser formados de poeira e se assemelham aos de Júpiter.

Alguns satélites desses sistemas definem as regiões dos anéis, parecendo "pastorear" as partículas e fragmentos que os formam através de interações gravitacionais, daí conhecidos como "satélites pastores".

Entre 26 e 28 de março de 2014, grandes veículos de comunicação na internet e televisão (Época, UOL, Estadão, Folha, Exame, G1) divulgaram a descoberta realizada por uma equipe brasileira do Observatório Nacional⁴², liderada por Felipe Braga Ribas, de dois anéis em torno do asteroide Chariklo. Acreditava-se que os anéis eram privilégios apenas dos planetas gigantes.

Os sistemas, Terra-Lua e Plutão-Caronte, podem ser considerados quase como sistemas binários. Lazzaro *et al* (2009a) explicam que no caso da Lua, acredita-se que ela seja o resultado da colisão de um grande corpo com a Terra, já nos estágios finais de sua formação.

Uma característica importante da ação dos satélites sobre os planetas, e vice versa, são os efeitos das chamadas **forças de maré**. A atração gravitacional exercida pelo satélite em diferentes pontos do planeta não é exatamente igual, e vice versa. Os planetas não são perfeitamente rígidos, conseqüentemente, as forças de atração exercida pelo satélite em pontos diferentes do planeta, chamadas de **forças diferenciais**, causam distorções nas formas dos planetas. Na Terra, as forças de maré produzidas pela Lua e pelo Sol produzem as conhecidas marés. As marés na Terra refletem na realidade a combinação das ações do Sol e da Lua.

A figura seguinte representa a ação dessas forças produzindo as marés na Terra.

⁴²Observatório Nacional lista as reportagens sobre o tema: <http://www.on.br/conteudo/noticias/reportagem.html>.

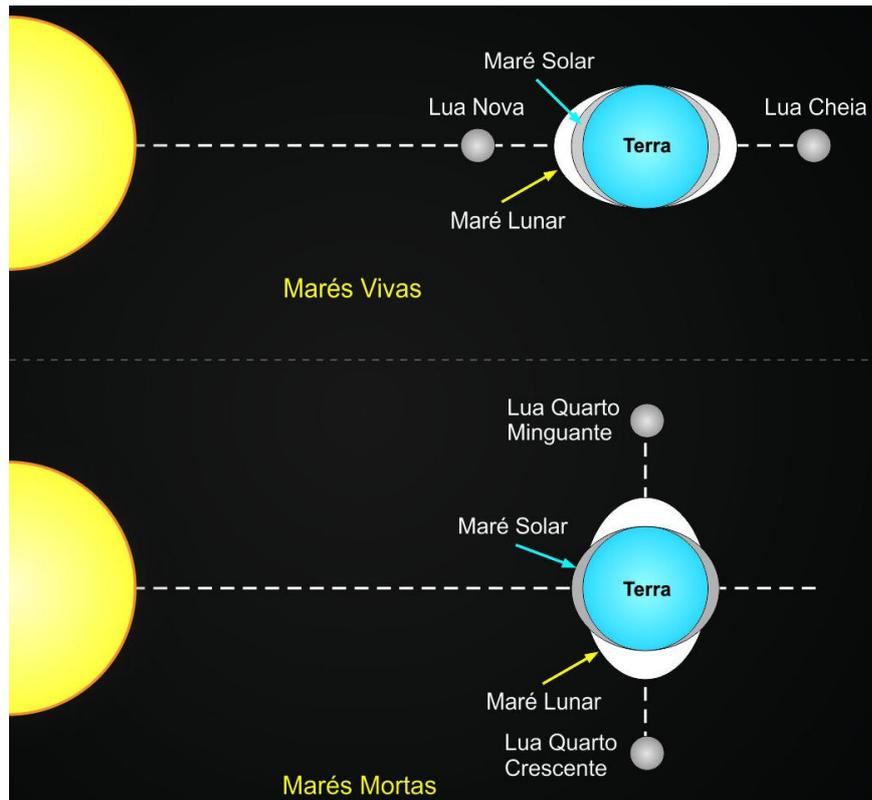


Figura 2.4.30: Representação das Marés Vivas e Mortas (figura fora de escala). Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/aulafordif.htm>.

Mas como um astro tão massivo como o Sol produz marés menores que a da Lua? Isto é explicado pelo fato de que a força de maré é proporcional à massa do corpo perturbador (ou seja, o corpo que a cria) e ao inverso do **cu**bo da distância entre os dois corpos, e como o Sol está cerca de 400 vezes mais distante que a Lua, a força de maré da Lua é maior que daquele

Na figura seguinte, considere os corpos celestes de massa **M** e outro de massa **m**, de forma que este seja representado pelas massas **m₁** e **m₂** ligadas ao centro de massa das duas, e separadas por uma distância **R**. A distância entre **M** e **m₂** é **r**.

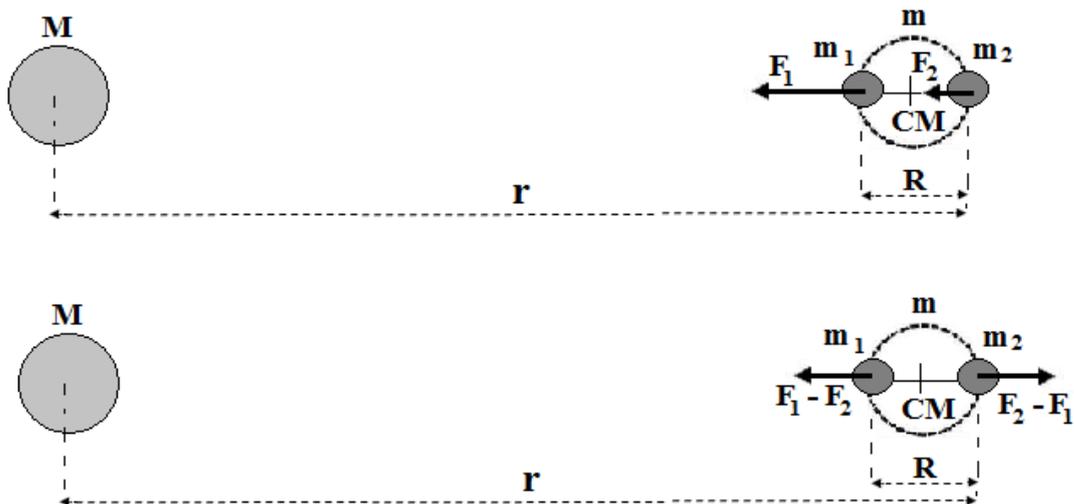


Figura 2.4.31: Representação da diferença entre as forças que **M** faz sobre **m₁** e **m₂**. Fonte: próprio autor.

A força diferencial $\vec{\Delta F} = \vec{F}_1 - \vec{F}_2$ tende a separar **m₁** e **m₂** do seu centro de massa. Se **m₁** e **m₂**, ligada por força gravitacional interna, são parte do mesmo corpo, $\vec{\Delta F}$ tende a alongá-lo, mesmo rompê-lo. Como exemplo, o cometa Shoemaker-Levy 9 foi quebrado por Júpiter por estas forças, e seus pedaços colidiram com o planeta em 1994.

Segundo a Lei da gravitação de Newton, o módulo de \vec{F}_1 é dado por:

$$F_1 = G \frac{Mm_1}{(r - R)^2}$$

e, \vec{F}_2 :

$$F_2 = G \frac{Mm_2}{r^2}$$

Então,

$$\Delta F = F_1 - F_2$$

$$\Delta F = GM \left[\frac{m_1}{(r - R)^2} - \frac{m_2}{r^2} \right]$$

Considerando que,

$$m_1 = m_2 = \frac{m}{2}$$

$$\begin{aligned} \Delta F &= GMm \left[\frac{r^2 - (r - R)^2}{2r^2(r - R)^2} \right] \\ &= GMm \left[\frac{rR - \frac{R^2}{2}}{r^4 - 2r^3 + r^2R^2} \right] \\ &= GMmR \left[\frac{r - \frac{R}{2}}{r^4 \left(1 - \frac{2R}{r} + \frac{R^2}{r^2}\right)} \right] \end{aligned}$$

Mas para $r \gg R$,

$$r - \frac{R}{2} \simeq r$$

$$1 - \frac{2R}{r} + \frac{R^2}{r^2} \simeq 1$$

Então, a força diferencial fica:

$$\Delta F = \frac{GMmR}{r^3} \quad (8)$$

Kepler e Saraiva (2013) lembram que ao derivar a Lei da Gravitação Universal obtemos uma expressão que basicamente representa o resultado anterior:

$$F = -\frac{GMm}{r^2}$$

$$\frac{dF}{dr} = 2\frac{GMm}{r^3}$$

Em que temos,

$$dF = 2\frac{GMm}{r^3} dr$$

O que mostra que um infinitésimo da força diferencial dF está na direção de dr , que representa a separação entre os pontos para os quais se calcula a força diferencial.

Se a parte sólida da Terra fosse perfeitamente rígida, e a parte líquida perfeitamente fluida, os bojos de marés aconteceriam no mesmo momento em que Lua estivesse no zênite localmente. Mas como a Terra não é perfeitamente sólida, nem os mares e oceanos perfeitamente fluidos, os bojos se formam com certo atraso e são arrastados sobre o leito marinho, produzindo fricção. Esta por sua vez, produz uma desaceleração angular que diminui a rotação da Terra ao longo das eras, transformando parte da energia do sistema em calor, e outra parte transferida para o sistema orbital da Lua. Como consequência, nossos dias vão se tornando cada vez mais longos, aumentando cerca de 2 milésimos de segundo a cada século. No entanto, à medida que a rotação da Terra diminui, o momento angular do sistema Terra-Lua deve permanecer constante (princípio da conservação do momento angular), implicando também que a Lua se afaste aos poucos da Terra (recessão da Lua), cerca de 4cm por ano.

Lopes (1996) produziu um lindo artigo no qual estima alguns daqueles valores a partir de dados paleontológicos, obtidos pela observação do crescimento de anéis de corais do período Devoniano (aproximadamente entre 416 milhões e 359 milhões de anos atrás). Este é um exemplo de como as diversas áreas das Ciências se integram e podem conduzir a resultados tão interessantes.

Os efeitos de maré levou o sistema Terra-Lua a se ajustar numa configuração de mínima dissipação de energia, ou seja, em uma configuração que chamamos de **rotação síncrona**, em que a Lua gira em torno de seu eixo exatamente no mesmo intervalo de tempo em que completa uma volta em torno da Terra. As marés na Lua coincidem com a direção do seu raio orbital e não produzem fricção. Isto explica que sempre observamos a mesma face da Lua. É importante salientar ainda que a maioria dos satélites planetários se encontra em situações de rotação síncrona em relação ao planeta do sistema.

As forças de maré podem também explicar a intensa atividade geológica em alguns satélites dos planetas gigantes, que devido à grande distância em relação ao Sol e o tempo de formação deveriam estar congeladas e geologicamente mortas, como a própria Lua. Mas o satélite Io de Júpiter, por

exemplo, apresenta intensa atividade, e é cravejado de crateras vulcânicas. As forças diferenciais entre Júpiter e Io, e entre este e seus irmãos vizinhos, Europa e Ganimedes, fazem com que o satélite sofra oscilações de marés, um tipo de "efeito sanfona", que aquece o seu interior e provoca erupções na superfície. A lua Europa, pelo mesmo motivo, parece ter um oceano líquido sob a sua superfície congelada. Satélites de outros sistemas também apresentam atividades, como Titã e Encélado de Saturno. Este último parece também ter água líquida abaixo da superfície congelada.

A figura abaixo mostra a superfície do Satélite Io de Júpiter, cravejado de crateras vulcânicas.

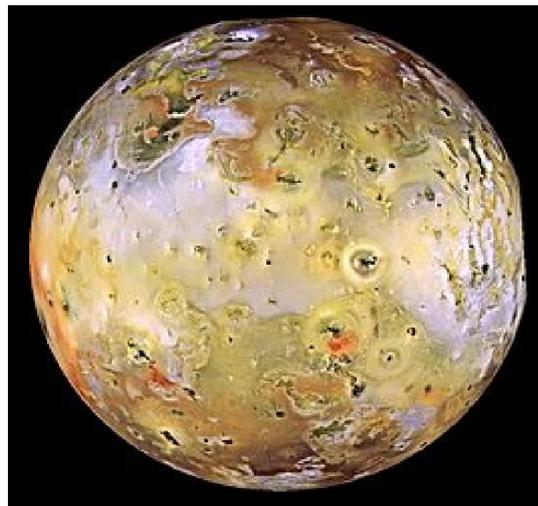


Figura 2.4.32: Crateras na superfície satélite Io de Júpiter. Provavelmente aquecido por fricção pelas forças de maré. Fonte: http://photojournal.jpl.nasa.gov/jpegMod/PIA02588_modest.jpg.

As forças diferenciais sobre a Terra exercidas pelo Sol e a Lua, também produzem outros efeitos sobre o seu movimento. A Terra não é perfeitamente rígida, a sua rotação lhe deu uma forma ligeiramente oblata, ou seja, o diâmetro equatorial é cerca de 40km maior que o diâmetro polar (KEPLER & SARAIVA, 2013). Somado a isso, o plano orbital da Lua está inclinado $5^{\circ}8'$ em relação à Eclíptica, enquanto o plano equatorial da Terra está inclinado $23^{\circ}26'$ em relação à eclíptica. Veja a figura seguinte.

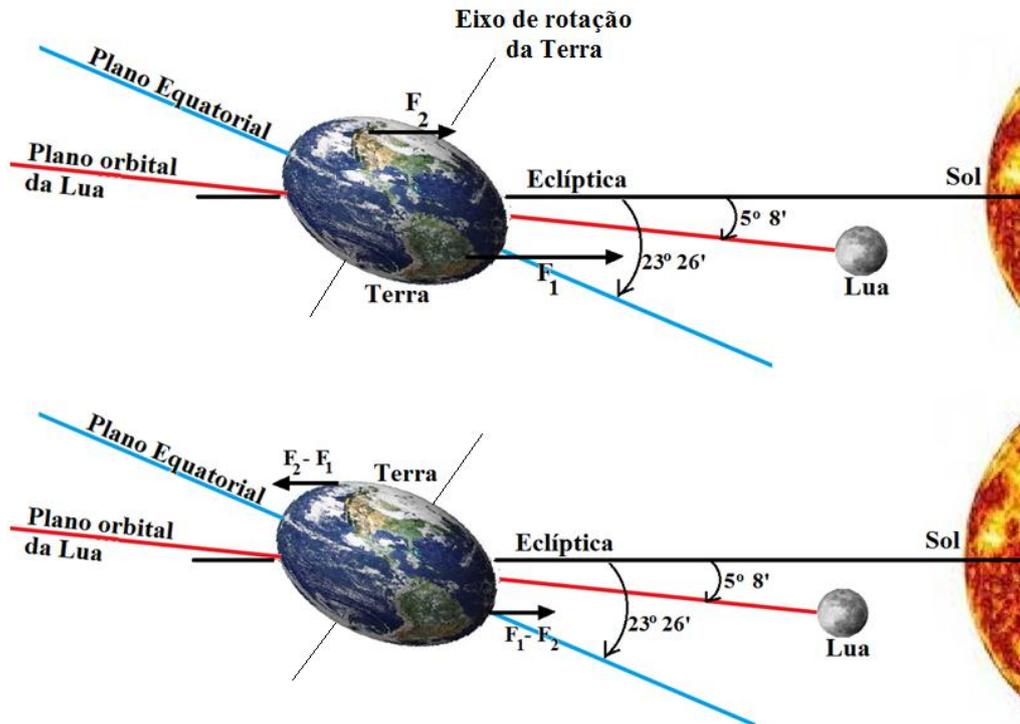


Figura 2.4.33: Representação das forças diferenciais sobre os bojos equatoriais da Terra (figura fora de escala).
Fonte: próprio autor.

As forças diferenciais geram um torque sobre a Terra que tende a "alinhar" seu eixo de rotação com a direção normal à eclíptica, e que passa por seu centro de massa; mas como a Terra tem rotação, seu eixo não se alinha, passando a descrever um movimento de **precessão** em torno da normal. O ciclo desse movimento é de 26 mil anos (CHERMAN, 2011).

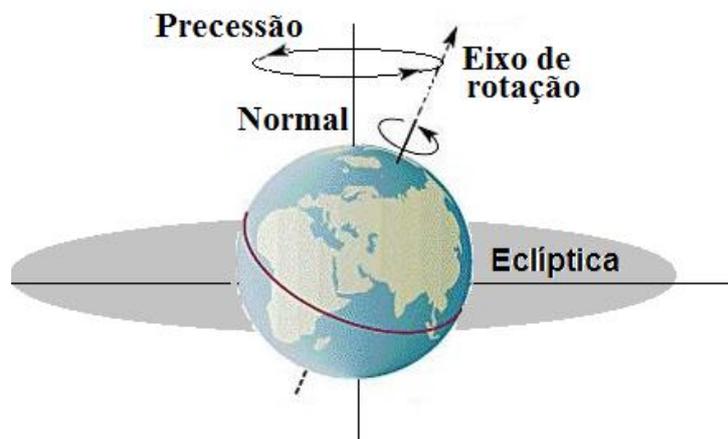


Figura 2.4.34: Precessão do eixo de rotação da Terra devido às forças diferenciais. Fonte: próprio autor.

As forças diferenciais residuais devido à ação da Lua, cujo plano orbital está inclinado $5^{\circ} 8'$ em relação à eclíptica, faz com que a inclinação do eixo de rotação da Terra varie em cerca de $5'$ de arco enquanto precessa. Este movimento é chamado de **Nutação**. Seu período é de 18,6 anos.

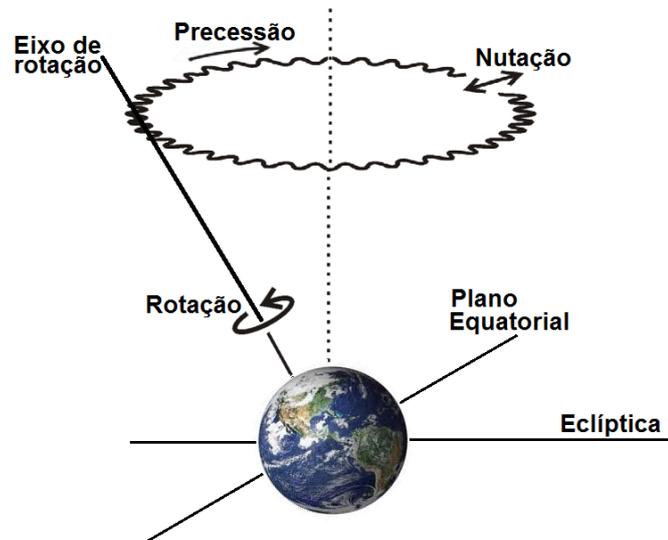


Figura 2.4.35: Representação da Nutação do eixo de rotação da Terra. Fonte: próprio autor.

A combinação da precessão e a nutação faz com que o ponto vernal (ponto de Áries, atualmente na constelação de Peixes), que nos dá a direção de referência para medir a longitude do nodo ascendente (Ω) de um corpo no Sistema Solar, mude de posição contra as estrelas fixas no decorrer dos anos, séculos e milênios; e por isso a **época** é um dado fundamental nas observações astronômicas ([veja a figura 2.4.9](#)).

2.4.4 Os asteroides

Os asteroides são pequenos corpos rochosos e/ou metálicos que orbitam o Sol. Os principais grupos são:

Asteroides do Cinturão Principal

Formados pelos asteroides localizados na região que fica entre Marte e Júpiter. Compreende a maior parte do asteroides conhecidos, entre eles, o maior daqueles objetos, Ceres, com cerca de 500km de raio, descoberto em 1801. (KEPLER & SARAIVA, 2013).

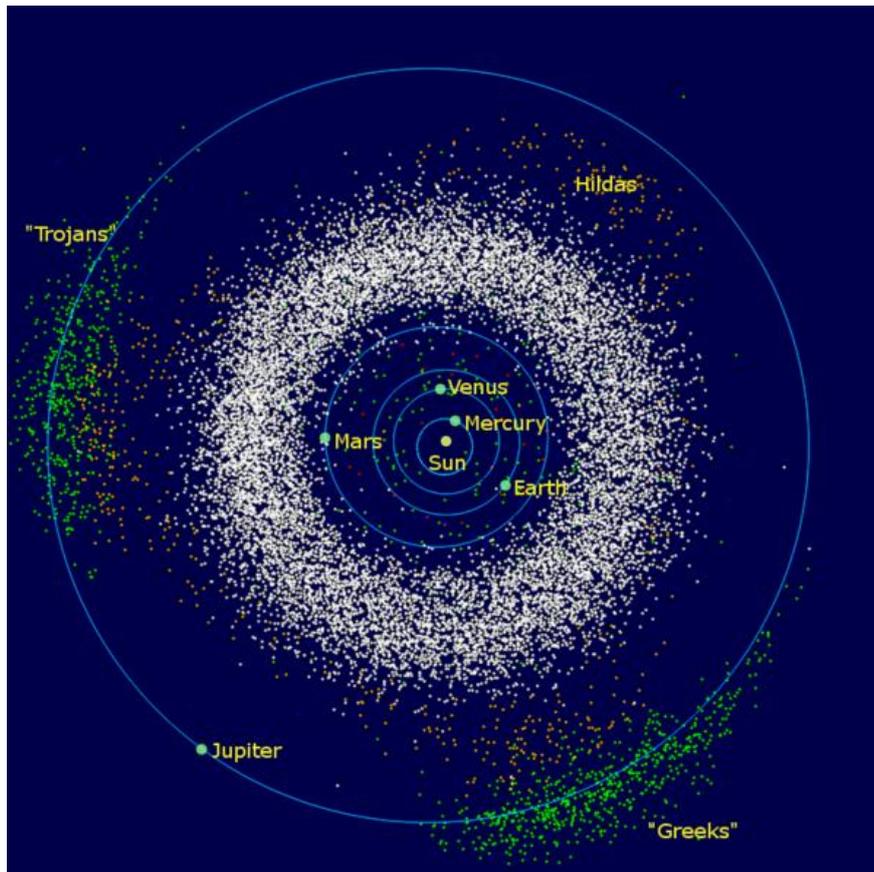


Figura 2.4.36: Localização dos asteroides do cinturão principal e troianos.

Fonte: WIKIPÉDIA. https://pt.wikipedia.org/wiki/Cintura_de_asteroides.

Asteroides Centauros

Eles estão situados além da órbita de Júpiter. Estas órbitas cruzam com a órbita de algum planeta gigante, razão pela qual têm uma grande instabilidade dinâmica. Devido a isso, não podem ter estado em suas órbitas atuais desde a formação do Sistema Solar, provavelmente vieram da região interior ou exterior do Sistema Solar. Exemplo: 977 Hidalgo, 2060 Chiron.

Asteroides Troianos

Descrevem a mesma órbita que o planeta Júpiter. Distribuem-se nas regiões no entorno dos pontos estáveis, conhecidos como pontos de Lagrange⁴³.

⁴³ Lagrange foi um grande estudioso de problemas com 3 corpos. Ele percebeu a existência de cinco pontos de equilíbrio denotados por L_i , $i=1,2,3,4,5$. Três pontos (L_1 , L_2 e L_3) são instáveis, e os outros dois, L_4 , L_5 , estáveis; ou seja, corpos menores podem permanecer indefinidamente naqueles pontos, como os asteroides.

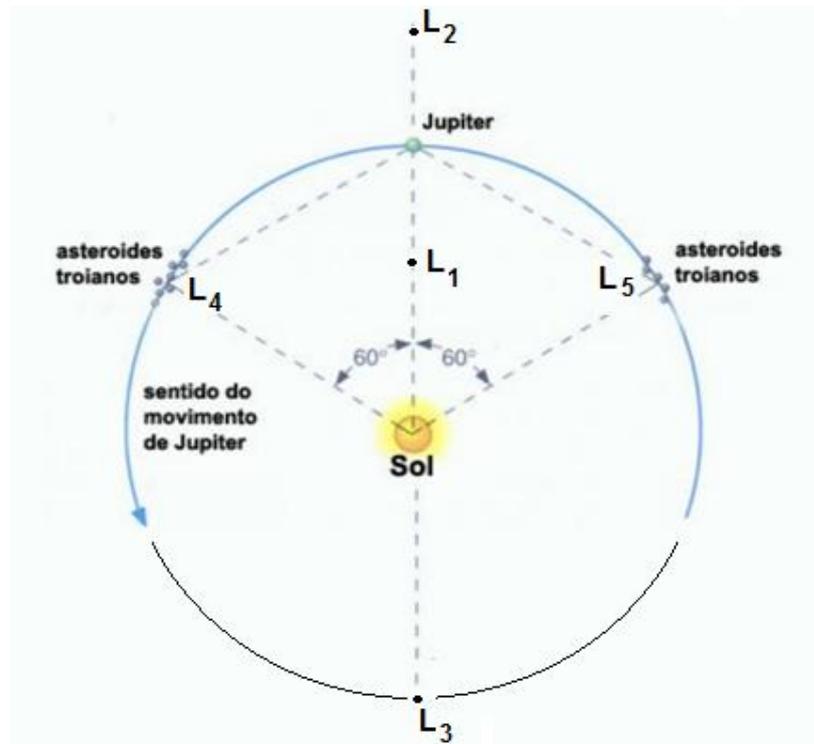


Figura 2.4.37: Asteroides troianos nos pontos de Lagrange estáveis.
 Fonte: LAZZARRO, 2009a. (modificado).

Asteroides NEO (Near-Earth objects)

Os NEO são asteroides, cometas e meteoroides cujas órbitas cruzam com as órbitas dos planetas rochosos. No caso particular dos asteroides, são chamados também de NEA (*Near-Earth Asteroids*).

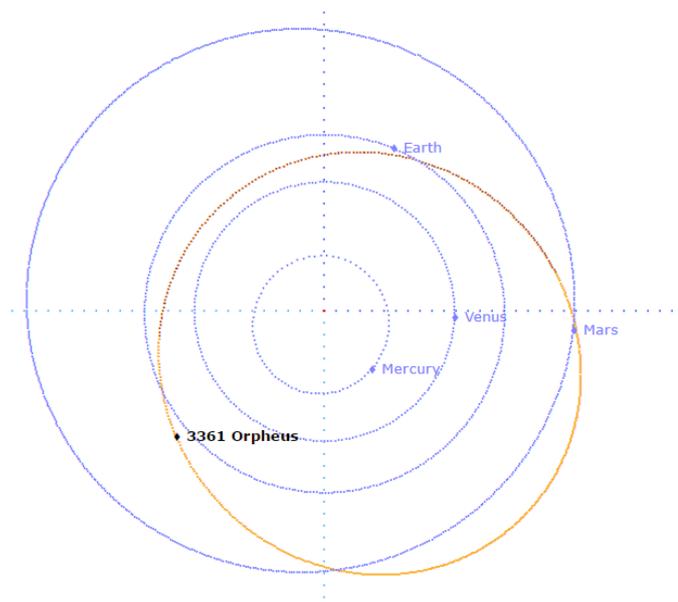


Figura 2.4.38: Esquema da órbita do Asteroide 3361 Orpheus (NEO) cruzando as órbitas dos planetas interiores. Posição relativa ao dia 29 nov. 16. Fonte: Agência Espacial Europeia (ESA) para os NEO .
<http://newton.dm.unipi.it/neodys/index.php?pc=1.1.0&n=3361>

Os NEO, por sua vez, podem ser divididos em diferentes subclasses, dependendo da suas propriedades orbitais: *Amor*, *Apollo*, *Aten* e *Atira*.

- **Asteroide Amor** - São aqueles cujo semieixo maior da sua órbita está a menos de 1,0 UA. e suas distâncias de afélio são maiores do que 0,983 UA.
- **Asteroide (ou objetos) Apollo** - São os asteroide cujo semieixo maior da sua órbita é maior do que 1,0 UA e suas distâncias de periélio menores do que 1,017 UA.
- **Asteroide Aten** - São os asteroide cujas distâncias de periélio estão entre 1,017 UA e 1,3 UA (LAZZARO *et al*, 2009e).
- **Asteroide Atira** - São asteroides cujas órbitas estão totalmente dentro da órbita da Terra (CABRERA, 2015).

A figura seguinte exemplifica esta classificação.

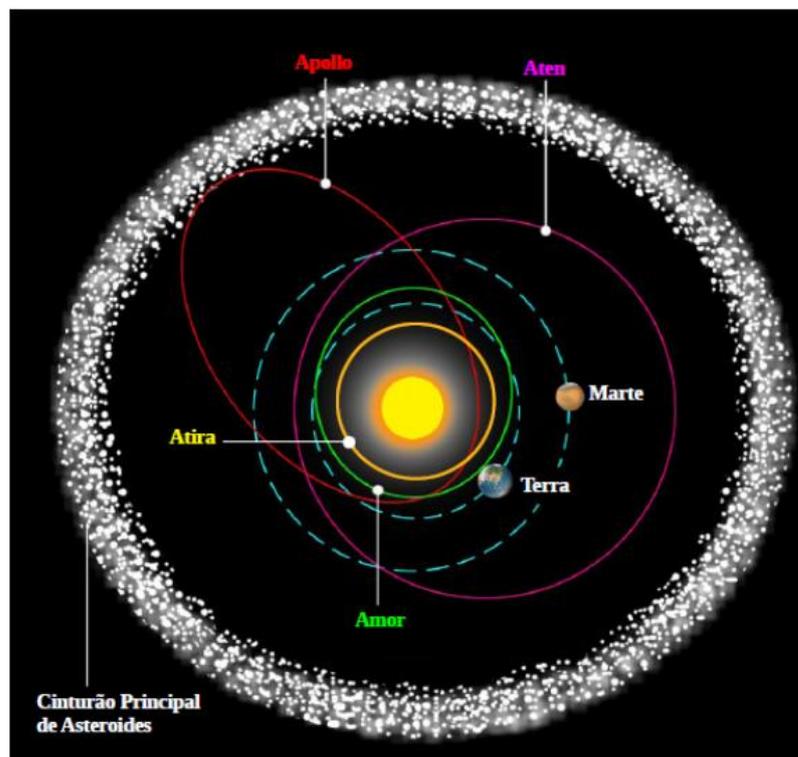


Figura 2.4.39: Exemplo das subclasses dos NEO.

Fonte: CABRERA, 2015, p.2.

A União Astronômica Internacional (IAU) e a Agência Espacial Europeia (ESA) disponibilizam sítios⁴⁴ na internet que fornecem as mais diversas informações sobre os NEO. Utilizamos alguns desses dados na elaboração de algumas atividades propostas neste trabalho.

No site da IAU, *Minor Planet Center*, encontramos as informações que até 3 set 2016, já tinham sido descobertos 14988 NEO, e 717768 asteroides (minor planets) e, 3949 cometas.

Existem objetos rochosos ou metálicos ainda menores que os asteroides, com tamanho entre cerca de um micron e um pouco mais que uma dezena de metros, chamados de **meteoroides**. A quantidade deles no espaço interplanetário é inimaginável, e centenas deles adentram na atmosfera terrestre a cada dia, e são desintegrados por completo, produzindo rasgos luminosos devido ao atrito com o ar, os chamados **meteoros**. Dependendo do seu tamanho e composição, os meteoroides podem alcançar a superfície da Terra, e seus restos passam a ser chamados de **meteoritos**. Outros são excepcionalmente brilhantes e geralmente explodem ao se aproximarem da superfície terrestre, devido às crescentes pressão e temperatura na entrada. Este fenômeno é chamado de **bólido**, ou **bólide** (LAZZARO *et al*, 2009a).



Figura 2.4.40: Bólido sobre a Cidade de Chelyabinsk, Rússia, fevereiro de 2013. Fonte: <http://www.universetoday.com/109376/happy-1st-anniversary-chelyabinsk-the-fireball-that-woke-up-the-world/>.

⁴⁴ Um conjunto de páginas na web que são acessíveis a partir de um mesmo domínio ou subdomínio da World Wide Web (WWW).

2.4.5 Os cometas

Os cometas são pequenos corpos que também orbitam o Sol, escuros e formados por uma mistura de gelo (predominantemente água) e um tipo de poeira refratária (grãos de CHON, contendo carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio) (LAZZARO *et al*, 2009a; KEPLER & SARAIVA, 2013). Podemos ainda defini-los como planetesimais voláteis, e fazer uma analogia, tratando-os como "icebergs de gelo sujo". Suas órbitas tem grande excentricidade, ou seja, são muito achatadas.

Distantes do Sol, estes corpos são difíceis de serem vistos, mesmo com um telescópio, e só passam a ser observados conforme vão se aproximando daquele. Durante a aproximação, parte do gelo vai sublimando, e as partículas refratárias vão se desprendendo, formando uma nuvem de gases e poeira em torno do corpo, a chamada **coma**. Essa nuvem vai sendo varrida pela pressão da radiação solar, alguns gases são ionizados pela radiação ultravioleta (principalmente, CO^+ , N_2^+ e CO_2^+) e passam a brilhar por fluorescência, aumentando o brilho da coma, ao mesmo tempo que também é varrido pela pressão de radiação e forma uma cauda estreita e azulada (cauda do tipo I), na direção radial, se afastando do Sol. Os minúsculos grãos refratários de poeira também são varridos, mas sendo mais pesados, seguem órbitas keplerianas e, quanto mais se afastam, mais a velocidade diminui, e vão ficando para trás, assumindo uma forma larga e curva, e de cor amarelada por refletir a luz do Sol (cauda do tipo II).

Alguns grãos maiores (entre 0,1 e 1mm), que se desprendem do núcleo cometário, não são levados pela pressão de radiação e formam um rastro sobre a órbita do cometa, muitas vezes produzindo uma anticauda, ou seja, uma cauda no sentido do Sol, mas por efeito de perspectiva. Quando a Terra cruza pela região desse rastro, é possível observar durante alguns dias um fenômeno conhecido como "**chuva de meteoros**". A sensação é que os meteoros surgem de um mesmo ponto do céu, também por efeito de perspectiva, o chamado **radiante**. As chuvas de meteoros ocorrem em períodos bem definidos, acontecendo um máximo em certo(s) dia(s). O nome está relacionado à constelação, ou estrela, próxima à direção do radiante. As mais famosas são:

- Eta Aquáridas - Máximo em 5-6 de maio. Originada pelo rastro do cometa Halley, e radiante próximo à estrela Eta da constelação de Aquarius.
- Perseidas - Máximo em 12 de agosto. Originada pelo rastro do cometa 109P/Swift-Tuttle, e radiante na direção da constelação de Perseus.
- Oriônidas - Máximo em 21-22 de outubro. Originada também pelo rastro do cometa Halley, e radiante na constelação de Órion.
- Leônidas - Máximo em 17-18 de novembro. Originada pelo rastro do cometa 55P/Tempel–Tuttle, e radiante na constelação de Leão.
- Germínidas - Máximo em 13-14 de dezembro. Originada provavelmente pelo asteroide 3200 Phaeton, e radiante na constelação de Gêmeos (LAZZARO *et al*, 2009b). Este rastro na órbita do asteroide Phaeton é uma evidência que pode ser um cometa extinto ou adormecido.

A figura abaixo representa uma chuva de meteoros.



Figura 2.4.41: Chuva de meteoros. Fonte: Photopills.com.

Nem todos os cometas apresentam todas as caudas. As aproximações de cometas visíveis a olho nu são raras, mas quando surgem, podem fazer parte da paisagem celeste durante meses.

A figura abaixo mostra o cometa Hale-Bopp em sua aproximação em 1997. As características das caudas tipo I e II descritas ficam evidentes na imagem.



Figura 2.4.42: Caudas tipo I e II do cometa Hale-Bopp, 1997.
Fonte: J. C. CASADO apud LAZZARO *et al*, 2009b.

Evidências mostram que os cometas são corpos primitivos que, presumivelmente, são sobras da nuvem molecular⁴⁵ primordial (muito densa) que colapsou em função da auto gravidade entre suas partículas, dando origem ao Sol, planetas e planetesimais. Isto implica que os cometas provavelmente se formaram na região próxima aos planetas exteriores. Muitos destes pequenos corpos permaneceram nesta região como objetos transnetunianos, formando também o **Cinturão de Kuiper**; mas a maioria deles foram lançados, para os limites mais afastados do Sistema Solar, devido a perturbações gravitacionais exercidas pelos planetas gigantes, distribuindo-se por uma imensa região esférica chamada de **Nuvem de Oort**, em homenagem ao astrônomo holandês J. Oort, que previu, em 1950, a existência dessa nuvem a partir da análise da distribuição dos cometas conhecidos na época (LAZZARO *et al*, 2009a).

⁴⁵ Nuvem que se caracteriza por ser imensa, e apresentar um grande número de moléculas nas suas regiões mais internas e mais densas, inclusive compostos orgânicos, monóxido de carbono (CO), amônia (NH₃), formaldeído (H₂CO), ácido fórmico (HCOOH), álcool metílico (CH₃OH), e nas regiões mais frias, ser formada principalmente por hidrogênio molecular (H₂).

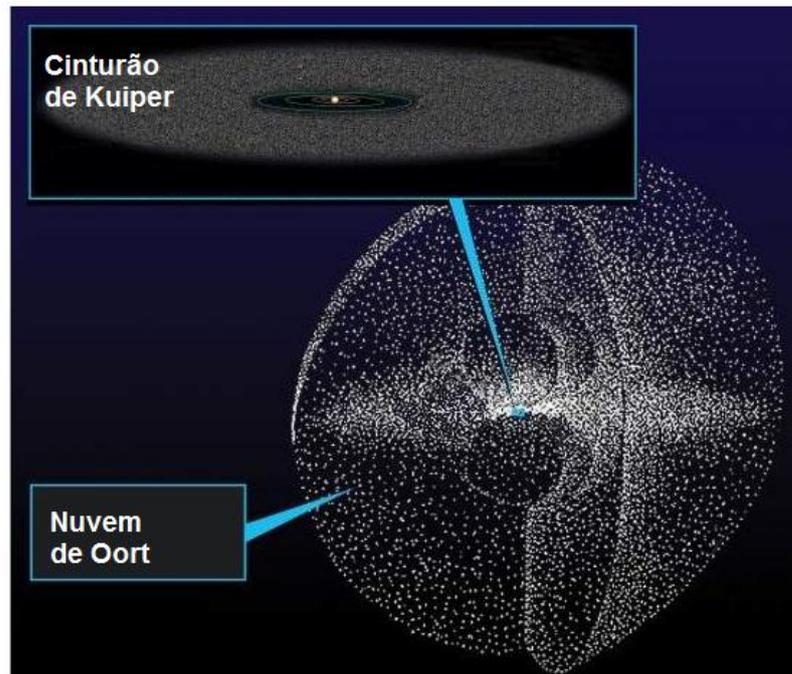


Figura 2.4.43: Representação da Nuvem de Oort. Fonte: WIKIPÉDIA (modificada)
https://en.wikipedia.org/wiki/Comet_Hale%E2%80%93Bopp

A Nuvem de Oort começa cerca de 300 UA do Sol, e se estenderia até, aproximadamente, 100000 UA; em torno de 1/3 da distância até a estrela mais próxima, Próxima Centauri. Segundo Lazzaro *et al* (Op. Cit.), a região equatorial da nuvem seria mais povoada por pequenos corpos. Kepler e Saraiva (2013) afirmam que haveria aproximadamente 100 bilhões de núcleos cometários na Nuvem de Oort. Ainda segundo eles, a interação gravitacional desses núcleos com sistemas próximos perturbariam, eventualmente, as órbitas de alguns núcleos, arremetendo-os para o interior do Sistema Solar, passando a ter novas órbitas, com um amplo intervalo de semieixos maiores, excentricidades e inclinações.

Lazzaro *et al* explicam que existem dois tipos de cometas:

- **cometas de curto período** (SPC - Short-Period Comets) são aqueles cujo período orbital é menor do que 200 anos. As órbitas destes cometas podem estar inclinadas em até 30° em relação ao plano das órbitas dos planetas do Sistema Solar. Como o seu período orbital é bastante curto, estes cometas já foram vistos várias vezes durante a história da humanidade. Acredita-se que eles entraram nas suas órbitas atuais bem recentemente. Os cometas de curto período não conseguem sobreviver ao grande número de vezes que eles passam próximos ao Sol (passagem pelo seu periélio). Devido à baixa inclinação das órbitas destes cometas acredita-se que eles podem ser originários do Cinturão de Kuiper. O cometa Halley é um cometa de curto período. Ele dá uma volta em torno do Sol em, aproximadamente, 76 anos.

- **cometas de longo período** (LPC - Long-Period Comets) são aqueles que possuem órbitas excêntricas e longas. Seu período orbital é muito maior do que 200 anos. Este tipo de cometa deve ter sua origem na Nuvem de Oort. Os cometas de longo período têm muitas outras notáveis propriedades orbitais. Por exemplo, suas inclinações orbitais são aleatórias tanto em forma como em inclinação. Eles entram na região planetária isotropicamente, isto é, eles não mostram uma direção preferida. Cerca de 50% dos cometas deste tipo são retrógrados, o que é consistente com uma distribuição verdadeiramente aleatória (LAZZARO *et al*, 2009b).

Os cometas periódicos recebem um "P/" na frente do seu nome. "Por exemplo, o cometa Halley deve ser chamado de cometa P/Halley." (LAZZARO *et al* 2009b, p.8).

Lazzaro *et al* (*Op. Cit.*) lembram que muitos especialistas acreditam que alguns asteroides já foram núcleos cometários que agora estão **extintos** (já perderam o material volátil), ou **adormecidos** (o material volátil está encapsulado por uma camada de poeira interestelar, dando-lhes aspecto de asteroide); como por exemplo, o asteroide 3200 Phaeton.

Os cometas podem terminar a sua vida destroçados e/ou tragados pelo Sol, ou mesmo pelos planetas, como aconteceu com o cometa Shoemaker Levy 9, atraído e fragmentado por Júpiter, e seus pedaços colidiram com o mesmo, em 1994. O nosso planeta já passou certamente por incontáveis encontros com estes objetos, mesmo antes de estar completamente formado.

Os cientistas acreditam que a água na Terra foi trazida, ao menos em parte, pelos cometas. Consideram ainda que os compostos orgânicos trazidos por esses objetos (CO, CO₂, CH₄, e NH₃, como moléculas mais complexas, H₂CO, HCN, C₂H₂) podem ter contribuído para o surgimento da vida aqui. Como são resíduos da formação do Sistema Solar, o estudo dos cometas e asteroides tem atraído interesses e recursos para se conhecer melhor estes objetos, e por conseguinte, o processo que deu origem ao Sistema Solar. Dados importantes sobre alguns objetos já foram obtidos por sondas enviadas a eles, entre elas: Giotto (1985, ESA), Galileu (1989, NASA), NEAR Shoemaker (NASA, 1996), Hayabusa (Japão, 2003), Rosetta⁴⁶ (2004, ESA), *Deep Impact* (NASA, 2005),.

⁴⁶ Rosetta: após 12 anos de lançada atingiu o cometa huryumov-Gerasimenko (67P) em 29 set. 2016 Antes de se desligar, mandou dados durante 40 minutos. Nesse mesmo objeto adormecia o robô Philae lançado pela própria sonda em 2014, mas deixou de funcionar em 2015.

Em setembro deste ano, a NASA lançou a sonda OSIRIS-REx⁴⁷ rumo ao NEO Bennu. Ela só deve chegar àquele corpo apenas em 2018, passando a mapeá-lo em detalhe, calcular sua composição e obter dados de seu movimento. Em seguida, pousará em Bennu e coletará uma amostra de sua superfície, alojando-a em uma cápsula. Antes de abandoná-lo, deixará um microchip com os nomes de 440.000 pessoas que se inscreveram em um concurso *online*. Ao retornar em 2023, a sonda não pousará na Terra, mas horas antes da entrada na atmosfera, lançará a cápsula com as amostras em nossa direção, e em seguida, executará uma manobra que a colocará em uma órbita estável ao redor do Sol.

⁴⁷ OSIRIS-REx. É possível verificar todos os passos planejados para a missão no seguinte endereço: <http://www.asteroidmission.org/mission/>.

Capítulo 3

Descrição das atividades

3.1 Considerações iniciais

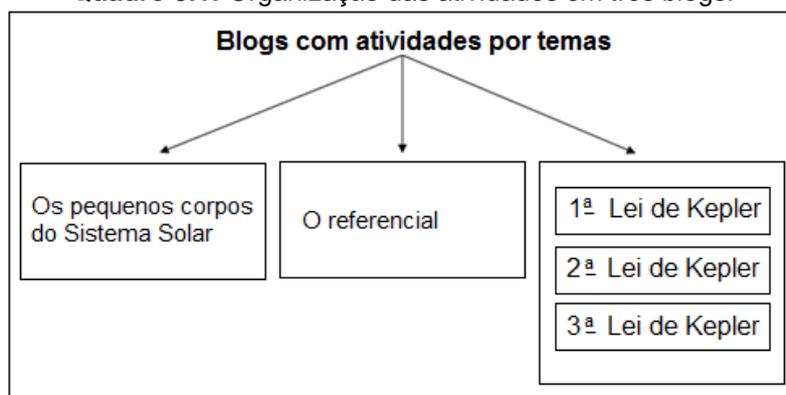
Como adiantamos em outros momentos, as atividades propostas para este trabalho estão na forma de páginas na internet organizadas em três blogs, cada um deles reúne aquelas relacionadas aos seguintes temas:

- Os pequenos corpos do Sistema Solar;
- Os referenciais clássicos;
- As Leis de Kepler;

Os objetivos gerais das atividades são promover a aprendizagem de conceitos ligados ao movimento como, referencial, deslocamento, trajetória, sistemas de coordenadas, velocidade, rotação, e as Leis de Kepler, a partir do estudo dos pequenos corpos do Sistema Solar, e permitir que os alunos desenvolvam habilidades e competências proporcionadas pelo debate no grupo, e uso de programas e simuladores ao trabalhar com dados obtidos nos repositórios digitais apontados. Buscamos dar às atividades, principalmente aquelas que abrem cada tema, algumas das características investigativas descritas no quadro [2.1.5](#), e tipificá-las como no quadro [2.1.6](#). Quanto às perguntas que expõem os problemas, procuramos seguir o quadro [2.1.7](#).

No 1º blog abordamos os pequenos corpos do Sistema Solar: quais são, onde se concentram, meteoros e bólidos produzidos por meteoroides, e as chuvas de meteoros, o 2º a importância do referencial, e sistemas de coordenadas para localização de um objeto no espaço, no 3º, as Leis de Kepler e um pouco do seu trabalho. O quadro seguinte mostra a organização das atividades nos três blogs.

Quadro 3.1: Organização das atividades em três blogs.



Fonte: Próprio autor.

Gostaríamos que as atividades descritas fossem vistas como ensaios nas direções propostas no referencial teórico: a Astronomia como tema contextualizador e motivador, o uso das NTICs que leva a aprendizagem além da sala de aula, utilizando os blogs como interface no ensino de Física, moldados através da técnica WebQuest, que envolve a estrutura básica da investigação, e que busca dar ao estudante um papel a ser desempenhado, como de um cientista ao investigar um objeto no céu.

Maiores detalhes da elaboração das atividades propostas estão disponíveis no manual do professor associado a esta dissertação, onde também damos dicas sobre alguns recursos digitais utilizados. Este manual deve estar disponível no site do Programa de Ensino de Física da UFRJ, no seguinte endereço:

<http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes.html>.

A fim de facilitar a leitura, substituímos os endereços completos na Web das atividades (normalmente longos) por links externos ao documento na forma de códigos. Identificamos as página principais de cada blog por [B1](#), [B2](#) e [B3](#), as demais páginas por [BnPi](#), e os formulários, que empregamos para reunir as respostas individuais e em grupo, por [BnFi](#) (onde, $n=1,2,3$ e $i=1,2,3,\dots$). Todas as páginas ([Bn](#) e [BnPi](#)) têm um formulário de contato para que o estudante, caso julgue necessário, busque orientação com o professor. Obviamente a resposta será dada conforme a disponibilidade do mesmo. Para estimular a aprendizagem colaborativa, inserimos um link para um *chat* em todas as páginas, para aqueles que estejam *online* e precisem de auxílio dos colegas. Observamos que nas aplicações pouco foi utilizado em função da preferência

aos aplicativos como *WhatsApp* e o *Messenger*, os quais os estudantes estão mais familiarizados.

Chamamos ainda de "atividades externas", aquelas realizadas fora da sala de aula, de modo que os estudantes as acessem nos espaços e momentos que lhes forem conveniente, ainda que não seja em casa. As atividades externas são ligadas por *links*. Lembramos que as tecnologias móveis permitem o acesso à internet em diversos espaços, de forma que é possível a aprendizagem acontecer também fora da sala de aula..

3.2 Atividades sobre os pequenos corpos do Sistema Solar

São incontáveis os corpos menores que existem no Sistema Solar. Buscamos através destas atividades que os estudantes conheçam as classes e algumas características destes objetos que povoam a imensidão do nosso sistema, bem como alguns fenômenos produzidos por fragmentos quando colidem com a nossa atmosfera.

Como já informamos, este foi o único grupo de atividades aplicadas. A seguir, passamos a descrever cada uma delas, e os resultados podem ser verificados na seção [4.3](#).

Atividade 1: [B1](#) - Introdução (sala de aula)

O endereço da página principal é informada para a turma, e também projetada em tela. Na aplicação que realizamos, a maioria dos estudantes fez a leitura nos próprios *smartphones*. A página apresenta um texto que trata do fascínio que os céus despertam na humanidade, e do desafio para compreender a mecânica celeste.

No final da página, há um link para a segunda atividade.

Atividade 2: [B1F1](#) - Proposição e resolução de dois problemas (sala de aula).

Apresentamos um formulário que traz algumas imagens de crateras de impacto em alguns corpos rochosos: na própria Terra, na Lua, no satélite Encélados de Saturno, e no asteroide Vesta, a imagem da devastação da floresta em Tunguska, 1908, e um vídeo do bólido em Chelyabinsk, 2013,

ambos na Rússia, e no final, apresentamos duas perguntas a serem discutidas pelos grupos:

Por que não encontramos tantas crateras de impacto sobre a superfície da Terra quanto àsquelas na Lua?

Que tipos de corpos podem provocar uma cratera de impacto?

Atividade 3: Leitura das respostas apresentadas e discussão (sala de aula).

Buscamos por indicadores de alfabetização científica no debate com toda a turma.

Atividade 4: [B1P1](#) - Leitura de texto sobre os pequenos corpos do Sistema Solar (atividade externa).

Página com uma lista de textos disponíveis na internet sobre os pequenos corpos do Sistema Solar. Fizemos a sugestão da leitura de pelo menos um deles.

Atividade 5: [B1P2](#) - Realização de palavras cruzadas que envolvem os pequenos corpos do Sistema Solar (atividade externa).

Apesar de simples, é lúdica a realização. Também queremos mostrar que existem outros recursos que podem ser incorporados numa página de um blog.

Atividade 6: [B1F2](#) - Questionário individual (não necessariamente) (atividade externa).

O questionário foi elaborado a partir de um formulário com questões sobre os pequenos corpos. Apesar de ser objetivo, o propósito de sua inserção é de apresentar ao professor o script *Flubaroo*⁴⁸, que pode corrigir as respostas

⁴⁸**Flubaroo:** é uma ferramenta gratuita que corrige automaticamente questionários objetivos elaborados a partir de um formulário do Google. Ele pode também enviar automaticamente as respostas para os e-mails informados no próprio formulário. O manual está disponível em: <https://docs.google.com/document/d/1-ndvRv35e3y9qcIRgbGRcFZdvtgJuHnKa0DjoP5HrzM/edit>

enviadas pelos alunos automaticamente (a partir de um gabarito), e reenviar o resultado obtido por cada estudante para o seu e-mail.

Atividade 7: [B1P3](#) - Atividade final (externa, individual, mas o estudante pode, e é desejável, receber ajuda dos colegas).

A partir de um link com uma [lista de NEOs](#), cada estudante escolhe um dos objetos, e deve informar a sua distância em relação à Terra e ao Sol para a data de 31 de dezembro deste ano. O dia foi escolhido aleatoriamente apenas para que os alunos não usem os dados do dia de acesso, forçando-os a interagirem com a página. A resposta é dada através de formulário incorporado à própria página, no qual pedimos também que apresentassem outras informações que tenham julgado interessantes sobre o NEO escolhido. O objetivo é verificar se tiveram interesse em conhecer os parâmetros orbitais ali disponíveis.

Atividade 8: [B1P4](#) - Produção em grupo. (atividade externa e final).

Os grupos, nos quais a turma foi dividida para a primeira atividade, escolhem um dos tópicos abaixo para desenvolver um trabalho coletivo, e apresentar para o restante da turma em data marcada.

- Meteoroides;
- Asteroides;
- Cometas;
- Satélites;
- Meteoros;
- Chuva de meteoros;
- Meteoritos;
- Impactos de asteroides e cometas com a Terra;

Sugerimos a produção de um texto (com figuras), ou uma apresentação no *Power Point*, um vídeo (produzido e editado pelo grupo), ou mesmo a produção de um blog sobre o tópico escolhido. Salientamos que todos deveriam participar da elaboração e apresentação marcada. Nos colocamos abertos a sugestões de produções em outras formas.

A seguir apresentamos um mapa reunindo as atividades do 1º Blog.

Quadro 3.2: Resumo das atividades sobre os pequenos corpos do Sistema Solar. Tempo previsto obtido da aplicação em sala de aula.

1º Blog					
Atividades sobre os pequenos corpos do Sistema Solar					
Ordem	Código	Onde	Quem	Breve descrição	Tempo previsto
1	B1	Sala de aula	Grupo	Texto introdutório ao tema.	1h 40min (2 tempos)
2	B1F1	Sala de aula	Grupo	Formulário com pergunta problematizadora.	
3	-	Sala de aula	Grupo	Leitura e discussão das respostas apresentadas.	
4	B1P1	Externa	Individual	Leitura de sistematização sobre os pequenos corpos.	Prazo 1 semana
5	B1P2	Externa	Individual	Palavras cruzadas.	
6	B1F2	Externa	Individual	Questionário individual (objetivo).	
7	B1P3	Externa	Individual	Busca de informação em repositório digital sobre os NEOs.	
8	B1P4	Externa / Sala de aula	Grupo	Produção em grupo e posterior apresentação para a turma.	1 semana (Elaboração) 1h 40min (2 tempos) (Apresentação)

Fonte: Próprio autor.

[Volta para 4.2](#)

3.3 Atividades sobre os referenciais clássicos

Estas atividades buscam fazer com que os estudantes conheçam o conceito de referencial, e como é fundamental no estudo dos movimentos. Salientamos também a questão histórica sobre o tema, e que passa até mesmo pela discussão dos modelos geocêntrico e o heliocêntrico.

Embora as atividades que descrevemos aqui não tenham sido aplicadas, apresentamos no [manual do professor](#) os seus detalhes para que o professor compreenda a sua dinâmica.

Atividade 1: [B2](#) - Introdução (sala de aula)

O endereço da página principal é informada para a turma, e também projetada em tela. A página apresenta uma série de *gifs*⁴⁹ que mostram movimentos cotidianos, de corpos celestes, e de um micro-organismo. A intenção é mostrar que os movimentos estão por todas as partes que observamos. No final da página há um link para a atividade seguinte.

Atividade 2: [B2F1](#) - A necessidade de uma referência para o movimento (sala de aula).

O formulário apresenta outros *gifs* representando o movimento relativo entre a Terra e um asteroide, e dois pequenos vídeos. O primeiro mostra um antigo desenho animado feito com massinhas de modelar, em que a ideia do movimento é obtida por fotografias tiradas quadro a quadro, semelhante ao que é feito nos *gifs*. O segundo vídeo mostra uma produção de 2001 por computação gráfica, em que o efeito é tão realista que os quadros são imperceptíveis, e o movimento dos personagens parecem reais. No final, pedimos para que os grupos discutam e respondam a seguinte pergunta:

Como explicar a localização de algo que está em movimento?

Atividade 3: Leitura das respostas apresentadas pelos grupos, e discussão (sala de aula).

Atividade 4: [B2P1](#) - Leitura sobre o referencial clássico (atividade externa).

A página traz texto, imagens e animações que tratam dos referenciais clássicos, bem como de sistemas de coordenadas mais adequados para cada tipo de movimento.

Há um link no final da página para a próxima atividade.

Atividade 5: [B2P2](#)- Leitura voltada para o aspecto histórico do referencial. (atividade externa).

⁴⁹GIF (Graphics Interchange Format):É um formato de imagem usado na world wide web, quer para imagens fixas, quer para animações.

Um link no final da página dá acesso a próxima atividade.

Atividade 7: [B2P4](#) - O Graph. (atividade externa).

Apresenta o software matemático *Graph*. Gratuito, ele é um recurso muito interessante para mostrar que as formas geométricas podem ser representadas pelas equações, e vice-versa. Ele realiza integral de linha e área, embora não seja necessário que o estudante entenda estes conceitos matemáticos para realizar as atividades. A atividade é basicamente um tutorial onde pedimos para que os estudantes construam alguns gráficos usando aquela ferramenta. Também está ligada com a próxima atividade por um link.

Atividade 8: [B2F2](#) - Atividade final (Em sala de aula).

Questionário sobre o referencial. Apesar de cada aluno ter que repondê-lo, a discussão pode acontecer em grupo na sala de aula.

Quadro 3.3: Resumo das atividades sobre os referenciais clássicos.

2º Blog				
Atividades sobre os referenciais clássicos				
Ordem	Código	Onde	Quem	Breve descrição
1	B2	Sala de aula	Grupo	Página introdutória ao tema.
2	B2F1	Sala de aula	Grupo	Busca suscitar a necessidade do referencial nos movimentos.
3	-	Sala de aula	Grupo	Leitura e discussão das respostas apresentadas.
4	B2P1	Externa	Individual	Leitura de sistematização sobre os referenciais clássicos.
5	B2P2	Externa	Individual	Leitura sobre o aspecto histórico dos referenciais.
6	B2P3	Externa	Individual	Leitura opcional sobre a história da Física.
7	B2P4	Externa	Individual (com ajuda)	Apresentação do <i>software</i> matemático Graph.
8	B2F2	Externa / Sala de aula	Individual (com ajuda)	Questionário final

Fonte: Próprio autor.

<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbmxcnF1aXZvc2dpbDE1fGd4OjVjYTcyMWM4MmZkZWnkZTY>.

3.4 Atividades sobre as Leis de Kepler

As atividades propostas nesta seção tem por objetivo fazer com que os estudantes passem a conhecer as Leis de Kepler, mas não da forma acabada como normalmente são apresentadas a eles. A partir do uso do *Graph*, os dados encontrados nos repositórios digitais pelos estudantes sobre os NEOs são trabalhados, até que cheguem aos padrões que Kepler alcançou no século XVII. Então, passamos a descrevê-las a seguir.

3.4.1 A Primeira Lei de Kepler

Atividade 1: [B3](#)- Introdução (em sala de aula)

O endereço da página principal é sempre informada para a turma, e também projetada em tela. A página traz um simulador de interação gravitacional do projeto PhET⁵⁹, da Universidade do Colorado. Na atividade, os estudantes testam velocidade orbitais a partir do apoastro para um corpo (corpo 2) em torno de outro central (corpo 1). Para os valores sugeridos, na primeira simulação o corpo cai sobre o central. Na segunda, entra em órbita bastante excêntrica, e conforme a velocidade aumenta, a órbita vai se tornando mais parecida com uma circunferência.

Há um link no final da página para a próxima atividade.

Atividade 2: [B3F1](#) - Identificação da forma da órbita (sala de aula).

As 4 primeiras questões correspondem aos resultados das simulações. No final, buscamos saber se os alunos conseguem associar a velocidade no apoastro com a forma da órbita, como também se identificam a forma elíptica das órbitas. Para isso, são feitas duas perguntas:

Existe alguma relação entre a velocidade do corpo e a forma da órbita descrita no movimento? Expliquem.

Que forma geométrica poderia melhor modelar a órbita do corpo 2?

Atividade 3: [B3P1](#) - Páginas com esquemas de órbitas de asteroides (atividade externa).

⁵⁹PhET - Site com simulações interativas em Ciências e Matemática, disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR.

Os estudantes devem interagir com páginas que apresentam os esquemas das órbitas de três asteroides. Incorporamos um pequeno formulário na própria página onde se identificam, e respondem a seguinte pergunta:

Depois de interagirem com os esquemas das órbitas dos asteroides Phaeton, Itokawa e 2015TB145, qual a forma geométrica que definitivamente melhor representa aquelas órbitas?

Um link faz a ligação com a próxima atividade.

Atividade 4: [B3P2](#) - Construção das órbitas com o Graph (atividade externa).

Pedimos para que os estudantes escolham três NEAs a partir de uma página do *Minor Planet Center* que informa quais objetos se aproximarão no mês de acesso, e construam, utilizando o *Graph*, as respectivas órbitas a partir do semieixo maior (**a**) e da excentricidade (**e**) informados na página, identifiquem o trabalho, salvem (ou imprimam) e entreguem na próxima aula.

A seguir apresentamos um quadro que resume as atividades.

Quadro 3.4: Resumo das atividades sobre a 1ª Lei de Kepler.

3º Blog - 1ª Parte				
Atividades sobre a 1ª Lei de Kepler				
Ordem	Código	Onde	Quem	Breve descrição
1	B3	Sala de aula	Grupo	Página introdutória sobre alcance do lançamento horizontal.
2	B3F1	Sala de aula	Grupo	Identificação da forma da órbita.
3	B3P1	Externa	Individual	Visualização de esquemas de órbitas de asteroides em repositórios digitais.
4	B3P2	Externa	Individual	A 1ª Lei de Kepler, e construção de órbitas de asteroides com o Graph, a partir de dados na internet.

Fonte: Próprio autor.

3.4.2 A Segunda Lei de Kepler

Atividade 1: [B3P3](#)- Como obter a área varrida pelo raio orbital para períodos iguais (Laboratório de informática - em grupo)

A atividade deve ser realizada no laboratório de informática da escola para que os grupos usem o software *Graph* instalado nos computadores.

Através dos dados do asteroide 2015TB145 encontrados em repositório na internet, semieixo maior, excentricidade, distância ao Sol por datas, eles constroem uma elipse no *software* para representar a órbita daquele objeto. Num segundo momento são informadas as datas que dividem o período orbital do asteroide em 6 partes, cada um delas com período de 6 meses. O software calcula a área varrida pelo raio, mas o intervalo deve ser informado entre ângulos, sendo necessário que consigam associar as datas aos respectivos ângulos no Graph. Perguntamos como seria possível fazer esta associação.

Na própria página há um formulário incorporado para que apresentem uma resposta.

Atividade 2: [B3P4](#)- Cálculo da área varrida em períodos iguais (Laboratório de informática).

Os grupos após converterem as datas para ângulos, calculam as áreas dos períodos (consecutivos e todos iguais a 6 meses). O valor encontrado é informado numa planilha compartilhada através de um link no final da página.

Atividade 3: [B3P5](#)- Avaliação dos resultados das áreas (Laboratório de informática).

Após todos os grupos terem lançado os resultados das áreas na planilha, ela é aberta e avaliada por toda a turma. Se tudo for feito como esperado, as áreas terão valores bem próximos. A tabela seguinte mostra os valores que devem ser obtidos para as áreas.

Tabela 3.1: Resultados para as áreas varridas pelo raio orbital do asteroide 2015TB145.

Grupo	Data	raio (UA)	ângulo	área (UA ²)
A	01/11/2015	988	1.02	1.16
	30/04/2016	2.245	5.79	
B	01/05/2016	2.254	5.79	1.14
	31/10/16	3.443	6.07	
C	01/11/2016	3.448	6.07	1.09
	30/04/2017	3.866	6.23	
D	01/05/2017	3.887	6.23	1.20
	31/10/2017	3.758	0.11	
E	01/11/2017	3.756	0.11	1.18
	30/04/2018	3.023	0.31	
F	01/05/2018	3.017	0.31	1.17
	31/10/2018	1.264	0.85	

Fonte: Próprio autor.

No final da página, uma pergunta busca verificar se os estudantes conseguem associar aquelas áreas (aproximadamente iguais) aos períodos (todos de 6 meses).

Atividade 4: [B3P6](#)- Página sobre a 2ª Lei de Kepler (laboratório de informática).

A página aborda a 2ª Lei de Kepler, através de texto, imagem e vídeo.

Atividade 5: [B3P7](#)- As velocidades médias para períodos iguais (atividade externa).

Os estudantes calculam as distâncias percorridas para os mesmos períodos anteriores usando também um recurso do Graph (integral de linha), em seguida, calculam as velocidades médias, dividindo a distâncias encontradas (em UA) por 6 meses. Buscamos fazer com que verifiquem como a velocidade varia em relação à aproximação e afastamento do Sol.

Os valores encontrados são informados num formulário incorporado à página.

Atividade 6: [B3P8](#)- Explicação para a variação das velocidades orbitais (atividade externa).

A página traz os resultados das velocidades que os estudantes devem, aproximadamente, obter. O gráfico seguinte (também encontrado na página), compara os períodos e as velocidades médias. Ele ilustra o quanto a velocidade varia em função da distância ao Sol.

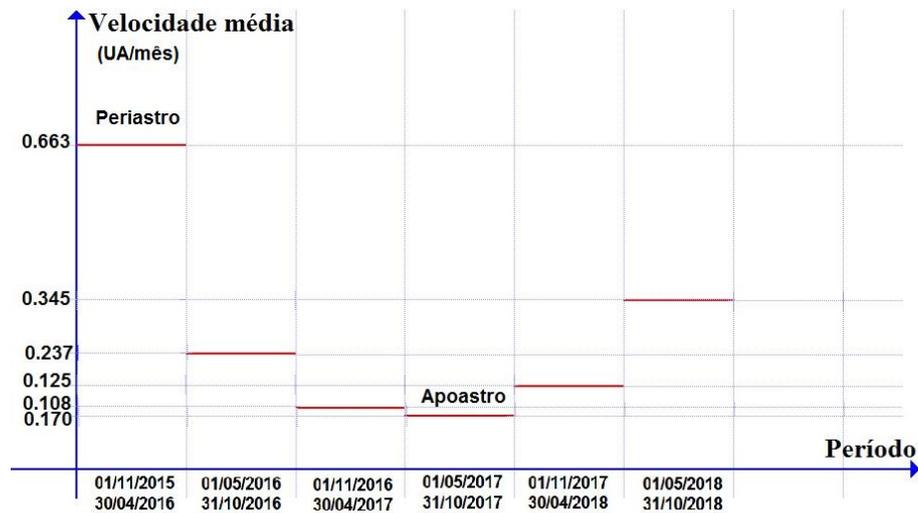


Figura 3.1: Valores das velocidades médias do asteroide 2015TB145 em períodos iguais de 6 meses (em UA/mês).

Nesta página, abordamos ainda o aspecto histórico da explicação dada por Kepler sobre a variação da velocidade (ação do Sol por força magnética), além de apresentar as grandezas momento linear e angular, para explicar esta variação através do princípio da conservação do momento angular.

No final da página, um link leva à 1ª atividade da 3ª parte do blog. Apesar de não estar diretamente ligada à 3ª Lei de Kepler, a colocamos neste grupo porque usamos dados de satélites de Júpiter para derivar à 3ª Lei. Optamos por deixar as atividades que fazem referência aos satélites para esta parte.

O quadro seguinte resume as atividades para a 2ª Lei de Kepler descritas anteriormente.

Quadro 3.5: Resumo das atividades sobre 2ª Lei de Kepler.

3º Blog - 2ª Parte				
Atividades sobre a 2ª Lei de Kepler				
Ordem	Código	Onde	Quem	Breve descrição
1	B3P3	Sala de aula	Grupo	Como obter a área varrida pelo raio orbital para períodos iguais do asteroide 2015TB145.
2	B3P4	Sala de aula	Grupo	Cálculo da área varrida em períodos iguais
3	B3P5	Sala de aula	Grupo	Avaliando os resultados das áreas.
4	B3P6	Externa	Individual	Sistematização da 2ª Lei de Kepler.
5	B3P7	Externa	Individual	Cálculo das velocidades médias para períodos iguais.
6	B3P8	Externa	Individual (com ajuda)	Explicação para a variação das velocidades orbitais.

Fonte: Próprio autor.

3.4.3 A Terceira Lei de Kepler

Atividade 1: [B3P9](#) - Satélites e forças de Maré (atividade externa).

Como justificamos anteriormente, a atividade não trata diretamente da 3ª Lei de Kepler. Ela faz a introdução do estudo dos satélites e da interação com os planetas. O assunto é interessante pois mostra os efeitos das forças de maré entre os corpos celestes.

Atividade 2: [B3P10](#) - Pesquisa na internet sobre dados de satélites de Júpiter (sala de aula).

É solicitado aos integrantes de cada grupo que busquem o valor do período e do raio orbital para 1, entre os 8 maiores satélites de Júpiter. O grupo deve calcular o quadrado do período, o cubo do raio, e a razão entre estes 2 valores para o satélite designado, de modo a completar uma das linhas da tabela abaixo. Essa pesquisa também busca avaliar o critério dos grupos em relação à confiabilidade da fonte na internet.

Quadro 3.6: Valores a serem obtidos por grupos de alunos em pesquisa na internet.

Grupo	Satélite	T (dias)	R (km)	T^2	R^3	T^2/R^3
A	Amaltéia					
B	Thebe					
C	Io					
D	Europa					
E	Ganimedes					
F	Calisto					
G	Himalia					
H	Elara					

Fonte: Próprio autor.

Há um link na página para um formulário onde os dados são informados.

Um segundo link dá acesso à planilha com os dados totais. Ela é fundamental para a próxima etapa.

Atividade 3: [B3F2](#)- Inserção dos dados da pesquisa em formulário (sala de aula).

Um link dá acesso a página seguinte.

Atividade 4: Discussão em torno dos resultados encontrados pelos grupos (sala de aula).

A [planilha](#) atrelada ao formulário é aberta e os valores reunidos ali, informados pelos próprios alunos, são trazidos à discussão. Num primeiro momento, verifica-se algum erro que possa comprometer o resultado, em seguida, busca-se que sejam apontados os valores da última coluna, onde a razão T^2/R^3 tem valores praticamente iguais; de forma que sejam identificados como o padrão que relaciona os movimentos dos satélites.

Atividade 5: [B3P11](#) - Conclusão sobre os resultados T^2/R^3 .

Depois da discussão com toda a turma a respeito dos dados e valores calculados, esta página apresenta o Quadro 3.6 completo, como mostramos a seguir.

Tabela 3.2: Valores obtidos para os satélites de Júpiter a partir de pesquisa na internet.

Grupo	Satélite	T (dias)	R (km)	T^2	R^3	T^2/R^3
A	Amaltéia	0,498179	181300	0,24818	$5,9593 \cdot 10^{15}$	$4,16464 \cdot 10^{-17}$
B	Thebe	0,674536	221895	0,45500	$1,0926 \cdot 10^{16}$	$4,16455 \cdot 10^{-17}$
C	Io	1,769138	421600	3,12985	$7,4938 \cdot 10^{16}$	$4,17659 \cdot 10^{-17}$
D	Europa	3,551181	670900	12,6109	$3,0198 \cdot 10^{17}$	$4,17611 \cdot 10^{-17}$
E	Ganimeses	7,154553	1070000	51,1876	$1,2250 \cdot 10^{18}$	$4,17844 \cdot 10^{-17}$
F	Calisto	16,68902	1883000	278,523	$6,6765 \cdot 10^{18}$	$4,17168 \cdot 10^{-17}$
G	Himalia	250,5662	11480000	62783,4	$1,5130 \cdot 10^{21}$	$4,14972 \cdot 10^{-17}$
H	Elara	259,6528	11737000	67419,6	$1,6169 \cdot 10^{21}$	$4,16980 \cdot 10^{-17}$

Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/ast/solar/portug/jupiter.htm> (modificado).

Um formulário dentro da própria página apresenta a seguinte pergunta:

O que o podemos concluir em relação aos resultados da última coluna sobre os movimentos dos satélites? Expliquem.

Atividade 6: [B3P12](#) - Sistematização da 3ª Lei de Kepler (atividade externa).

A página enuncia a 3ª Lei de Kepler, chamando a atenção para a última coluna da tabela abaixo, elaborada a partir da planilha com os dados

informados pelos estudantes, e comparados com aqueles obtidos na fonte indicada.

Atividade 7: [B3F3](#) - Questionário encerrando as atividades (atividade externa ou em sala de aula).

Elaboramos um questionário com questões abertas. Apesar da identificação no formulário ser individual, o estudante pode buscar ajuda dos colegas. Pode ser realizado como atividade para casa, ou para a sala de aula.

O quadro a seguir resume as atividades sobre a 3ª Lei de Kepler.

Quadro 3.7: Resumo das atividades sobre a 3ª Lei de Kepler.

3º Blog - 3ª Parte				
Atividades sobre a 3ª Lei de Kepler				
Ordem	Código	Onde	Quem	Breve descrição
1	B3P9	Externa	Individual	Página sobre satélites e forças de Maré.
2	B3P10	Sala de aula	Grupo	Pesquisa na internet sobre dados de satélites de Júpiter.
3	B3F2	Sala de aula	Grupo	Inserção dos dados em formulário.
4	Discussão	Sala de aula	Grupo	Discussão em torno dos resultados.
5	B3P11	Sala de aula	Grupo	Explicação para os resultados
6	B3P12	Externa	Individual	Sistematização da 3ª Lei de Kepler.
7	B3F3	Externa ou Sala de aula	Individual (com ajuda)	Questionário encerrando as atividades.

Fonte: Próprio autor.

Capítulo 4

Aplicação das atividades sobre os pequenos corpos

4.1 Considerações iniciais

Como relatamos na introdução deste trabalho e exporemos com maior detalhes aqui, a grave crise administrativa pela qual atravessa o Estado do Rio de Janeiro em 2016 trouxe grandes prejuízos às escolas públicas estaduais. Naquelas em que trabalhamos, a Escola Técnica Estadual Henrique Lage (ETEHL), no município de Niterói, e o Instituto de Educação Clélia Nanci (IECN), no município vizinho de São Gonçalo, atravessaram um longo período de greve dos profissionais de ensino, quase do início do ano letivo, início de março, às vésperas das Olimpíadas, meado de julho. A segunda escola chegou a ser ocupada pelos estudantes por mais de um mês, mesmo depois do final da greve. Esta longa greve e a ocupação, inviabilizaram quase totalmente, em ambas as escolas, a aplicação das atividades propostas e que gostaríamos de ter realizado por completo. Também acreditávamos que poderíamos ter apresentado a análise das falas dos estudantes gravadas nos episódios das discussões em sala de aula, à luz dos indicadores de alfabetização científica, como preconizado por Sasseron e Carvalho no [quadro 2.1.1](#), mas diante dos problemas narrados, não foi possível fazê-lo a tempo da conclusão deste trabalho. Ainda em outubro, o cotidiano das escolas encontra-se atípico, devido ao estado precário das mesmas, e a insatisfação dos servidores diante das mazelas da administração do (des)governo do Estado.

Ainda com todas as dificuldades, conseguimos aplicar no mês de julho as atividades sobre os pequenos corpos do Sistema Solar. Acreditamos que compartilhar as experiências dali apreendidas, embora não tenhamos feito uma análise segundo os indicadores como gostaríamos, é fundamental para o fechamento deste trabalho. Então, vamos seguir nesta abordagem.

4.2 A aplicação das atividades sobre os pequenos corpos

As atividades sobre os pequenos corpos do Sistema Solar (veja o [quadro 3.2](#)) foram aplicadas entre os dias 19 e 26 de abril deste ano, após a negociação com a turma 1122, da ETEHL, já que, como informamos, a escola

atravessava uma greve dos professores e funcionário de apoio (os funcionários terceirizados já não recebiam há mais de 3 meses).

Os estudantes realizaram atividades em sala de aula, e fora dela, que disponibilizamos no blog, o que chamamos de "externas". A seguir, vamos detalhá-las.

4.2.1 Atividades realizadas em sala de aula

Estas atividades foram realizadas no dia 19 de abril na sala de multimídia da ETE Henrique Lage, equipada com *datashow*. Inicialmente, explicamos que realizaríamos algumas atividades na qual eles poderiam usar os *smartphones* para acompanhá-la. A turma mostrou que gostou bastante da ideia, e achou diferente. A partir daí, realizamos as seguintes etapas:

- 1º - Divisão da turma em pequenos grupos (na ocasião, A a F).

Esta divisão permite que os estudantes venham a debater sobre as perguntas que serão feitas no final do formulário, como também a discussão durante a própria exposição. A troca de ideias colabora com a aprendizagem de todos.

- 2º - Divulgação do endereço da página principal.

A divulgação do endereço da página permitiu aos estudantes acessá-la pelos próprios dispositivos móveis:

<http://atividadeinvestigativa1.blogspot.com.br>.

A imagem seguinte mostra a página principal aberta no navegador.



Figura 4.1: Página principal do blog sobre os pequenos corpo do Sistema Solar. Fonte: <http://atividadeinvestigativa1.blogspot.com.br>.

Esta página também foi projetada para facilitar que todos pudessem acompanhar as orientações. A figura abaixo mostra esta projeção na sala de multimídia, onde as atividades eram desenvolvidas.

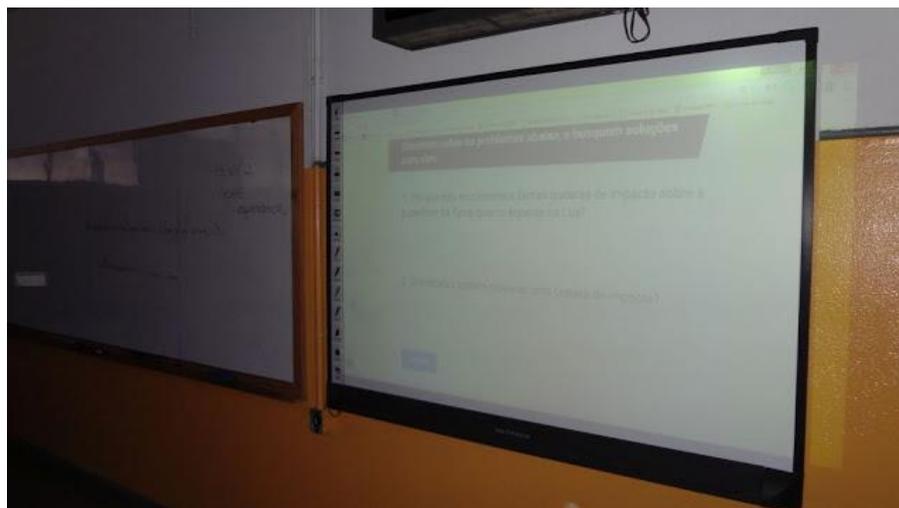


Figura 4.2: Projeção da página principal na tela da sala de multimídia da ETEHL. Fonte: Registro fotográfico do próprio autor. Abril de 2016.

- 3º - Leitura do texto introdutório da página principal.

O texto na página principal é lido. O transcrevemos abaixo:

Certamente a estrela mais próxima da Terra, o Sol, e todas as incontáveis estrelas que vemos no céu, embora nem todas sejam realmente estrelas, vêm fascinando a humanidade desde dos seus primórdios. Todas as antigas civilizações deixaram registros deste deslumbramento, e associaram os fenômenos celestes com a

vontade dos deuses. Mas o conhecimento construído e acumulado pela humanidade durante gerações permitiu que algumas mentes mais aguçadas percebessem que muitos daqueles fenômenos não eram sobrenaturais e poderiam ser explicados de alguma forma.

Os primeiros trabalhos considerados importantes no mundo ocidental para explicar a mecânica celeste foram dos antigos gregos, destacamos Aristóteles (século IV AEC) e Ptolomeu (séculos I/II). Na Europa renascentista, o polonês Copérnico (séculos XV/XVI) propôs uma mudança ousada no modelo geocêntrico de Ptolomeu. Ele sugeriu a descrição dos movimentos dos corpos celestes em relação ao Sol, e não à Terra como naquele modelo. Em seguida, o alemão Kepler (século XVII), utilizando os dados das observações do dinamarquês Tycho Brahe (século XVI/XVII) verificou a existência de padrões no movimento dos planetas, que posteriormente passaram a ser conhecidos como "as leis de Kepler". O contemporâneo a este, o italiano Galileu, foi o primeiro a observar alguns corpos celestes através da luneta e fazer os respectivos registros. Quase todas as observações realizadas por Galileu contrariaram importantes concepções religiosas da época, o que lhe trouxe enormes problemas, mas seu trabalho estabeleceu os alicerces da ciência moderna. O inglês Issac Newton (século XVII/XVIII) apresentou um conjunto de princípios para a mecânica (que alcançava também a celeste), hoje conhecidos como "as leis de Newton". Entre 1907 e 1915, o alemão Albert Einstein, que posteriormente se tornou cidadão americano, propôs a teoria da Relatividade Geral que explicava às interações gravitacionais, numa visão que ia além do modelo de Issac Newton. Todos os trabalhos os quais fizemos referência anteriormente tiveram a colaboração, direta ou indireta, de outros importantes nomes que antecederam ou conviveram com aqueles homens.

Atualmente, telescópios de astrônomos amadores, grandes observatórios pelo mundo, e mesmo equipamentos espaciais (os telescópios Hubble, Kepler, Compton, Chandra, Spitzer da NASA), varrem os céus coletando os mais variados dados sobre o Sistema Solar e o Cosmo. Os dados obtidos e compartilhados entre as mais diversas instituições de pesquisa, e analisados por diversos especialistas em todo mundo, nos fazem conhecer ainda mais essa magnífica estrutura que abriga o nosso planeta.

Nesta atividade, queremos que vocês ampliem o conhecimento sobre o Sistema Solar, e para começarmos o nosso estudo, dentro dos grupos nos quais a turma foi dividida, realizaremos a 1ª parte deste trabalho clicando no link a seguir.

Atividade 1 - Parte 1

Obs.: No final de toda página do blog tem uma caixa de contato. Caso precise enviar alguma mensagem ao professor, não deixe de informar o seu e-mail, ele responderá assim que possível (NOBRE, 2016).

No final da página, um link dá acesso a um formulário que traz um hipertexto sobre as crateras de impacto produzidas por asteroides, cometas e meteoroides, seguida da proposição de duas perguntas.

- 4º - Formulário com leitura e proposição do problema.

O formulário começa pela identificação dos grupos e dos participantes. Ele apresenta uma série de imagens reais da superfície de diversos pequenos corpos, cravejados por crateras. A figura seguinte mostra a seção inicial (identificação dos grupos) no navegador.



Figura 4.3: Seção de identificação dos grupos no formulário com uma exposição sobre crateras de impacto encontradas em vários corpos do Sistema Solar. Fonte: <https://goo.gl/forms/lt8UiqHUfkdWWSyW2>.

A figura seguinte reúne todos os pequenos corpos mostrados no formulário.

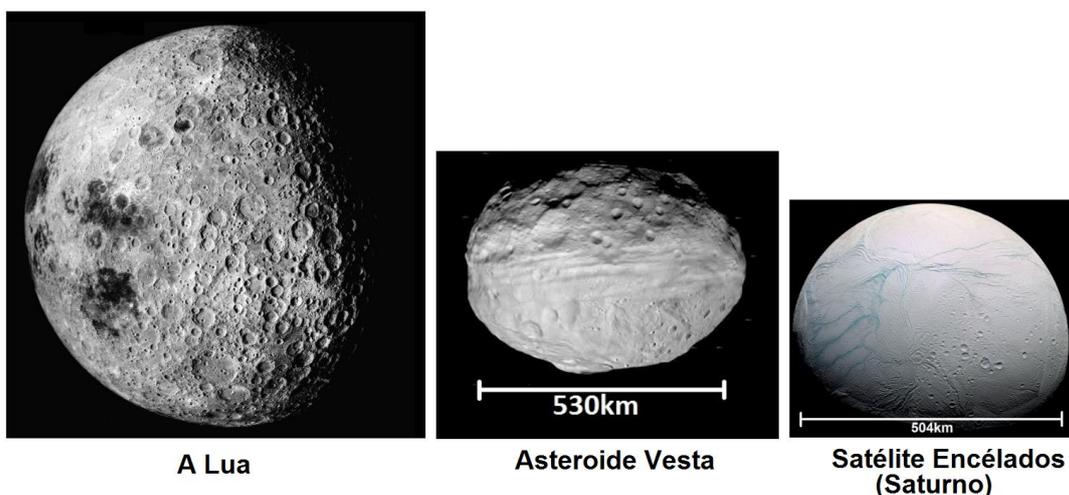


Figura 4.4: Pequenos corpos cravejados por crateras mostrados no formulário. Fonte: <https://goo.gl/forms/lt8UiqHUfkdWWSyW2>.

Também apresentamos imagens registradas do espaço, que mostram marcas de crateras de impacto sobre a superfície da Terra. As reunimos também na figura abaixo.



Figura 4.5: Crateras de impacto na Terra mostradas no formulário.

Fonte: <https://goo.gl/forms/lt8UiqHUfkdWWSyW2>.

Ainda inserimos imagens do evento acontecido em Tunguska, na Sibéria, Rússia, em 1908, onde um objeto que nem mesmo chegou a tocar o solo, explodiu na atmosfera, e destruiu uma área de aproximadamente 1200 quilômetros quadrados de floresta. Algumas fontes⁶⁰ afirmam que o abalo foi percebido até em Londres.



Figura 4.6: Imagem da destruição da Floresta em Tunguska, Rússia, 1908. Fonte: <https://goo.gl/forms/lt8UiqHUfkdWWSyW2>.

⁶⁰<http://www.zenite.nu/o-evento-tunguska/>.

Também colocamos no formulário, um vídeo⁶¹ disponível no Youtube sobre o evento acontecido na cidade de Chelyabinsk, também na Rússia, em 2013, onde um objeto, que também explodiu na atmosfera, provocou pequenos estragos em muitas construções, vindo a ferir diversas pessoas, principalmente por estilhaços de vidraças devido à onda de choque da explosão.

- 5º - Proposição de duas perguntas acerca do que foi exposto.

Os textos e imagens no formulário levam a duas perguntas que buscam suscitar a discussão em torno do tema: que tipo de objetos que existem no Sistema solar podem colidir com outros corpos formando as crateras de impacto?

A figura abaixo mostra a parte do formulário (no navegador) com as respectivas perguntas.

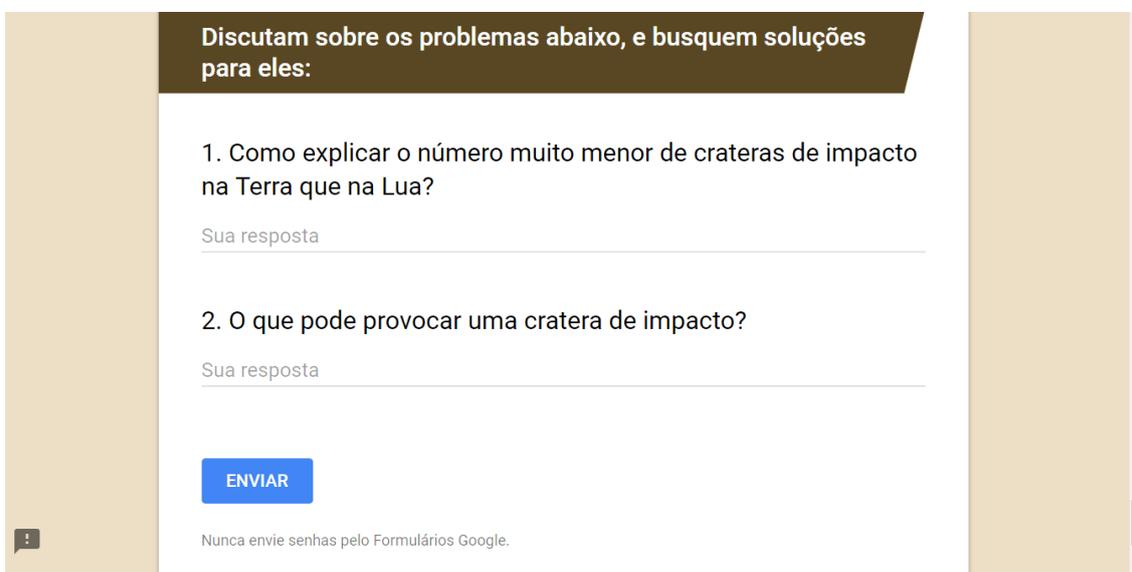
A imagem mostra uma captura de tela de um formulário web. No topo, há uma barra de título com o texto "Discutam sobre os problemas abaixo, e busquem soluções para eles:". Abaixo disso, há duas perguntas numeradas. A primeira pergunta é "1. Como explicar o número muito menor de crateras de impacto na Terra que na Lua?" e a segunda é "2. O que pode provocar uma cratera de impacto?". Cada pergunta tem um campo de texto abaixo dela com o placeholder "Sua resposta". No final do formulário, há um botão azul com o texto "ENVIAR" e uma linha de aviso que diz "Nunca envie senhas pelo Formulários Google."

Figura 4.7: Perguntas para discussão dentro dos grupos apresentadas no formulário da atividade. Fonte: <https://goo.gl/forms/lT8UigHUfkdWWSyW2>.

- 6º - Discussão interna nos grupos sobre as perguntas.

Os grupos discutiram sobre as perguntas apresentadas anteriormente, e após chegarem a um conclusão consensual, inseriram as respostas no formulário, enviando em seguida. As respostas foram reunidas automaticamente numa planilha atrelada ao formulário que apresentaremos na seção 4.3.

⁶¹<https://youtu.be/dpmXyJrs7iU>.

O mais interessante em acolher as respostas dos grupos através do formulário é exatamente de se poder reuni-las rapidamente numa planilha, que posteriormente é aberta e analisada por todos os integrantes da turma, numa discussão mais geral.

A fotografia seguinte mostra a turma durante a realização desta discussão nos grupos.



Figura 4.8: Grupos realizando as discussões em torno das questões do formulário.
Fonte: Registro fotográfico do autor. Abril de 2016.

- 7^o - Debate geral em torno das respostas apresentadas pelos grupos.

Esta etapa tem por objetivo detectar, além da lógica do processo que desenvolveram para chegar a conclusão em nome do grupo, identificar através das falas dos estudantes os possíveis indicadores de alfabetização científica apontados nos argumentos e hipóteses presentes no debate.

- 8^o - Alerta para a realização de atividades externas.

A turma foi alertada que no blog para a disciplina de Física estavam disponíveis algumas atividades a serem feitas individualmente, podendo solicitar ajuda dos colegas e do professor pelos meios digitais. Foi esclarecido que a resposta seria dada em função da disponibilidade do mesmo. Também informamos que havia um trabalho a ser elaborado dentro dos grupos,

formados em sala de aula, a ser elaborado durante a semana e apresentado para o restante da turma na aula seguinte.

4.2.2 Atividades externas (no blog)

- 1º - Leitura de sistematização.

A atividade [B1P1](#) corresponde a uma página do blog que aponta para 5 endereços na web, sobre os pequenos corpos do Sistema Solar, que levam a textos e páginas de repositórios digitais na internet. Entre eles, destacamos 2 opções, uma repositório sobre Astronomia ligado à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS), sob responsabilidade dos professores Kepler (KEPLER, S.O.) e Maria de Fátima (SARAIVA), cujo livro *Astronomia e Astrofísica* por eles publicado, citamos neste trabalho, o outro endereço são textos do curso de Astrofísica do Sistema Solar, do Observatório Nacional (ON). Esta atividade tem por objetivo fazer com que os estudantes conheçam os copos do Sistema Solar designador por "pequenos", ou ainda, "menores", embora seja apenas relativo, já que muitos deles são imensos. A figura abaixo mostra a página no navegador.

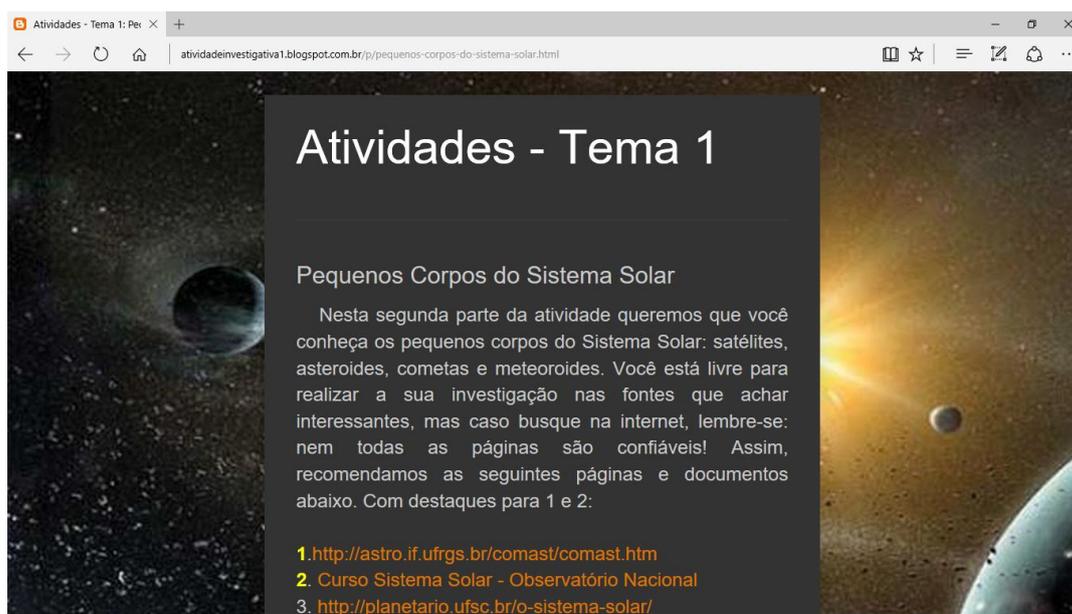


Figura 4.9: Página da 1ª atividade externa sobre os pequenos corpos. Fonte: <http://atividadeinvestigativa1.blogspot.com.br/p/pequenos-corpos-do-sistema-solar.html>

No final da página anterior do blog, um link dá acesso a página seguinte onde eles se depararam com um pequeno jogo de palavras cruzadas ([B1P2](#)) envolvendo os pequenos corpos e algumas definições correlatas.

- 2º - Jogo de palavras cruzadas.

Certamente um jogo como esse não é uma novidade no ensino, a novidade está na sua forma interativa e a possibilidade de ser incorporada a uma página de um blog. Alguns alunos observaram em outras aulas que a realização do jogo os ajudou bastante a diferenciarem os termos envolvidos no estudo: meteoro, meteorito, meteoróide, bólido, chuva de meteoros, asteroide, cometa. A figura seguinte mostra esta página.



Figura 4.10: Página da com o jogo de palavras cruzadas.
Fonte: <http://cruzadaspequenoscorpos.blogspot.com.br/>

No final da página anterior, um link dá acesso a um questionário múltipla escolha ([B1F2](#)).

- 3º - Questionário.

Apesar de alguns professores terem algumas objeções quanto ao uso deste tipo questionário, o seu emprego é justificado aqui por servir como exemplo para o uso de uma ferramenta de correção automática de formulários, o *Flubaroo*. Além da correção, ela pode enviar os resultados obtidos por cada

estudante aos seus e-mails. Os detalhes para o uso desta ferramenta está no manual do professor associado a esta dissertação.

O formulário apresenta novas informações, e traz 12 questões nas quais algumas requerem pesquisa para que sejam respondidas, proporcionando que os estudantes avancem na sistematização do que foi trabalhado.

Ele começa com uma seção para identificação do aluno, que mostramos na figura a seguir.

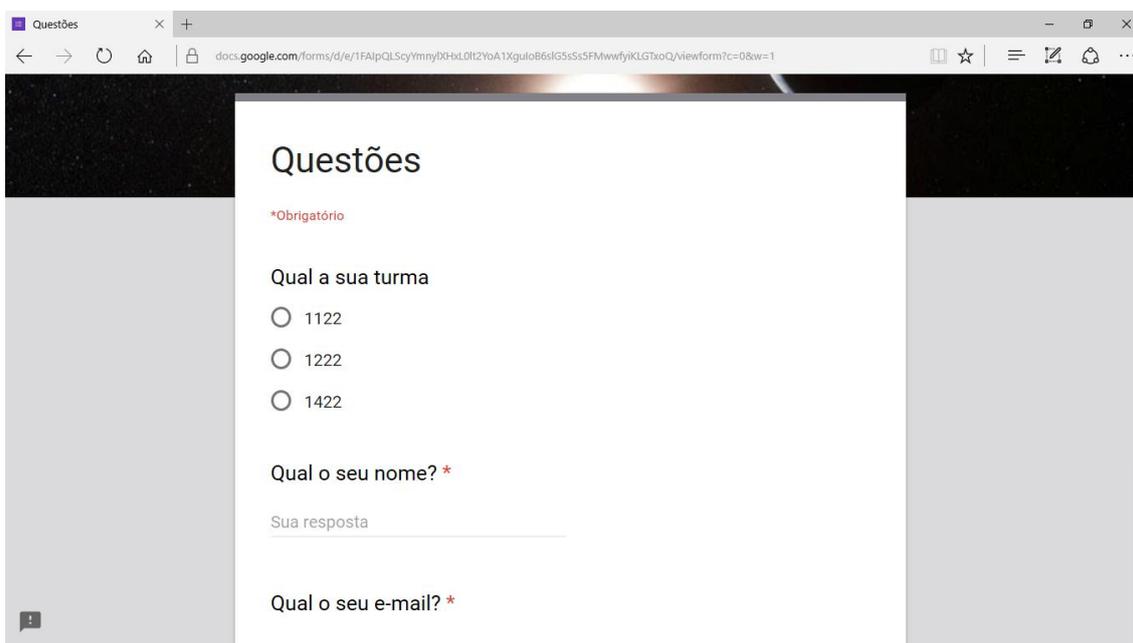


Figura 4.11: Seção inicial do formulário do questionário individual.

Fonte: <https://goo.gl/forms/CHinWglQgl8kpVNw2>.

Um texto introdutório traz uma pequena exposição sobre Galileu, mostrada na figura seguinte.

No verão de 1609, um mensageiro que retornava a Veneza vindo da Holanda contou a um professor de matemática da cidade de Pádua, Galileo Galilei, que um holandês havia inventado recentemente um aparelho que fazia objetos distantes ficarem mais próximos. Galileo imediatamente construiu um telescópio para ele mesmo testar o seu princípio. Ele chamou seu primeiro telescópio de "perspicillum". Em 1609 Galileo passou a usá-lo para estudar os céus. No dia 12 de março de 1610 Galileo publicou um relatório geral de suas observações. O texto tinha o título "Siderius Nuncius" (O Mensageiro Sideral) onde ele descrevia suas primeiras descobertas com o telescópio, entre elas a descoberta de quatro "estrelas Mediceanas" ("Medicea Sidera") que se movem em torno de Júpiter com "surpreendente velocidade".



1 - Relatório de Galileo Galilei



2 - Telescópio Perspicillum

The image shows a handwritten table of observations by Galileo. The table lists dates and observations of the Medicean stars, with symbols like circles and crosses indicating their positions or movements.

Observation	Symbol
20. Martij	○ + +
21. Martij	+ ○ +
22. Martij	○ + +
23. Martij	○ + +
24. Martij	+ ○ +
25. Martij	+ ○ +
26. Martij	+ ○ +
27. Martij	+ ○ +
28. Martij	+ ○ +
29. Martij	+ ○ +
30. Martij	+ ○ +
1. Aprilij	+ ○ +
2. Aprilij	+ ○ +
3. Aprilij	+ ○ +
4. Aprilij	+ ○ +
5. Aprilij	+ ○ +
6. Aprilij	+ ○ +
7. Aprilij	+ ○ +
8. Aprilij	+ ○ +
9. Aprilij	+ ○ +
10. Aprilij	+ ○ +
11. Aprilij	+ ○ +
12. Aprilij	+ ○ +
13. Aprilij	+ ○ +
14. Aprilij	+ ○ +
15. Aprilij	+ ○ +
16. Aprilij	+ ○ +
17. Aprilij	+ ○ +
18. Aprilij	+ ○ +
19. Aprilij	+ ○ +
20. Aprilij	+ ○ +
21. Aprilij	+ ○ +
22. Aprilij	+ ○ +
23. Aprilij	+ ○ +
24. Aprilij	+ ○ +
25. Aprilij	+ ○ +
26. Aprilij	+ ○ +
27. Aprilij	+ ○ +
28. Aprilij	+ ○ +
29. Aprilij	+ ○ +
30. Aprilij	+ ○ +
1. Maij	+ ○ +
2. Maij	+ ○ +
3. Maij	+ ○ +
4. Maij	+ ○ +
5. Maij	+ ○ +
6. Maij	+ ○ +
7. Maij	+ ○ +
8. Maij	+ ○ +
9. Maij	+ ○ +
10. Maij	+ ○ +
11. Maij	+ ○ +
12. Maij	+ ○ +
13. Maij	+ ○ +
14. Maij	+ ○ +
15. Maij	+ ○ +
16. Maij	+ ○ +
17. Maij	+ ○ +
18. Maij	+ ○ +
19. Maij	+ ○ +
20. Maij	+ ○ +
21. Maij	+ ○ +
22. Maij	+ ○ +
23. Maij	+ ○ +
24. Maij	+ ○ +
25. Maij	+ ○ +
26. Maij	+ ○ +
27. Maij	+ ○ +
28. Maij	+ ○ +
29. Maij	+ ○ +
30. Maij	+ ○ +
31. Maij	+ ○ +
1. Junij	+ ○ +
2. Junij	+ ○ +
3. Junij	+ ○ +
4. Junij	+ ○ +
5. Junij	+ ○ +
6. Junij	+ ○ +
7. Junij	+ ○ +
8. Junij	+ ○ +
9. Junij	+ ○ +
10. Junij	+ ○ +
11. Junij	+ ○ +
12. Junij	+ ○ +
13. Junij	+ ○ +
14. Junij	+ ○ +
15. Junij	+ ○ +
16. Junij	+ ○ +
17. Junij	+ ○ +
18. Junij	+ ○ +
19. Junij	+ ○ +
20. Junij	+ ○ +
21. Junij	+ ○ +
22. Junij	+ ○ +
23. Junij	+ ○ +
24. Junij	+ ○ +
25. Junij	+ ○ +
26. Junij	+ ○ +
27. Junij	+ ○ +
28. Junij	+ ○ +
29. Junij	+ ○ +
30. Junij	+ ○ +
1. Julij	+ ○ +
2. Julij	+ ○ +
3. Julij	+ ○ +
4. Julij	+ ○ +
5. Julij	+ ○ +
6. Julij	+ ○ +
7. Julij	+ ○ +
8. Julij	+ ○ +
9. Julij	+ ○ +
10. Julij	+ ○ +
11. Julij	+ ○ +
12. Julij	+ ○ +
13. Julij	+ ○ +
14. Julij	+ ○ +
15. Julij	+ ○ +
16. Julij	+ ○ +
17. Julij	+ ○ +
18. Julij	+ ○ +
19. Julij	+ ○ +
20. Julij	+ ○ +
21. Julij	+ ○ +
22. Julij	+ ○ +
23. Julij	+ ○ +
24. Julij	+ ○ +
25. Julij	+ ○ +
26. Julij	+ ○ +
27. Julij	+ ○ +
28. Julij	+ ○ +
29. Julij	+ ○ +
30. Julij	+ ○ +
31. Julij	+ ○ +
1. Augustij	+ ○ +
2. Augustij	+ ○ +
3. Augustij	+ ○ +
4. Augustij	+ ○ +
5. Augustij	+ ○ +
6. Augustij	+ ○ +
7. Augustij	+ ○ +
8. Augustij	+ ○ +
9. Augustij	+ ○ +
10. Augustij	+ ○ +
11. Augustij	+ ○ +
12. Augustij	+ ○ +
13. Augustij	+ ○ +
14. Augustij	+ ○ +
15. Augustij	+ ○ +
16. Augustij	+ ○ +
17. Augustij	+ ○ +
18. Augustij	+ ○ +
19. Augustij	+ ○ +
20. Augustij	+ ○ +
21. Augustij	+ ○ +
22. Augustij	+ ○ +
23. Augustij	+ ○ +
24. Augustij	+ ○ +
25. Augustij	+ ○ +
26. Augustij	+ ○ +
27. Augustij	+ ○ +
28. Augustij	+ ○ +
29. Augustij	+ ○ +
30. Augustij	+ ○ +
31. Augustij	+ ○ +
1. Septembris	+ ○ +
2. Septembris	+ ○ +
3. Septembris	+ ○ +
4. Septembris	+ ○ +
5. Septembris	+ ○ +
6. Septembris	+ ○ +
7. Septembris	+ ○ +
8. Septembris	+ ○ +
9. Septembris	+ ○ +
10. Septembris	+ ○ +
11. Septembris	+ ○ +
12. Septembris	+ ○ +
13. Septembris	+ ○ +
14. Septembris	+ ○ +
15. Septembris	+ ○ +
16. Septembris	+ ○ +
17. Septembris	+ ○ +
18. Septembris	+ ○ +
19. Septembris	+ ○ +
20. Septembris	+ ○ +
21. Septembris	+ ○ +
22. Septembris	+ ○ +
23. Septembris	+ ○ +
24. Septembris	+ ○ +
25. Septembris	+ ○ +
26. Septembris	+ ○ +
27. Septembris	+ ○ +
28. Septembris	+ ○ +
29. Septembris	+ ○ +
30. Septembris	+ ○ +
31. Septembris	+ ○ +
1. Octobris	+ ○ +
2. Octobris	+ ○ +
3. Octobris	+ ○ +
4. Octobris	+ ○ +
5. Octobris	+ ○ +
6. Octobris	+ ○ +
7. Octobris	+ ○ +
8. Octobris	+ ○ +
9. Octobris	+ ○ +
10. Octobris	+ ○ +
11. Octobris	+ ○ +
12. Octobris	+ ○ +
13. Octobris	+ ○ +
14. Octobris	+ ○ +
15. Octobris	+ ○ +
16. Octobris	+ ○ +
17. Octobris	+ ○ +
18. Octobris	+ ○ +
19. Octobris	+ ○ +
20. Octobris	+ ○ +
21. Octobris	+ ○ +
22. Octobris	+ ○ +
23. Octobris	+ ○ +
24. Octobris	+ ○ +
25. Octobris	+ ○ +
26. Octobris	+ ○ +
27. Octobris	+ ○ +
28. Octobris	+ ○ +
29. Octobris	+ ○ +
30. Octobris	+ ○ +
31. Octobris	+ ○ +
1. Novembris	+ ○ +
2. Novembris	+ ○ +
3. Novembris	+ ○ +
4. Novembris	+ ○ +
5. Novembris	+ ○ +
6. Novembris	+ ○ +
7. Novembris	+ ○ +
8. Novembris	+ ○ +
9. Novembris	+ ○ +
10. Novembris	+ ○ +
11. Novembris	+ ○ +
12. Novembris	+ ○ +
13. Novembris	+ ○ +
14. Novembris	+ ○ +
15. Novembris	+ ○ +
16. Novembris	+ ○ +
17. Novembris	+ ○ +
18. Novembris	+ ○ +
19. Novembris	+ ○ +
20. Novembris	+ ○ +
21. Novembris	+ ○ +
22. Novembris	+ ○ +
23. Novembris	+ ○ +
24. Novembris	+ ○ +
25. Novembris	+ ○ +
26. Novembris	+ ○ +
27. Novembris	+ ○ +
28. Novembris	+ ○ +
29. Novembris	+ ○ +
30. Novembris	+ ○ +
31. Novembris	+ ○ +
1. Decembris	+ ○ +
2. Decembris	+ ○ +
3. Decembris	+ ○ +
4. Decembris	+ ○ +
5. Decembris	+ ○ +
6. Decembris	+ ○ +
7. Decembris	+ ○ +
8. Decembris	+ ○ +
9. Decembris	+ ○ +
10. Decembris	+ ○ +
11. Decembris	+ ○ +
12. Decembris	+ ○ +
13. Decembris	+ ○ +
14. Decembris	+ ○ +
15. Decembris	+ ○ +
16. Decembris	+ ○ +
17. Decembris	+ ○ +
18. Decembris	+ ○ +
19. Decembris	+ ○ +
20. Decembris	+ ○ +
21. Decembris	+ ○ +
22. Decembris	+ ○ +
23. Decembris	+ ○ +
24. Decembris	+ ○ +
25. Decembris	+ ○ +
26. Decembris	+ ○ +
27. Decembris	+ ○ +
28. Decembris	+ ○ +
29. Decembris	+ ○ +
30. Decembris	+ ○ +
31. Decembris	+ ○ +

3 - Anotações de Galileo sobre as "Estrelas Mediceanas"

Figura 4.12: Introdução às duas primeiras questões do formulário.

Fonte: <https://goo.gl/forms/CHinWqI8kpVNw2>.

Seguem duas questões ligadas ao assunto, mostradas na seguinte figura:

1. Esses corpos que se movem em torno de Júpiter são o quê? *

- a) Meteoróides
- b) Cometas
- c) Estrelas
- d) Asteroide
- e) Satélites

2. Os corpos observados por Galileo em torno de Júpiter têm luz própria? Por que brilham? *

- a) Não. Eles brilham porque refletem a luz do Sol, assim como a nossa Lua.
- b) Não. Eles brilham porque refletem a luz de Júpiter.
- c) Não. Eles brilham porque refletem a luz de outras estrelas.
- d) Sim. Eles brilham porque são pequenas estrelas que produzem luz.
- e) Sim. Eles brilham porque as superfícies desses corpos são extremamente quentes.

Figura 4.13: Duas primeiras questões do questionário.

Fonte: <https://goo.gl/forms/CHinWglOgl8kpVNw2>.

Um pequeno texto faz referência a rasgos luminosos no céu, e é acompanhado ainda por um pequeno vídeo que mostra o fenômeno. Veja na figura seguinte.

As vezes é possível ver rasgos brilhantes no céu de curta duração, principalmente a noite quando não são ofuscados pelo brilho do Sol. Estes fenômenos são chamados popularmente de "estrelas cadentes".



Figura 4.14: Introdução à 3ª Questão. Fonte: <https://goo.gl/forms/CHinWglOgl8kpVNw2>.

Segue então a 3ª questão, mostrada na próxima figura.

3. Uma forma mais apropriada para nos referirmos a estes fenômenos seria como: *

- a) Meteoritos
- b) Meteoroides
- c) Meteoros
- d) Cometas
- e) Meteoritos

Figura 4.15: 3ª questão do questionário. Fonte: <https://goo.gl/forms/CHinWglOgl8kpVNw2>.

Uma nova referência é feita a rochas de origem extraterrestre encontradas na superfície da Terra. como mostra a figura:

Os restos de pequenos corpos rochosos e/ou metálicos que vagam no Sistema Solar, muitas vezes conseguem chegar à superfície da Terra sem serem completamente desintegrados na atmosfera. Em 1784, foi encontrado no sertão baiano um desses corpos, a Pedra de Bendegó, que se encontra em exposição no Museu Nacional no Rio de Janeiro desde 1888.



1 - Pedra de Bendegó em exposição no Museu Nacional



2 - Área de impacto de rocha de origem extra-terrestre

Figura 4.16: Referência aos meteoritos. Fonte: <https://goo.gl/forms/CHinWglOgl8kpVNw2>

Segue a questão que aponta se os estudantes diferenciam meteoro de meteorito. Veja a seguir:

4. Como são chamadas as pedras de origem extraterrestre que chegam à superfície da Terra? *

- a) Asteroides
- b) Poeira cósmica
- c) Meteoroides
- d) Meteoros
- e) Meteoritos

Figura 4.17: 4ª questão do questionário. Fonte: <https://goo.gl/forms/CHinWglOgl8kpVNw2>

É feita uma referência aos asteroides e meteoroides, ainda que não citemos os termos. Veja a seguir:

Existem pequenos corpos rochosos e/ou metálicos com diâmetro entre 10m e centenas de quilômetros (não tão pequenos assim!), e que se espalham em uma região localizada entre 2 a 5 UA em relação ao Sol.

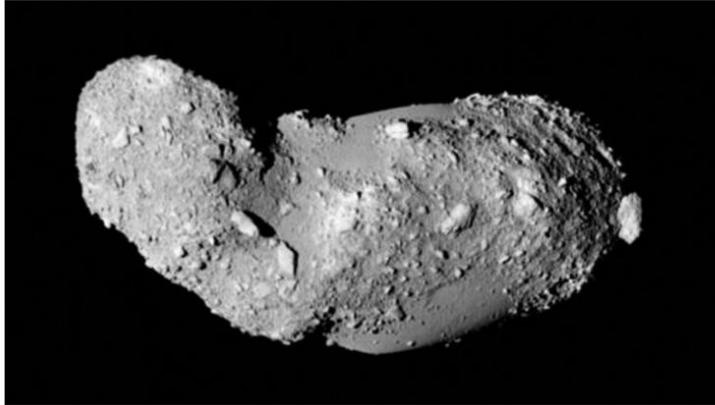


Figura 4.18: Referência aos asteroides. Fonte: <https://goo.gl/forms/CHinWglOgl8kpVNw2>

Seguem duas questões a respeito. Veja a seguir:

5. Como são chamados estes corpos? *

- a) Meteoritos
- b) Meteoros
- c) Meteoroides
- d) Asteroides
- e) Cometas

6. Como são chamados os pedaços de rochas ou de metal, que se deslocam pelo espaço interplanetário, e que possuem dimensões menores que 10 metros? *

- a) Meteoritos
- b) Meteoros
- c) Meteoroides
- d) Cometas
- e) Satélites

Figura 4.19: 5ª e 6ª questões do questionário. Fonte: <https://goo.gl/forms/CHinWglOgl8kpVNw2>

Em relação aos cometas, um pequeno texto introdutório busca destacar que são objetos distantes da Terra, e que ficam visíveis por um período

relativamente longo nas suas raras aproximações, de modo a reforçar para os estudantes a diferença entre estes objetos e os meteoros, em que estes, acontecem na atmosfera, e duram poucos segundos, ou frações de segundos. Veja a figura seguinte:

Existem pequenos corpos no Sistema Solar com dimensões de dezenas de metros a milhares de quilômetros, e que são formados por uma mistura de partículas refratárias, algumas substâncias orgânicas simples, e gelos (predominantemente d'água). Estes corpos são bastante escuros longe do Sol e, quando se aproximam do mesmo passam a apresentar 2 caudas brilhantes em direções concorrentes. Nessa fase, podem ser vistos por um período de algumas noites no céu ou mesmo por alguns meses, as vezes mesmo sem o auxílio de equipamentos. Estes corpos têm períodos bem regulares, e suas aparições podem ser previstas pelos astrónomos.



Figura 4.20: Referência aos cometas. Fonte: <https://goo.gl/forms/CHinWglOgl8kpVNw2>

As três questões seguintes tratam, além do reconhecimento dos cometas, a localização destes, e dos asteroides no Sistema Solar. As questões estão na figura seguinte.

7. Como são chamados estes corpos? *

- a) Asteroides
- b) Cometas
- c) Meteoroides
- d) Meteoritos
- e) Satélites

8. É possível que existam asteroides espalhados por todo o Sistema Solar, mas em que região(ões) são mais encontrados? *

- a) Na Nuvem de Oort;
- b) No Cinturão Principal;
- c) Na órbita de Júpiter;
- d) No Cinturão de Kuiper;
- e) No Cinturão Principal e Cinturão de Kuiper.

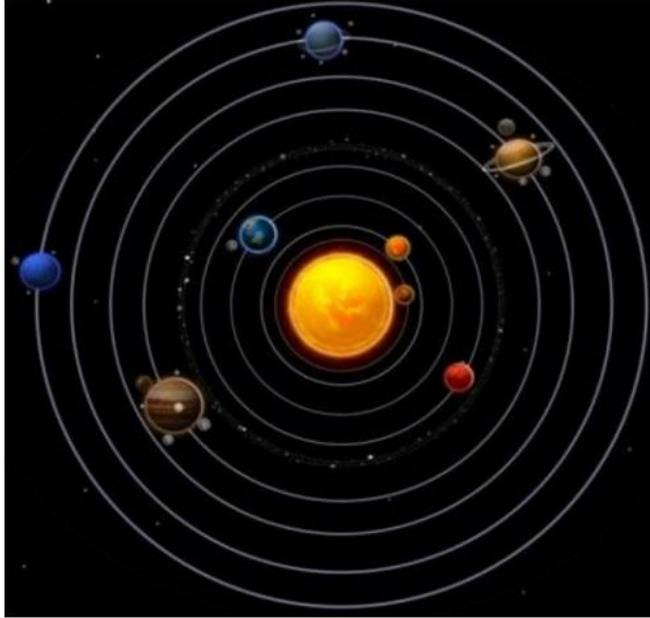
9. Os cometas vêm de que região(ões) do Sistema Solar? *

- a) Da Nuvem de Oort;
- b) Do Cinturão Principal;
- c) Da órbita de Júpiter;
- d) Do Cinturão de Kuiper e da Nuvem de Oort;
- e) Do Cinturão Principal e Cinturão de Kuiper.

Figura 4.21: 7^a, 8^a e 9^a questões do questionário. Fonte: <https://goo.gl/forms/CHinWqIQgl8kpVNw2>

A introdução das questões seguintes trata da quase coplanaridade orbital dos planetas. Busca verificar se os estudantes compreendem que muitos asteroides e cometas têm planos orbitais com diferentes inclinações em relação à eclíptica. Veja a figura seguinte.

As órbitas dos planetas são praticamente circunferências concêntricas com o Sol no centro, e ficam todas aproximadamente em um mesmo plano imaginário. Podemos fazer uma analogia entre estas órbitas e um disco, o qual a figura abaixo procura (muito mal)* representá-lo.



*A figura está totalmente FORA DE ESCALA. Caso o Sol tivesse o tamanho representado, os planetas estariam muito, muito mais distantes, as distâncias entre as órbitas seriam diferentes, os planetas pareceriam pontos, e a figura certamente não caberia no terreno da nossa escola. As linhas representam as órbitas dos planetas. Obviamente não são visíveis como na figura!

Figura 4.22: Introdução sobre a quase coplanaridade orbital dos planetas. Fonte: <https://goo.gl/forms/CHinWqIOgl8kpVNw2>

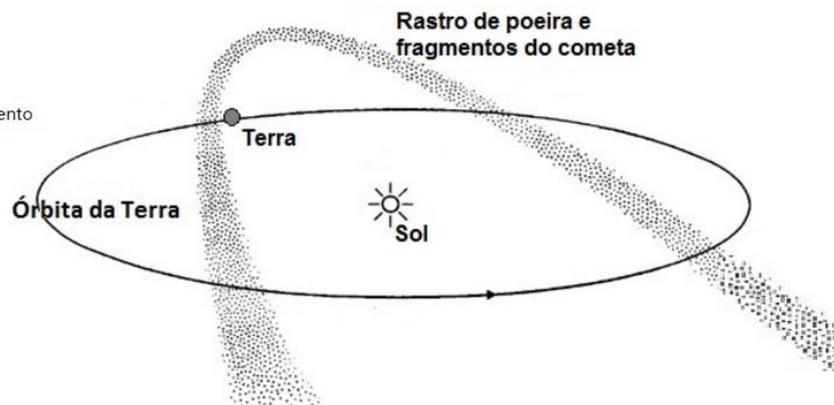
A 10ª questão busca verificar se os alunos leram e entenderam na sistematização, de que muitos asteroides e cometas têm plano orbital com diferentes inclinações em relação à eclíptica, ou ao disco que contém os planetas do Sistema Solar. A 11ª, lembra que os cometas despreendem grãos ao se aproximarem da região dos planetas interiores, produzindo rastros de partículas em sua órbita, que provocam as chuvas de meteoros na Terra. A última questão, faz alusão ao radiante desse fenômeno. Veja na figura seguinte.

10. As órbitas de TODOS os asteroides e cometas do Sistema Solar também ficam neste mesmo plano? *

- a) Sim. As órbitas de todos os corpos do Sistema Solar se encontram neste plano.
- b) Não. Existem asteroides e cometas com órbitas que ficam neste plano, mas também com órbitas que cru
- c) Não. As órbitas de todos os asteroides e cometas não ficam neste plano, mas cruzam por ele.
- d) Sim. As órbitas de todos os asteroides e cometas se encontram neste plano.
- e) Não. Apenas os asteroides têm órbitas que cruzam este plano.

11. Os cometas desprendem pequenos grãos de poeira e fragmentos de rocha que permanecem em sua órbita, principalmente no trecho mais próximo ao Sol (região dos planetas rochosos). Que fenômeno é observado quando a Terra cruza com a órbita de um desses cometas e diversos fragmentos entram na atmosfera? *

- a) Meteoração
- b) Chuva de Meteoros
- c) Bólide
- d) Periélio
- e) Alinhamento



12. Os detritos que se desprendem dos cometas viajam em órbitas quase paralelas, e ao entrarem na atmosfera formam riscos de luz que parecem surgir de um mesmo ponto por causa do efeito de perspectiva. Esse ponto é chamado de:

- a) Nucleante
- b) Vernal
- c) Gama
- d) Radiante
- e) Zênite

Figura 4.23: 10^a, 11^a e 12^a questões do questionário. Fonte: <https://qoo.gl/forms/CHinWqIOgl8kpVNw2>

Por fim, apresentamos uma última figura que mostra como seria o registro no tempo dos meteoros no período daquela chuva, para um observador que olhe na direção do radiante, ainda que não mencionemos o termo.

O efeito de perspectiva é semelhante aos trilhos paralelos de uma ferrovia que parecem convergir para um ponto muito distante.



Figura 4.24: O radiante das chuvas de meteoros.

Fonte: <https://goo.gl/forms/CHinWglOgl8kpVNw2>

- 4º - Trabalho final (individual)

A próxima atividade pede que o estudante encontre 2 dados a respeito de um NEO escolhido a partir de uma lista na internet: a sua distância em relação ao Sol e a Terra no dia 31 de dezembro de 2016.

Mas por que esta data? o motivo é simples. O link indicado na lista leva a uma página em que os dados são gerados para o dia do acesso, e para que o alunos possam interagir com página, escolhemos uma data específica para forçá-los a ajustar para uma nova data.

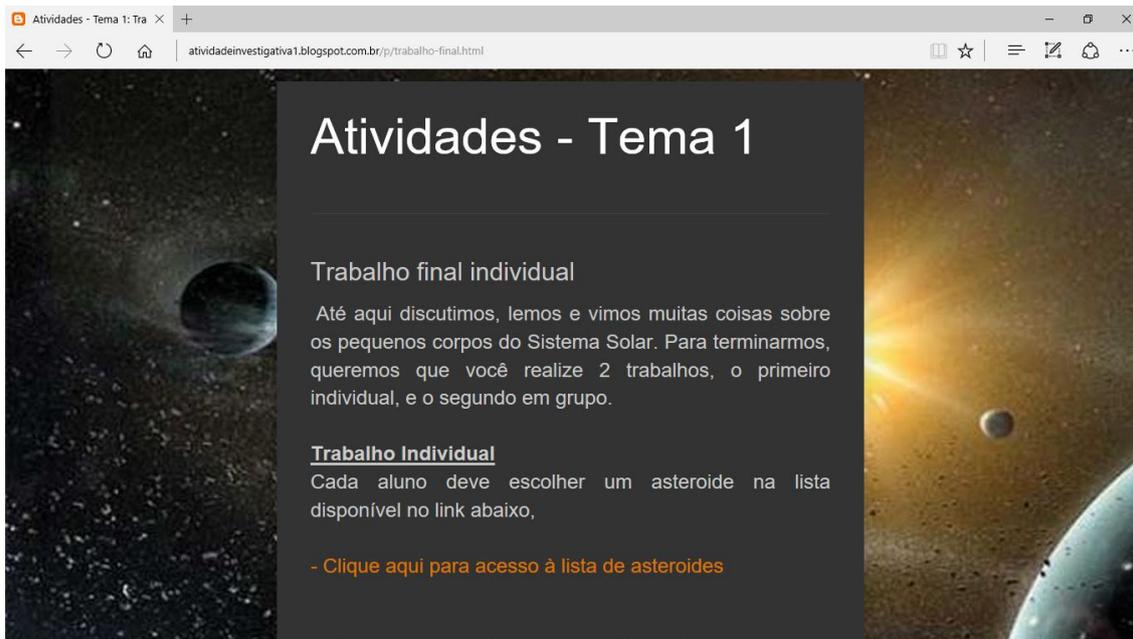


Figura 4.25: Trabalho final individual: busca por dados sobre um asteroide.
 Fonte: <http://atividadeinvestigativa1.blogspot.com.br/p/trabalho-final.html>.

A figura seguinte mostra a reprodução parcial da lista com os asteroides.

Target Asteroids! List of Near-Earth Asteroids and Asteroids Analogous to (101955) Benu

Object	MPC Ephemerides Designation	Name	Link to MPC	Orbit/family	PHA	Spectral class	Link to JPL Small Bodies website	Link to Near-Earth Objects Dynamic Site	Comments	Date added to List	Data submitted by Target Asteroids! Observers
(3200) Phaethon	3200	Phaethon	MPC	Apollo			JPL NEO	NEODYS-2		Oct. 2013	X
(3361) Orpheus	3361	Orpheus	MPC	Apollo	PHA	V	JPL NEO	NEODYS-2		Feb. 2012	X
(7350) 1993 VA	7350		MPC	Apollo		carbonaceous?	JPL NEO	NEODYS-2		Feb. 2012	X
(7753) 1988 XB	7753		MPC	Apollo	PHA		JPL NEO	NEODYS-2		Apr. 2013	
(7888) 1993 UC	7888		MPC	Apollo			JPL NEO	NEODYS-2		Jan. 2013	X
(10302) 1989 ML	10302		MPC	Aten	PHA	E	JPL NEO	NEODYS-2		Feb. 2012	X
(25143) Itokawa	25143	Itokawa	MPC	Apollo	PHA	Sq	JPL NEO	NEODYS-2	Hayabusa target	Feb. 2012	
(52381) 1993 HA	52381		MPC	Amor			JPL NEO	NEODYS-2		Feb. 2012	
(52760) 1998 ML14	52760		MPC	Apollo	PHA		JPL NEO	NEODYS-2		Oct. 2013	X
(65717) 1993 BX3	65717		MPC	Apollo	PHA		JPL NEO	NEODYS-2		Feb. 2012	
(68278) 2001 FC7	68278		MPC	Amor		B/Ch	JPL NEO	NEODYS-2		Feb. 2012	X
(89136) 2001 US16	89136		MPC	Apollo	PHA		JPL NEO	NEODYS-2		Feb. 2012	
(98943) 2001 CC21	98943		MPC	Apollo		L	JPL NEO	NEODYS-2		Feb. 2012	
(99799) 2002 LJ3	99799		MPC	Amor			JPL NEO	NEODYS-2		Feb. 2012	X
(101955) Benu	101955	Benu	MPC	Apollo	PHA	B	JPL NEO	NEODYS-2	OSIRIS-REx target	Feb. 2012	X
(10302) 1989 ML	10302		MPC	Amor			JPL NEO	NEODYS-2		Feb. 2012	
(136635) 1994 VA1	136635		MPC	Amor			JPL NEO	NEODYS-2		Feb. 2012	
(137126) 1999 CF9	137126		MPC	Apollo	PHA	Q	JPL NEO	NEODYS-2		Apr. 2013	X
(137799) 1999 YB	137799		MPC	Amor		Sq	JPL NEO	NEODYS-2		Feb. 2012	

Figura 4.26: Reprodução parcial da lista com os NEOS. Fonte: http://www.asteroidmission.org/wp-content/uploads/2014/08/TargetAsteroidsList_v7_1406122.pdf

A figura seguinte apresenta a página apontada com o esquema da órbita, controles interativos, e o local onde são encontrados as informações pedidas para o asteroide *Itokawa*, como exemplo, em 31 dez. 2016..



Figura 4.27: Página com a animação da órbita do asteroide Itokawa.

Fonte: <http://neo.ssa.esa.int>.

A figura seguinte mostra a página na qual quem escolhesse o asteroide Itokawa deveria encontrar estes dados>.

A análise dos resultados deste questionário são apresentados na seção seguinte, em [4.3.2](#).

- 5º - Produção em grupo sobre o tema.

Paralelamente a realização das atividades anteriores descritas, cada grupo, nos quais a turma foi dividida na 1ª aula, deveria preparar um trabalho sobre **um** dos tópicos abaixo:

- Meteoroides;
- Asteroides;
- Cometas;
- Satélites;
- Meteoros;
- Chuva de meteoros;
- Meteoritos;
- Impactos de asteroides e cometas com a Terra.

A produção poderia ser um texto (com figuras), uma apresentação no *Power Point*, um vídeo gravado e editado pelo grupo, ou mesmo um blog.

Ressaltamos a importância de que todos participassem da elaboração, e da apresentação na semana seguinte, 26 de abril. O trabalho também deveria ser entregue em formato digital para divulgação na página do blog da disciplina. A figura seguinte mostra a página (B1P4) com as orientações para a produção deste trabalho.

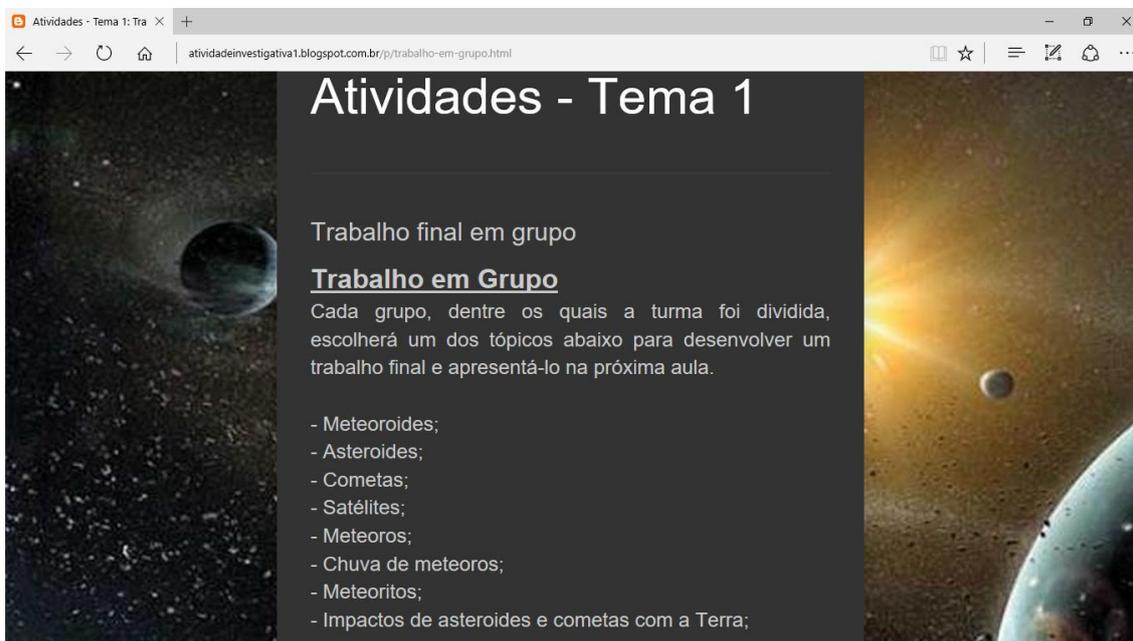


Figura 4.28: Trabalho final em grupo: produção e apresentação de um tema correlato.
Fonte: <http://atividadeinvestigativa1.blogspot.com.br/p/trabalho-em-grupo.html>

No prazo determinado, alguns arquivos digitais foram encaminhados ao professor, os quais disponibilizados na página para divulgação de produções no blog⁶² da disciplina de Física.

As apresentações não puderam ser realizadas pelo agravamento na condições de funcionamento da escola. Na semana marcada para as apresentações, a falta de pessoal de apoio, tanto em relação à cozinha (não sendo possível oferecer as refeições), quanto à segurança do campus, nos fez suspender o encontro para o 26 de abril. Lembramos que as aulas só retornaram em meado de julho.

4.3 Resultados observados na aplicação

Apresentamos nesta seção os resultados da aplicação das atividades sobre os pequenos corpos do Sistema Solar. Embora não tenhamos

⁶²Blog da disciplina de Física da ETE Henrique Lage:
<http://eteh1.gilbertofisica.pro.br/p/trabalhos-produzidos.html>.

reproduzido as falas gravadas nos episódios em sala de aula, enquadrando-as segundo os indicadores de alfabetização científica, como no exemplo do [quadro 2.1.2](#), buscamos por estes indicadores nas respostas registradas no formulário inicial dadas pelos grupos à primeira pergunta. A seguir, passamos a apresentar estes resultados

1º - Em relação à receptividade das atividades propostas

Destacamos que os estudantes mostraram-se muito receptivos às atividades propostas, que pode ser percebido através da satisfação, interesse e ativa participação na realização das etapas, e que podem ser verificadas nos imagens, áudios e vídeos que disponibilizamos no blog destinado aos professores <<http://atividade1professor.blogspot.com.br>>. Eles mostraram também que gostaram de poder utilizar os seus *smartphones* durante a aula. Não registramos nenhum tipo de incidente ou desvios em relação ao uso daqueles dispositivos na realização das atividades. Abaixo, apresentamos um registro fotográfico durante as discussões em grupo sobre as perguntas iniciais.



Figura 4.29: Momento da discussão em grupo. Fonte: Registro fotográfico do próprio autor, abril de 2016.

2º - Em relação às respostas da primeira pergunta

Como detalhamos em [4.2.2](#) sobre a aplicação das atividades, após as discussões internas a respeito das duas perguntas iniciais do formulário, obtemos as respostas constantes na planilha atrelada ao mesmo. O alunos do grupo B se equivocaram e não enviaram as suas respostas. As demais foram

transcritas para o quadro a seguir, o qual também constam os indicadores que identificados para cada uma delas. Lembramos que foram transcritas exatamente como os alunos enviaram.

Quadro 4.2: Análise das respostas dadas à primeira pergunta com a os indicadores de alfabetização científica identificados.

1. Como explicar o número muito menor de crateras de impacto na Terra que na Lua?		
Grupo	Explicação dada	Indicadores
F	Por causa da atmosfera. A pressão atmosférica é tão forte que faz com os causadores dos impactos pegam fogo e até explodem antes de se chocar com a superfície.	<ul style="list-style-type: none"> • Raciocínio lógico • Explicação
A	Porque a gravidade da lua é muito baixa, com isso atrai os objetos que vão colidi-la e a terra por possuir uma atmosfera evita com que os objetos chegue a solo se desgastando no próprio ar.	<ul style="list-style-type: none"> • Explicação
C	Qualquer corpo estranho que entra na atmosfera da Terra, explode ou se deteriora antes de tocar na superfície. Pode encostar, mas causará um impacto menor que o previsto.	<ul style="list-style-type: none"> • Levantamento de hipótese • Previsão
D	Pois a Terra possui uma camada de atmosfera e a lua não. Ou seja, essa camada acaba "protegendo a Terra" e diminuindo o impacto de meteoros e outras coisas que poderiam atingi-la. Já na lua, por não ter essa camada, acabam-se criando crateras.	<ul style="list-style-type: none"> • Raciocínio lógico • Levantamento de hipótese • Previsão • Explicação
E	Porque 80% da superfície da Terra é coberta por água, dessa forma, os impactos causados não resultam em crateras visíveis. A lua, por sua vez, possui uma superfície sólida e densa, então os impactos resultam em crateras visíveis.	<ul style="list-style-type: none"> • Classificação de informações • Raciocínio lógico • Previsão • Explicação

Fonte: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/11jnzSGxerOAvOorj0it3Qq9SuBF7uYNw8kQz5tHWjL8/edit?usp=sharing>

Podemos verificar nas explicações anteriores que todas citam a atmosfera terrestre como causa para que não sejam encontradas tantas crateras na Terra quanto na Lua, o que mostra certo conhecimento dos estudantes em relação à proteção que a atmosfera oferece contra as colisões de rochas provenientes do espaço. Nenhum grupo apresentou a hipótese de que muitas crateras de impacto teriam sido apagadas por ação das intempéries através do tempo, em milhares, milhões de anos (erosão); que aliás, teria sido a melhor explicação para o problema.

3º - Em relação às respostas da segunda pergunta

Apresentamos as respostas dadas no quadro seguinte. Novamente, lembramos que foram transcritas como os alunos enviaram.

Quadro 4.3: Respostas dadas pelos dos grupos à segunda pergunta da atividade sobre os pequenos corpos do Sistema solar.

2. O que pode provocar uma cratera de impacto?	
F	Os meteoros, meteoritos, asteróides ou lixos espaciais.
A	Corpos celestes pequenos como meteoros, asteróides, meteoritos etc.
C	Satélite, meteoros, meteoritos e asteroides.
D	Meteoros, Lixo Espacial, Satélites desativados, pedaços de foguete.
E	Objetos como Meteoros, asteróides, meteoritos, lixo espacial ou satélites

Fonte: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/11jmzSGxerOAvOorj0it3Qg9SuBF7uYNw8kQz5tHWjL8/edit?usp=sharing>

Percebe-se que os estudantes conhecem alguns corpos que podem causar crateras de impacto, embora também demonstrem que não sabem que os meteoros são fenômenos ocorridos na atmosfera pela queima de meteoroides ao atravessarem a atmosfera. Também consideram os meteoritos como um corpo que pode produzir crateras, e não o que restou do objeto original depois de ser desintegrado pela atmosfera e chegado à superfície. Destacaram ainda o lixo espacial como causador de crateras de impacto, embora sabemos que os objetos artificiais na órbita da Terra em desuso (lixo espacial) e que venham a cair, não produzam crateras de impacto que marque significativamente a Terra. Mas foi interessante a lembrança de que estes objetos podem oferecer riscos na sua queda.

4º - Em relação ao debate com toda turma

Após a verificação das respostas que os grupos apresentaram (com exceção do grupo B), os estudantes, num debate geral promovido com toda turma, levantaram pontos relevantes que nos levam ao que tratamos em [2.1.1](#), sobre a importância da educação científica, que permite a participação em discussões públicas sobre assuntos importantes ligados à ciência e à tecnologia. Foram os seguintes os pontos destacados:

- O problema do lixo espacial;
- A necessidade da vigília (monitoramento) em relação ao objetos que podem trazer perigos à Terra;
- A conclusão de que as crateras de impacto podem ser apagadas devido a ação das intempéries com o tempo (erosão). Esta conclusão só foi apontada pelos estudantes após o professor lembrar que muitas crateras da Lua tinham milhões de anos, porque lá não havia atmosfera, oceanos, florestas, chuva, vento.
- Questionaram porque não é dado muito importância na escola ao estudo de temas sobre a Astronômicos.

A corrida entre as nações para o desenvolvimento de tecnologia espacial e conquista do espaço vem deixando uma imensa quantidade de objetos à deriva em torno da Terra. Esses objetos podem oferecer riscos àqueles no solo. Em dezembro de 2014, notícias vinculadas em diversos meios de comunicação mostraram um tanque de um foguete norte-americano que caiu num sítio em Mato Grosso do Sul. A figura seguinte mostra a sua entrada na atmosfera durante a noite, e o objeto no solo.



Figura 4.30: Imagem da entrada na atmosfera de um tanque de foguete americano que caiu no Mato Grosso do Sul. Fonte: Reportagem portal G1, 29 dez 2014. Disponível em: <http://g1.globo.com/mato-grosso-do-sul/noticia/2014/12/objeto-que-caiu-em-sitio-de-ms-pode-ser-lixo-espacial-acredita-geofisico.html>.

Em 1979, a queda da 1ª estação espacial norte-americana (Skylab⁶³) causou muita apreensão nos dias que antecederam o evento. A preocupação mundial foi: atingiria alguma cidade, pessoas? Os fragmentos acabaram caindo

⁶³ Conheça a história da Skylab no seguinte endereço: <http://www.zenite.nu/skylab>.

no Oceano Índico, sem causar estragos, a não ser ao projeto espacial norte-americano.

O perigo potencial dos NEOs ao planeta faz com que sejam criados importantes projetos de busca e monitoramento desses corpos por governos e instituições em todo o mundo. No Brasil, o projeto *Impacton*⁶⁴, do Observatório Nacional, realiza o acompanhamento e estudo das propriedades físicas de pequenos corpos já descobertos nas cercanias da Terra. A página do projeto na web esclarece que esse trabalho é importante para se para aumentar o conhecimento sobre a natureza desses corpos, e é essencial para a prevenção de catástrofes que possam afetar o planeta e, conseqüentemente, a humanidade.

Fazendo uma analogia com uma nave espacial, o "para brisa" da nossa "espaçonave", a Terra, seria a sua atmosfera. No entanto, só ofereceria proteção contra objetos menores, os grandes asteroides e cometas, que já nos atingiram, e podem nos atingir, não podem ser completamente desintegrados por ela. As marcas destas colisões foram apagadas pela erosão, e é natural que os nossos estudantes não venham a levantar esta hipótese de imediato.

O último ponto levantado também nos faz refletir em como o tema Astronomia é tão pouco explorado nas salas de aula. As fases da Lua e as estações do ano que se sucedem e regem os calendários, a dança dos planetas entre as estrelas fixas, o número inimaginável de exoplanetas e da possível existência de vida extraterrestre, os pequenos corpos que oferecem risco de extinção da própria existência humana, poderiam ser melhor abordados, através da Astronomia com tema contextualizador no ensino das Ciências.

5º - Em relação à Receptividade das atividades externas (online)

Após a retomada das aulas, em julho, depois do fim da greve, os alunos fizeram muitos comentários de que gostaram bastante de realizar as atividades *online* (que chamamos de "externas"), e que nunca tinham realizado esse tipo de tarefa em outras disciplinas na escola. Alguns reclamaram apenas da dificuldade do carregamento da página do [NEO-DyS](http://www.on.br/impacton) (*Near-Earth Objects*)

⁶⁴Página do projeto Impacton na web: <http://www.on.br/impacton>.

Dynamic Site) que utilizamos em certa atividade, e que mostra a animação das órbitas de muitos asteroides. Mas este fato não os impediu de realizar a tarefa proposta.

6º - Em relação ao questionário individual

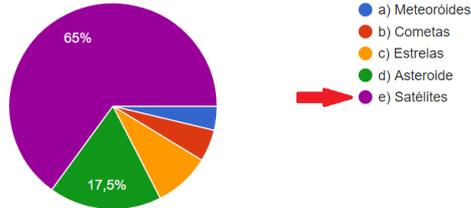
O formulário que reúne as respostas numa planilha, também gera gráficos com estatísticas que podem ser utilizadas para a análise de resultados. É importante observarmos que os gráficos que mostramos a seguir foram gerados em julho, após termos aplicado as mesmas atividades em duas outras turmas, de forma que os índices informados ali correspondem a três turmas, a 1122 (43 respostas), em que a aplicação aconteceu em abril, 1422 (4 respostas) e 1222 (11 respostas), em que as aplicações aconteceram em junho⁶⁵ e julho, respectivamente. Nem todos os alunos das turmas 1422 e 1222 tinham respondido ainda ao questionário, portanto, a maioria das respostas ainda eram da turma 1122.

Ainda assim, acreditamos que este fato apenas corrobora para nos proporcionar uma análise mais abrangente, e acreditar nos resultados que apontam a aprendizagem do tema, segundo o que verificaremos a seguir.

As figuras 4.31 e 4.32 mostram os gráficos com os percentuais das respostas escolhidas pelos estudantes para cada questão do questionário. A resposta considerada melhor, ou correta, está indicada pela seta vermelha.

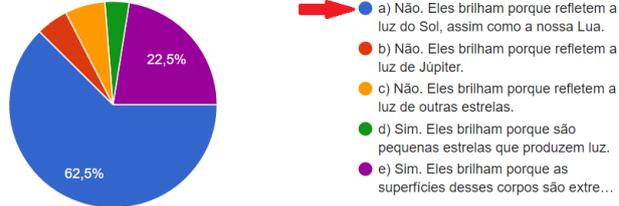
⁶⁵Apesar de ter aderido à greve, retornei ao trabalho antes do seu término, ainda em junho. A greve só acabou após assembleia da categoria no dia 7 julho, com retorno às aulas "normais" em 11 de julho.

1. Esses corpos que se movem em torno de Júpiter são o quê? (80 respostas)



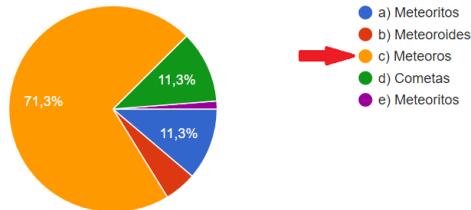
2. Os corpos observados por Galileo em torno de Júpiter têm luz própria? Por que brilham?

(80 respostas)



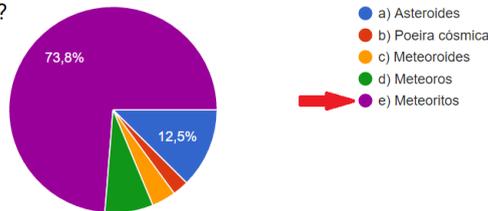
3. Uma forma mais apropriada para nos referirmos a estes fenômenos seria como:

(80 respostas)

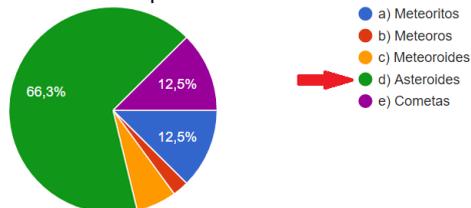


4. Como são chamadas as pedras de origem extraterrestre que chegam à superfície da Terra?

(80 respostas)



5. Como são chamados estes corpos? (80 respostas)



6. Como são chamados os pedaços de rochas ou de metal, que se deslocam pelo espaço interplanetário, e que possuem dimensões menores que 10 metros?

(80 respostas)

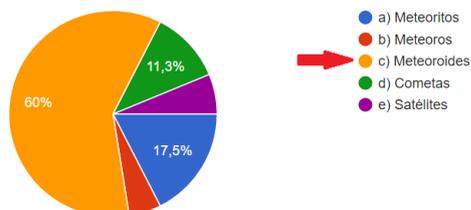
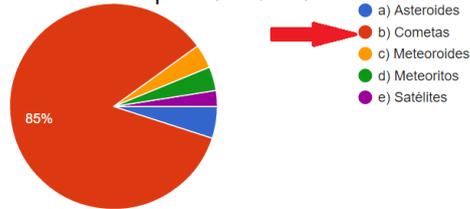


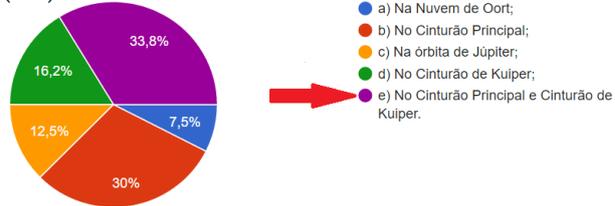
Figura 4.31: Resultados percentuais da 1ª à 6ª questão do questionário.

Fonte: <https://goo.gl/forms/CHinWglOgl8kpVNw2>

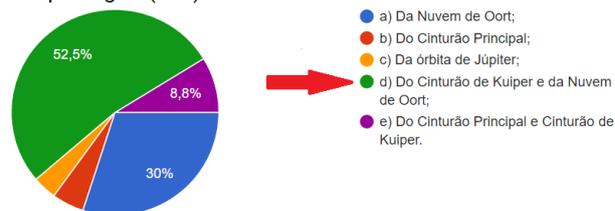
7. Como são chamados estes corpos? (80 respostas)



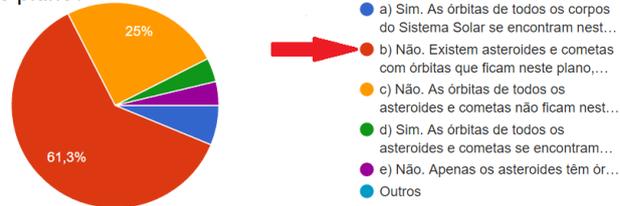
8. É possível que existam asteroides espalhados por todo o Sistema Solar, mas em que região(ões) são mais encontrados? (80 respostas)



9. Os cometas vêm de que região(ões) do Sistema Solar? (80 respostas)

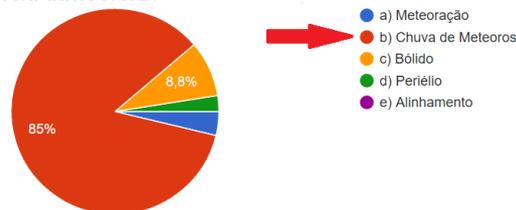


10. As órbitas de TODOS os asteroides e cometas do Sistema Solar também ficam neste mesmo plano? (80 respostas)



11. Os cometas desprendem pequenos grãos de poeira e fragmentos de rocha que permanecem em sua órbita, principalmente no trecho mais próximo ao Sol (região dos planetas rochosos). Que fenômeno é observado quando a Terra cruza com a órbita de um desses cometas e diversos fragmentos entram na atmosfera?

(80 respostas)



12. Os detritos que se desprendem dos cometas viajam em órbitas quase paralelas, e ao entrarem na atmosfera formam riscos de luz que parecem surgir de um mesmo ponto por causa do efeito de perspectiva. Esse ponto é chamado de:

(78 respostas)

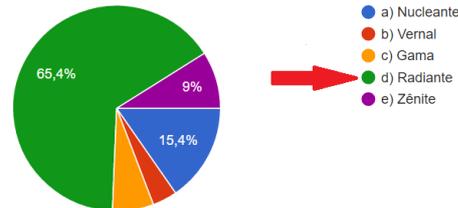


Figura 4.32: Resultados percentuais da 7ª à 12ª questão do questionário.

Fonte: <https://goo.gl/forms/CHinWglOgl8kpVNw2>

Verifiquem que, com exceção das questões 8 e 9, todas tiveram um percentual igual, ou acima de 60% do que esperávamos que passassem a conhecer. Os dois maiores índices das questões 8 e 9 podem ser justificados porque alguns alunos consideraram que só existem asteroides no cinturão principal, e cometas apenas no cinturão de Kuiper. Mas em geral, mostra que avançaram bastante em relação às ideias e argumentos colocados na discussão inicial na sala de aula.

7º - Em relação à busca de dados sobre NEOs

Na atividade em que pedimos para que encontrassem no site NEODyS a distância que um asteroide, escolhido por eles a partir de uma [lista](#), estariam do Sol e da Terra no dia 31 de dezembro de 2016, além de outras informações que julgassem interessantes, obtemos as respostas transcritas para o [Anexo C](#), ou na planilha atrelada ao respectivo formulário, disponível no seguinte endereço:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1NuoWy6PvYBRRoRXeZwKC B9hp_V4Xy4Wxqrf8TOLlo9g/edit?usp=sharing>.

A primeira pergunta, de caráter objetivo, mostrou que a maioria dos estudantes conseguiu as informações solicitadas. Quanto à segunda pergunta, mais aberta, obtemos interessantes resultados, da qual analisamos algumas respostas e apontamos alguns indicadores, que apresentamos no quadro seguinte.

Quadro 4.4: Análise de algumas respostas de outras informações sobre os NEOs escolhidos pelos estudantes.

NEO	Distância à Terra	Distância ao Sol	Que outras informações você encontrou sobre esse asteroide e considerou importantes?	Indicadores
Toutatis	0,251 UA	1,046 UA	Sua família é Apollo. Pesquisando em outras fontes descobri que asteroide Toutatis passa pela Terra a cada quatro anos. O mais próximo que chegou da Terra foi 13/12/12, quando o asteroide passou há 7 milhões km da Terra, 18 vezes mais longe do que a Lua.	<ul style="list-style-type: none"> • Organização de informações;

Continua.

Continuação do **Quadro 4.4.**

(3361) Orpheus	2.131 AU	1.246 AU	De 4 em 4 anos ele passa a uma distância menor da Terra. (Dia 7/12/2013 esteve a 0.103 in AU, dia 24/11/2017 vai estar a 0.061 in AU, dia 19/11/2021 e 22/11/2025 vai estar a 0.041 in AU de distância da Terra...)	<ul style="list-style-type: none"> • Organização de informações.
Itokawa	3.252 in AU	2.273 in AU	Ele é da família Apollo e é alvo da espaçonave Hayabusa (Não compreendi todas as informações então tentei interpretar da melhor forma possível)	<ul style="list-style-type: none"> • Organização de informações
Phaethon	299,874,558 km	299,943,730	É um asteroide Apollo com uma órbita incomum que o traz para mais perto do Sol do que qualquer outro asteroide. Foi o primeiro asteroide a ser descoberto através de imagens de uma nave espacial. Sua órbita é mais semelhante a de um cometa do que a de um asteroide. É classificada como do tipo B asteroide porque é composto de material escuro.	<ul style="list-style-type: none"> • Organização de informações. • Classificação de informações.
(10302) 1989 ML	259,701,903 KM	176,824,683 KM	Ele foi descoberto no dia 29 de junho de 1989 por Eleanor F. Helin e Jeff Alu. Ele é um asteroide cruzador de Marte, ou seja, sua órbita cruza com a de Marte.	<ul style="list-style-type: none"> • Organização de informações. • Raciocínio lógico

Fonte: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1NuoWy6PvYBRRoRXeZwKCB9hp_V4Xy4W_xqrf8TOLlo9g/edit?usp=sharing

Na segunda pergunta, verificamos que os estudantes buscaram organizar as informações, embora percebemos que algumas respostas eram parecidas. O que ainda não as desmerecem, já que poderiam buscá-las com a ajuda dos colegas.

8º - Em relação ao trabalho final em grupo.

Dos grupos da turma 1122, que deveriam ter apresentado o trabalho final no dia 26 de abril, apenas dois grupos entregaram o arquivo digital solicitado. Compreendemos porque as apresentações planejadas não aconteceram, como já justificamos. Grupos das turmas 1222 e 1422 entregaram também alguns trabalhos. Novamente reitero que as condições precárias da escola, impondo o funcionamento em meio turno, sem refeições para os estudantes, sem mesmo marcador de quadro para os professores, não tem nos dado condições para realizar um trabalho como gostaríamos. Para que o leitor tome conhecimento do crime que o Estado do Rio de Janeiro comete

contra estes estudantes, os encontros com estas turmas têm acontecido semana sim, outra não, determinado pela própria FAETEC.

Estas produções em grupo estão postados na página do blog da disciplina no endereço <<http://eteh.gilbertofisica.pro.br/p/trabalhos-produzidos.html>>.

Capítulo 5

Consideração finais

Certamente muitos problemas dos quais nos deparamos em sala de aula têm relação com a falta de políticas educacionais sérias e continuadas de responsabilidade dos governos municipal, estadual e federal, sobre os quais não nos detemos neste trabalho. Outros são de natureza didática-metodológica e ligados ao ensino das ciências, em particular da Física, e vão das práticas tradicionais baseadas na transmissão do conhecimento e do papel passivo do estudante em sala de aula, como expusemos na seção 2.1, até a resistência das escolas em relação ao uso das novas tecnologias da informação e comunicação (NTIC) no ensino, por razões expostas em 2.2.2.

Esta resistência vai na contramão de uma sociedade cada vez mais imersa em tecnologias e interconectada pela internet, fazendo com que as escolas sejam vistas pelos estudantes como lugares atrasados e pouco estimulantes. Em 1991, quando não tínhamos ainda a internet, What'sApp, Facebook, o grupo Capital Inicial já cantava para os jovens: "as melhores coisas se aprendem na escola, mas não na sala de aula" ([CAPITAL INICIAL, 1991](#)). Imaginem as tentações atuais oferecidas aos estudantes fora (e dentro) da sala de aula?! Essa citação talvez nos ajude a compreender um pouco porque os estudantes se dispersam tanto durante as aulas.

Com o objetivo de mostrarmos algumas possíveis soluções apontadas por diversos autores e pesquisadores a estes problemas, dedicamos as primeiras seções do capítulo 2 (Referencial teórico) para apresentar importantes trabalhos que abordam a necessidade da renovação do ensino das ciências. Nessa trajetória, tratamos da importância da educação científica para todos, de forma a permitir que os cidadãos possam nortear as suas ações e decisões sobre os mais diversos e importantes temas, como também em situações cotidianas, fundamentados no conhecimento científico alcançado através da alfabetização científica, e não por "achismo", misticismo ou ímpeto, que normalmente culminam nos mais desastrosos resultados. Embora esta meta possa parecer utópica diante de uma sociedade com tantas desigualdades e injustiças, que precisam ser combatidas para que alcancemos

um mundo melhor, não podemos abandoná-la, sob pena de vermos aquelas mazelas sociais se ampliarem ainda mais.

Ao abordarmos o ensino por investigação como estratégia que dá um papel ativo aos estudantes na construção do próprio conhecimento, bem como espaço e voz traduzidos por discussões e debates que acontecem em sala de aula, vimos que o conhecimento alcançado passa a ser significativo não pela importância do conceito ou conhecimento apreendido, mas por ser alcançado pelo próprio estudante, passando a ser efetivamente **dele**. Estes debates e discussões também são importantes na identificação dos indicadores de alfabetização científica que, como expusemos, mostram tanto como os estudantes avançam em relação à aprendizagem, quanto à forma com que passam a construir os conhecimentos. Verificamos ainda que as perguntas são fundamentais nesta estratégia de ensino.

Também não olvidamos a questão da formação do professor diante destes problemas. Nesse sentido, suscitamos a discussão sobre a necessidade da superação da visão deformada da Ciência e da Tecnologia, principalmente por parte do professor que, como esclarecem Cachapuz *et al* (2011), visa mudar a ideia de que a Ciência é feita por poucos e para poucos, através de um suposto e engessado "método científico", e que a Tecnologia é apenas subproduto da Ciência.

Como dissemos, abordamos ainda no referencial teórico a resistência das escolas em relação ao uso das novas tecnologias da informação e comunicação, hoje tão presentes e fundamentais nos mais diversos setores. Neste intuito, ressaltamos o potencial dos blogs como interface na educação, buscando dar aos mesmos os atributos da técnica WebQuest, que também considera a investigação e a aprendizagem colaborativa através de atividades a partir da internet.

Quanto ao potencial didático dos blogs e das atividades na forma de suas páginas, como aquelas propostas neste trabalho, mostramos que podemos reunir os mais diversos recursos digitais na abordagem de determinado conceito, lei ou assunto, oferecendo ao estudante as mais diversas experiências, movimentos e ferramentas que venham despertá-lo e ajudá-lo na construção do conhecimento almejado, o que dependerá apenas da criatividade e dos objetivos do professor na elaboração das mesmas.

Diferentemente das antigas fichas utilizadas por nossos professores, um mesmo blog ou atividade pode ser atualizado ou alterado com grande facilidade, podendo ser usado(a) em momentos, ou mesmo em anos diferentes.

Os blogs são tão versáteis que se fôssemos abordar certo assunto, como energia por exemplo, buscando adequá-lo à educação para a sustentabilidade que, como Cachapuz *et al* (2011) lembram, tem recebido atualmente grande atenção, poderíamos apontar os mais diversos links que pudessem suscitar a discussão sobre o tema: o consumo consciente, a poluição gerada, a destruição ambiental. Questões que não nos damos conta, nem respostas adequadas para elas.

Em relação aos diversos recursos digitais que atualmente estão disponíveis para serem utilizados como ferramentas, e que podem auxiliar no ensino das ciências, nos causa surpresa constatar que ainda são tão poucos empregados para este fim. Novos recursos surgem a cada ano, e podem ser agregados à técnica WebQuest, com foco na investigação e colaboração para a aprendizagem.

Ainda que tenhamos em mente que os computadores e a internet não são essenciais para o processo de ensino, e fugindo dos encantamentos que podem produzir, também nos convencemos que se constituem atualmente em recursos dos quais não podemos abrir mão. Lembramos que muitos dos nossos jovens têm se mostrado avessos às ciências, o que leva muitas vezes ao fracasso e ao abandono escolar e, é penoso saber que algumas soluções apontadas por nossos governantes para o problema passa pela diminuição da carga horária para as disciplinas científicas. O que vai de encontro a tudo que o apontamos no referencial teórico sobre a importância da educação e a alfabetização científica. Por outro lado, o uso adequado dessas tecnologias pode minimizar o impacto em relação à carga horária da disciplina que tantos colegas reclamam, possibilitando, em parte, adequar o conteúdo ao tempo.

Confesso que a dinâmica tradicional da sala de aula sempre me entediou. O professor normalmente apresenta uma aula expositiva, em que nem todos estão em condições de assisti-la, ou mesmo o assunto não desperta interesse. Soma-se o fato que muitos professores tratam os alunos, não como um indivíduo, mas como parte de outro ser chamado "turma". A mesma que no

fim da aula os "problemas" de aplicação a serem resolvidos em casa são indicados, cujas soluções normalmente vão muito além do que foi exposto em sala de aula, fazendo com que o estudante venha a se desdobrar para realizar o que é exigido, muitas vezes executando a tarefa sem entender o que está fazendo, para que está fazendo, sem compreender os conceitos envolvidos, ou simplesmente copiando dos colegas. Dessa forma, as atividades para casa passam a se traduzir muito mais num grande estorvo, que no prazer de se aprender sobre a natureza e o mundo, o que talvez explique, em parte, a aversão de muito jovens estudantes para as áreas exatas.

Esta narrativa e as possibilidades oferecidas pelas atividades na forma de páginas de blogs me fizeram lembrar o tema "a inversão da sala de aula" (PIVA JR., 2013). Essa expressão significa fazer com que o estudante venha a travar o primeiro contato com o problema, ou melhor, com a situação-problema (CARVALHO, 2013) junto com os colegas e o professor em sala de aula, através de atividades que lhes façam compreender a dimensão e natureza daquele problema, e a superá-lo de forma colaborativa na companhia dos colegas, e rica experiência do professor. Desse modo, as atividades de sistematização do conhecimento poderiam ser realizadas até mesmo fora da sala de aula, não na forma de "instruções programadas", mas como atividades que reúnam os atributos de uma WebQuest tratada em 2.2.4 .

Outro importante tema que tratamos neste trabalho, que busca ainda apresentar respostas aos problemas no ensino das ciências, foi sobre o potencial da Astronomia para despertar o interesse dos estudantes em relação às ciências. Esperamos que outros professores se convençam a trilhar esta fascinante, e talvez mais antiga, área do conhecimento humano com o objetivo de fazer com que os estudantes se entusiasmem pelo estudo das ciências, em particular, da Física. Ainda em relação ao tema, e retomando a questão da formação dos professores, embora tenhamos apresentado diversos trabalhos que apregoam o potencial da Astronomia nesse sentido, Roberto Jr. *et al* (2014) esclarecem que são poucos os cursos de licenciatura em Física no Brasil que têm disciplina(s) obrigatória(s) de Astronomia, de forma a oferecer os conhecimentos mínimos para que o professor possa ensiná-la ou desenvolver atividades nesta área. O que corresponde a outro importante assunto para discussão em relação à formação do professor de Física.

Após relembrarmos o referencial teórico, mas ainda remontando a trajetória deste trabalho, propusemos atividades na forma de páginas de blogs, as quais foram elaboradas com foco na convergência entre o ensino por investigação, o uso das tecnologias digitais e móveis no ensino, e o potencial da Astronomia para despertar o interesse dos estudantes pelas ciências, que tratam dos pequenos corpos do Sistema Solar, o referencial e as Leis de Kepler.

No capítulo 4 esclarecemos que apenas as atividades referentes aos pequenos corpos do Sistema Solar foram aplicadas. Apresentamos também os detalhes da dinâmica ocorrida dentro e fora da sala de aula, na qual os alunos mostraram bastante interesse e ativa participação. Na pequena análise que apresentamos nos quadros 4.2 e 4.4 destacamos alguns dados a partir de uma análise bem simples das respostas escritas dadas às perguntas que abriram a atividade classificada como investigativa, esta etapa teve como objetivo registrar a participação dos estudantes, e exemplificar a busca pelos indicadores de AC na dinâmica das atividades. Desejávamos ainda realizar a transcrição e análise das falas dos estudantes nas gravações das discussões nos episódios em sala de aula, mas como explicamos no capítulo 4, não foi possível devido ao ano letivo conturbado nas escolas públicas do Estado do Rio de Janeiro, e por este motivo deixamos para outra oportunidade.

Pela mesma justificativa anterior, não pudemos aplicar as atividades referentes ao referencial e as Leis de Kepler, e realizar a análise correspondente. Certamente a faremos e apresentaremos os resultados em outro(s) trabalho(s), ainda que no formato de um blog, ou como um artigo, e quem sabe, numa futura tese, de forma a dar continuidade a esta empreitada.

Nos deparamos na construção do referencial teórico com muitos trabalhos que abordam as atividades investigativas, as tecnologias da informação e comunicação no ensino, a Astronomia como tema que desperta interesse do estudante pelas ciências, mas nos pareceu faltar o passo-a-passo para que as propostas se tornem "palpáveis", "exequíveis" em sala de aula, ou fora dela. Nesse sentido, preparamos um manual para o professor bastante detalhado associado a esta dissertação, para que mesmo aquele que não tenha grande habilidade na informática e telemática possa ensaiar as primeiras atividades como mostramos ali, e venha compartilhar conosco os resultados

alcançados em novas aplicações. Este manual ficará disponível na página do programa de ensino de Física (PEF) da UFRJ, juntamente com esta dissertação.

Por fim, esperamos que as atividades apresentadas neste trabalho permitam que outros professores desenvolvam as suas próprias atividades investigativas e de sistematização na forma de páginas de blogs, inspirados no que mostramos e desenvolvemos aqui, ou que venham combiná-las com outras propostas encontradas nos trabalhos apresentados aos programas de em Ensino de Física por todo Brasil, disponíveis em diversos repositórios digitais, onde encontramos também artigos, teses, e outros textos interessantes sobre o ensino de Física, cujas leituras são fundamentais na busca do contínuo aperfeiçoamento das práticas docentes que possam despertar o interesse dos alunos pelo estudo das ciências, em particular da Física, dentro e fora da sala de aula.

Referências Bibliográficas

AFONSO, G. B., NADAL, C. A. Arqueoastronomia no Brasil. In: MATSSURA, O. T (org.). História da Astronomia no Brasil. v.1, Museu de Astronomia e Ciências Afins MAST, Rio de Janeiro, Companhia Editora de Pernambuco - Cepe, 2013. Disponível em: <http://www.mast.br/pdf_volume_1/Arqueoastronomia_no_Brasil_Germano_Afonso.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2016.

ALBRECHT, E. Diferentes metodologias aplicadas ao ensino de Astronomia no ensino médio. Orientador: Marcos Rincon Voelzke. São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática/Universidade Cruzeiro do Sul, 2008, 80p, Dissertação (Mestrado em ensino de Ciências e Matemática). Disponível em: <http://www.btdea.ufscar.br/arquivos/td/2008_ALBRECHT_D_UNICSUL.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2015.

ANDRADE, M. H. Exoplanetas como tópico de Astronomia motivador e inovador para o ensino de Física no Ensino médio. Orientadora: Eliane Angela Veit. Co-orientador: Guilherme Marranghello. Porto Alegre, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física/UFRGS, 2012, 126p, Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/70396/000877205.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

AULER, D., BAZZO, W. A. Reflexões para implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. Revista Ciência e Educação, V.7, n.1, p.1-13, 2001. Disponível em: <<http://www.ufpa.br/ensinofts/artigo4/ctsbrasil.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2016.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (org.). Ensino de Ciências. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p.19-33, 2004.

BACHER, A., SAURER, W. *Motivation for astronomy: a study among students*. Hvar Observatory Bulletin, vol. 26, no. 1, p. 81-84, 2002. Disponível em: <http://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-article_query?2002HvaOB..26..81B&defaultprint=YES&page_ind=0&filetype=.pdf>. Acesso em 19 mai. 2016.

BEHRENS, M. A. Projetos de aprendizagem colaborativa num paradigma emergente. In:____. Novas tecnologias e mediação pedagógica. 21ed. Campinas, SP: Papirus, 2013.

BRASIL. LDB: Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.134, n. 248, 23 dez. 1996. Seção 1, p. 27834–27841. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm>. Acesso em: 19 mai. 2016.

_____. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. PCN: Parâmetros Curriculares Nacionais - ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 1999. 58p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 19 mai. 2016.

_____. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. PCN+: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais - ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2002. 144 p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 19 mai. 2016.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2006. 137p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf>. Acesso em: 19 mai. 2016.

_____. Ministério da Educação. Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica. Brasília: MEC, 2013a. 565p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=15548-d-c-n-educacao-basica-nova-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 20 mai. 2016.

_____. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular - Versão preliminar - 2a versão revista. Brasília: MEC, 2016. 651p. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/documentos/bncc-2versao.revista.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2016.

_____. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Diretoria de Pesquisas Coordenação de Trabalho e Rendimento Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Acesso à Internet e à Televisão e Posse de Telefone Móvel Celular para Uso Pessoal 2013b. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv93373.pdf>>. Acesso em: 9 set. 2016.

CABRERA, J. S. S. Propriedades rotacionais, direção do polo e modelo de forma de asteroides em órbita próxima da Terra. Orientadora: Daniela Lazzaro. Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Astronomia do Observatório Nacional (ON), 2015, 182p, Tese (Astronomia). Disponível em: <[http://www.on.br/conteudo/dppg_e_iniciacao/dppg/ferramenta_teses/teses/ASRONOMIA/\[356_29-22_C\]tese_jose_sergio_silva_cabrera.pdf](http://www.on.br/conteudo/dppg_e_iniciacao/dppg/ferramenta_teses/teses/ASRONOMIA/[356_29-22_C]tese_jose_sergio_silva_cabrera.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2015.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. (Orgs.). A necessária renovação do ensino das Ciências. 3.ed. São Paulo: Cortez, 2011.

CACHAPUZ, A. F. Tecnociência, Poder e Democracia. In: SANTOS, W. L. P. e AULER, D. CTS e a educação científica. Brasília/DF: Editora UnB, 2011, p.49-72.

CALAZANS, J. H.; C. LIMA, C. A. R. Sociabilidades virtuais: do nascimento da Internet à popularização dos sites de redes sociais online. 9º Encontro Nacional da História da Mídia, Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, 30 de maio a 1º de junho de 2013. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/alcar/encontros-nacionais-1/9o-encontro-2013/artigos/gt-historia-da-midia-digital/sociabilidades-virtuais-do-nascimento-da-internet-a-popularizacao-dos-sites-de-redes-sociais-online>>. Acesso em: 1º set. 2016.

CAMINO, N.; NARDI, R.; PEDREROS M., R. I. *et al.* Retos de la enseñanza de la astronomía en Latinoamérica. Editorial da Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias, v.11, n.1, 2016. p 5-6. Disponível em: <<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/GDLA/article/view/10617/11610>>. Acesso em: 24 set. 2016.

CANIATO, R. Prefácio. In:LONGHINI, M. D (Org). Ensino de Astronomia na escola. 1ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2014.

CANIATO, R. O Céu. 1ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2011.

CAPITAL INICIAL. 21. In: Eletricidade. Gravadora BMG, 1991. Disponível em: <<https://www.letras.mus.br/capital-inicial/75676>>. Acesso em: 28 nov. 2016.

CARLAN, F. A.; SEPEL, L. M. N.; LORETO, E. L. S. Aplicação de uma *webquest* associada a atividades práticas e a avaliação de seus efeitos na motivação dos alunos no ensino de Biologia. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v.9, n.1, p.261-282, 2010. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART15_VOL9_N1.pdf>. Acesso em: 2 out. 2016.

CARSON, R. Silent spring. Boston: Houghton Mifflin Company, 1962.

CARVALHO, A. M. P. Habilidades de professores para promover a enculturação científica. Revista Contexto & Educação. v.22, n.77, 2007. Disponível em: <<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/view/1084/839>>. Acesso em: 01 ago. 2016.

CARVALHO, A. M. P.(org.) *et al.* Ensino de ciências por investigação:condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CHERMAN, A.; VIEIRA, F. O tempo que o tempo tem: porque o ano tem 12 meses e outras curiosidades sobre o calendário. 2ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2011.

COHEN, I. B. O nascimento de uma nova física: De Copérnico a Newton. São Paulo: Livraria Editora LTDA, 1967.

D'AMATO, C.; TORRES, J. P. M.; MALM, O. DDT (dicloro difenil tricloroetano): toxicidade e contaminação ambiental - uma revisão. Revista Química Nova, v.25, n.6, 995-1002, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/gn/v25n6a/12776>>. Acesso em: 18 jul. 2016.

DE GREVE, J. Astronomy education: Research paving the road to enthusiasm for studying science. International Astronomical Union. Proceedings of the International Astronomical Union. v.6, f.277, p.211 -216, 2010. Disponível em: <http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FIAU%2FIAU6_S277%2FS1743921311022794a.pdf&code=f9c51239d86bd8654c8f885f98070afa>. Acesso em: 17 mai. 2016.

DHIEGO, M.; BATISTA, E. L. Tecnologia usada só como suporte pode deixar aluno ainda mais passivo. FOLHA.UOL.COM, reportagem *online* de 11/09/2016. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/educacao/2016/09/1811891-tecnologia-usada-so-como-suporte-pode-deixar-aluno-ainda-mais-passivo.shtml>>. Acesso em: 22 set. 2016.

DODGE, B. WebQuests: A Technique for Internet-Based Learning. *Distance Educator*, v.1, n.2, 1995. Tradução do original disponível em: <http://www.dm.ufscar.br/~jpiton/downloads/artigo_webquest_original_1996_pt_br.pdf>. Acesso em: 22 set. 2016.

DORAN, R. O programa "*Global Hands-on Universe*" e o ensino de Astronomia. In: _____. Ensino de Astronomia na escola. 1ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2014.

FARIA, R. Z.; VOELZKE, M. R. Análise das características da aprendizagem de astronomia no ensino médio nos municípios de Rio Grande da Serra, Ribeirão Pires e Mauá. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.30, n.4, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v30n4/v30n4a08.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2016.

FERNANDES, G. W. R.; RODRIGUES, A.M.; FERREIRA C. A. Módulos temáticos virtuais: uma proposta pedagógica para o ensino de ciências e o uso das TICs, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 32, n. 3, p. 934-962, dez. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2015v32n3p934>>. Acesso em: 20 Set. 2016.

FERREIRA, D. F. M. A. Aprendizagem móvel no Ensino Superior: o uso do *smartphone* por alunos do Curso de Pedagogia. Orientadora: Patrícia Smith

Cavalcante. Recife, Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica do Centro de Educação da Universidade Federal de Pernambuco, 2015. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica). Disponível em: <<http://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/14035>>. Acesso em: 20 set. 2016.

FILHO, C. F. História da computação: o caminho do pensamento e da tecnologia. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/edipucrs/online/historiadacomputacao.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2016.

FILIPPO, D. D. R.; SZTAJNBERG, A. Bem-vindo à Internet. Rio de Janeiro: Brasport, 1996. 400p.

FREIRE, P. Educação como prática da liberdade. São Paulo: Paz e Terra, 1980.

GASPAR, H. S. Origem dos satélites irregulares de Júpiter: Captura de asteroides binários primordiais. Orientadores: Ernesto Vieira Neto; Othon Cabo Winter. Guaratinguetá, São Paulo, Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2013. Tese (Tese de doutorado em Astronomia dinâmica). Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/handle/11449/100275?locale-attribute=es>>. Acesso em: 26 set. 2016.

GLOBO.COM. Brasil registra 12 mil mortes por acidente de moto a cada ano. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2015/05/brasil-registra-12-mil-mortes-por-acidente-de-moto-cada-ano.html>> Acesso em: 11 jul. 2016.

GLOBO.COM. Em São Gonçalo, 4 da mesma família morrem possivelmente eletrocutados. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2016/01/em-sao-goncalo-4-da-mesma-familia-morrem-possivelmente-eletrocutados.html>> Acesso em: 11 jul. 2016.

GOV.UK. National Curriculum in England: science programmes for study. Department for Education, 2015. Disponível em: <<https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-science-programmes-of-study/national-curriculum-in-england-science-programmes-of-study#key-stage-4>>. Acesso em: 20 jul. 2016.

HASSELMANN, P. H. A. Estrutura interna de pequenos corpos do Sistema Solar. Orientadora: Daniela Lazzaro. Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Astronomia do Observatório Nacional (ON), 2012, 43p, Tese (Astronomia). Disponível em: <[http://www.on.br/conteudo/dppg_e_iniciacao/dppg/ferramenta_teses/teses/ASTRONOMIA/\[356_29-22_C\]tese_jose_sergio_silva_cabrera.pdf](http://www.on.br/conteudo/dppg_e_iniciacao/dppg/ferramenta_teses/teses/ASTRONOMIA/[356_29-22_C]tese_jose_sergio_silva_cabrera.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2015.

JARDIM CATARINA. In: Wikipédia: a enciclopédia livre. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Jardim_Catarina>. Acesso em: 13 jul. 2016.

KANTOR, C. A. A ciência do céu: uma proposta para o ensino médio. Orientador: Luís Carlos de Menezes. São Paulo, Instituto de Física/Faculdade de Educação/USP, 2001, 116p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Disponível em: <http://www.btdea.ufscar.br/arquivos/td/2001_KANTOR_D_USP.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2015.

KEMPER, E. Inserção de tópicos de Astronomia como motivação para o estudo da Mecânica em uma abordagem epistemológica para o ensino médio. Orientadora: Fernanda Ostermann. Co-orientadora: Maria de Fátima Oliveira Saraiva. Porto Alegre, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física/UFRGS, 2008, 127p, Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/12909/000636654.pdf?sequence=1>. Acesso em 20 nov. 2015.

KEPLER, S. O.; SARAIVA, M. F. O. Astronomia e astrofísica. 3.ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2013.

KEPLER, S. O.; SARAIVA, M. F. O. Astronomia e astrofísica (site). Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

KUHN, Thomas S. A estrutura das revoluções científicas. 5. ed. São Paulo: Editora Perspectiva S.A, 1997. Data da publicação original:1962.

KURTULUS, A.; ADA, T. WebQuest on conic sections as a learning tool for prospective teachers. *Teaching Mathematics and Its Applications: An International Journal of the IMA*, v.31, n.4, 2012, p215-228. Disponível em: <<http://teamat-oxfordjournals-org.ez24.periodicos.capes.gov.br/content/31/4/215>>. Acesso em: 2 out. 2016.

LANGHI, R., NARDI, R. 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. Disponível em: <http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/viewFile/372/402>. Acessado em: 18 mai. 2014.

LAZZARO, D.; KLEBER, A. (*in memoriam*); Veiga, C. H. Os pequenos corpos do Sistema Solar. *Astrofísica do Sistema Solar. Mod.1. Curso de ensino à distância do Observatório Nacional (ON)*, 2009a.

_____. Os cometas. *Astrofísica do Sistema Solar. Mod.5. Curso de ensino à distância do Observatório Nacional (ON)*, 2009b.

_____. Os anéis de Saturno. *Astrofísica do Sistema Solar. Mod.4. Curso de ensino à distância do Observatório Nacional (ON)*, 2009c.

_____. Os anéis de Urano. Astrofísica do Sistema Solar. Mod.4. Curso de ensino à distância do Observatório Nacional (ON), 2009d.

_____. Asteroides. Astrofísica do Sistema Solar. Mod.3. Curso de ensino à distância do Observatório Nacional (ON), 2009e.

_____. O que é uma curva de luz?. Astrofísica do Sistema Solar. Mod.3. Curso de ensino à distância do Observatório Nacional (ON), 2009f.

LEITÃO, S. O lugar da argumentação na construção do conhecimento em sala de aula. IN: LEITÃO, S., DAMIANOVIC, M. C. (Orgs.). Argumentação na escola: o conhecimento em construção. 1.ed. Campinas, SP: Pontes Editores, 2011.

LEITE, C., BRETONES, P. S., LANGHI, R. O ensino de astronomia no Brasil colonial, os programas do Colégio Pedro II, os Parâmetros Curriculares Nacionais e a formação de professores. In: _____. História da Astronomia no Brasil. v.1, Museu de Astronomia e Ciências Afins MAST, Rio de Janeiro, Companhia Editora de Pernambuco - Cepe, 2013. Disponível em: <http://www.mast.br/pdf_volume_1/ensino_astronomia_Brasil_colonial.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2016.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F. Biologia. vol. único, 1.ed. São Paulo: Editora Ática, 2007.

List of Near-Earth Asteroids and Asteroids Analogous to (101955) Bennu. Disponível em: <http://www.asteroidmission.org/wp-content/uploads/2014/08/TargetAsteroidsList_v7_1406122.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2016.

LOPES, W. Efeitos das marés sobre o sistema Terra-Lua. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.18, n.4, 1996. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v18a31.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2016.

LUCKESI, C. C. O que é mesmo o ato de avaliar a aprendizagem?. Porto Alegre: Revista Artmed, 2000. Disponível em: <<https://www.nescon.medicina.ufmg.br/biblioteca/imagem/2511.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2016.

MACHADO, V. F.; SASSERON, L. H. As perguntas em aulas investigativas de Ciências: a construção teórica de categorias. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências v. 12, n.2, 2012. Disponível em: <<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2433/1833>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

MAINGINSKI, F. E.; RESENDE, L. M. M.; PENTEADO, A. L. Utilização de WebQuests na forma de blog como ferramenta de aprendizagem na disciplina ciência dos materiais. Revista Ensaio, v.14, n. 2, p. 109-119, 2012. Disponível

em:

<<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewArticle/561>>.

Acesso em: 2 out. 2016.

MARCH, T. Why WebQuest? *Circa Web*, 1998. Disponível em: <<http://tommarch.com/writings/why-webquests/>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

MASETTO, M. T. Mediação pedagógica e tecnologias de informação e comunicação. In:____. *Novas tecnologias e mediação pedagógica*. 21ed. Campinas, SP: Papirus, 2013.

MATSSURA, O. T (org.). *História da Astronomia no Brasil*. v.1, Museu de Astronomia e Ciências Afins - MAST, Rio de Janeiro, Companhia Editora de Pernambuco - Cepe, 2013. Disponível em: <<http://www.mast.br/HAB2013/>>. Acesso em: 26 mai. 2016.

McDERMOTT, L. C. How we teach and how students learn: a mismatch? *American Journal of Physics*, v. 61, n.4, 1993.

Disponível em:

<<http://wolfweb.unr.edu/homepage/jcannon/ejse/mcdermott.html>>. Acesso em: 04 abr. 2016.

MENEZES, L. D. D. Tecnologia no ensino de Astronomia na educação básica: análise do uso de recursos computacionais na ação docente. Orientador: Marcos Daniel Longhini. Uberlândia, MG, Programa de Pós-graduação em Educação/Faculdade de Educação, 2011, 188p, Dissertação (Mestrado em Educação). Disponível em:

<<http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/866/1/TecnologiaEnsinoAstronomia.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2016.

MORÁN, J. M. Internet no ensino. *Revista Comunicação & Educação*, São Paulo, n.14, p.17- 26, jan/abr 1999. Disponível em:

<<http://www.revistas.usp.br/comueduc/article/view/36839/39561>>. Acesso em: 07 ago. 2016.

_____. *Ensino e aprendizagem inovadores com apoio de tecnologias*. In:____. *Novas tecnologias e mediação pedagógica*. 21ed. Campinas, SP: Papirus, 2013.

MORÁN, J. M., MASETTO, M. T., BEHRENS, M. A. *Novas tecnologias e mediação pedagógica*. 21ed. Campinas, SP: Papirus, 2013.

MOREIRA, M. A. Pesquisa básica em educação em ciências: uma visão pessoal. *Revista Chilena de Educación Científica*, 3(1): 10-17, 2004. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Pesquisa.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2016.

MORETTI, R. L. Construção e aplicação de um material didático para inserção da Astronomia no ensino médio: uma proposta baseada nos referenciais curriculares do Rio Grande do Sul. Orientadoras: Maria de Fátima Oliveira Saraiva, Eliane Angela Veit. Porto Alegre, Programa de Pós-graduação em

Ensino de Física/UFRGS, 2012, 165p, Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Disponível em:

<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/70346/000876949.pdf?sequence=1>>. Acessado em 20 nov. 2015.

MOURÃO, R. R. F. Kepler: A descoberta das leis do movimento planetário. 2ed. São Paulo: Odysseus Editora LTDA, 2008.

NASCIMENTO, S. S.; VIEIRA, R. D. Contribuições e limites do padrão de argumento de Toulmin aplicado em situações argumentativas de sala de aula de ciências. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v.8, n.2, 2008. Disponível em: <<http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/view/49/42>>. Acesso em: 22 jul. 2016.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. National Science Education Standards (NSES). Washington D.C.: National Academy Press, 1996. Disponível em: <<https://www.csun.edu/science/ref/curriculum/reforms/nses/nses-complete.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2016.

NEITZEL, C. L. V. Aplicação de Astronomia ao ensino de Física com ênfase em Astrobiologia. Orientador: Basílio Xavier Santiago . Porto Alegre, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física/UFRGS, 2006, 109p, Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Disponível em:

<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/12437/000625362.pdf?sequence=1>. Acesso em: 25 mar. 2015.

NOBRE, G. R. O. Atividades - Tema 1 (Blog). 2016. Disponível em: <<http://atividadeinvestigativa1.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 10 out. 2016.

NÚÑEZ, M. B.; REGUERA, M.; OKULIK, N. B. WebQuest: una alternativa para la enseñanza de química. Avances en ciencias e ingeniería, v.2, n.3, p. 111-122, 2011. Disponível em:

<<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3751758>>. Acesso em 2 out. 2016.

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica: 1 - Mecânica. 3ed. São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 1981.

Observatório Nacional (ON). Você sabe o que é uma Chuva de Meteoros? Divisão de Atividades Educacionais, 2011. Disponível em:

<http://www.on.br/conteudo/informe/Chuva_de_Meteoros.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2016.

_____. Os mistérios de Stonehenge. Divisão de Atividades Educacionais, 2014. Disponível em:

<http://www.on.br/conteudo/informe/Os_misterios_de_Stonehenge.pdf>.

Acesso em: 25 jul. 2016.

OLIVEIRA, R. M. C . Aprendizagem mediada e avaliada por computador: a inserção do *blog* como interface na educação. In: Congresso Internacional de

Educação a Distância, Florianópolis, SC, 2005. Disponível em: <<http://www.abed.org.br/congresso2005/por/pdf/026tcc5.pdf>> Acesso em: 20 set. 2016.

ORESQUES, N. Why Believe in science? TED.com. Palestra filmada em maio de 2014. Disponível em:

<https://www.ted.com/talks/naomi_oreskes_why_we_should_believe_in_science?language=pt-br>. Acesso em: 29 set. 2016.

Osicka, R. M. et al. Química analítica: aprendizagem a partir de webquest. Avances en Ciencias e Ingeniería, v.4(1), 2013, p.131-138. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4250380>>. Acesso em: 2 out. 2016.

PEAT, C. Heavens Above. Disponível em: <<http://www.heavens-above.com>>. Acesso em: 15 out. 2016.

PENTEADO, P. F. Estudo da distribuição do momento angular após a fragmentação de um asteroide acumulado. Orientadora: Daniela Lazzaro. Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Astronomia do Observatório Nacional (ON), 2003, 201p, Tese (Astronomia). Disponível em: <[http://www.on.br/conteudo/dppg_e_inicio/dppg/ferramenta_teses/teses/ASTRONOMIA/\[110_39-48_C\]diss_penteado.pdf](http://www.on.br/conteudo/dppg_e_inicio/dppg/ferramenta_teses/teses/ASTRONOMIA/[110_39-48_C]diss_penteado.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2015.

PhET. Simulações Interativas em Ciências e Matemática. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR>. Acesso em: 25 set. 2016.

PIVA JR, D. Sala de aula digita: Uma introdução à cultura digital para educadores. 1ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

PINOCHET, J. El modelo argumentativo de Toulmin y la educación en ciencias: una revisión argumentada. Revista Ciência e Educação, Bauru, v.21, n.2, p.307-327, 2015. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v21n2/1516-7313-ciedu-21-02-0307.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2016.

PRETTO, N. L. Estudo errado: educação em tempos de pós-modernidade. In: Globalização e Educação. PRETTO, Nelson de Luca (Org.)Porto Alegre: Editora Unijuí, 1999.

ROBERTO JÚNIOR, A. J.; REIS, T. H.; GERMINARO, D. R. Disciplinas e professores de astronomia nos cursos de licenciatura em Física das universidades brasileiras. Revista Latino-americana de educação em Astronomia, n.18, p.89-101, 2014. Disponível em: <<http://www.relea.ufscar.br/relea/index.php/relea/article/view/202/269>>. Acesso em: 29 nov. 2016.

RODRIGUES, C. F. M. Irreversibilidade e degradação da energia numa abordagem para o ensino médio. Orientadora: Deise Miranda Vianna. Rio de

Janeiro, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física/UFRJ, 2014, 141p, Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2014_Carlos_Rodrigues/dissertacao_Carlos_Rodrigues.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2016.

ROSADO, R. M. M. Desenvolvimento de um material paradidático para o ensino de física utilizando a astronomia como tema motivador. Orientador: Adilson Jesus Aparecido de Oliveira. São Carlos, SP, Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Exatas/UFSC, 2012, 72p, Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Exatas). Disponível em: <http://www.btdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=6800>. Acesso em: 25 mar. 2015.

SÁ, E. F.; PAULA, H. F.; LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR JÚNIOR, O. G; As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de ciências. In: Atas do VI ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007, Florianópolis, SC. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p820.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. Revista Investigações em Ensino de Ciências. v.13(3), p.333-352, 2008. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID199/v13_n3_a2008.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2017.

_____. Construindo argumentação na sala de aula: presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. Revista Ciência e Educação, v.17, n.1, p.97-114, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v17n1/07.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2016.

SASSERON, L. H. Ensinar, aprender e avaliar em aulas de Física: interagindo para construir argumentos e argumentando em favor das interações. In: QUEIROZ, G. R. P. C., et al. Controvérsias na pesquisa em Ensino de Física. 1.ed. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

_____. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. Revista Ensaio, v.17, n. especial, p.49-67, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00049.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2016.

SCARPA, D. L.; SILVA, M. B. A Biologia e o ensino de Ciências por investigação: dificuldades e possibilidades. In:_____. Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

SILVA, N. M.; BOTTENTUIT JR., J. B. Uma proposta de uso da metodologia WebQuest para o ensino e aprendizagem de literatura. Revista Novas Tecnologias na Educação, v.12, n.1, julho, 2014. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/50341/31424>>. Acesso em: 21 set. 2016.

SOLER, D. R.; LEITE, C. Importância e justificativas para o ensino de Astronomia: um olhar para as pesquisas da área. II Simpósio Nacional de Educação em Astronomia – II SNEA, São Paulo, SP, 2012. Disponível em: <http://snea2012.vitis.uspnet.usp.br/sites/default/files/SNEA2012_TCO21.pdf>. Acesso em: 1º mar. 2016.

SOLER, D. R. Astronomia no currículo do Estado de São Paulo e nos PCN: um olhar para o tema Observação do Céu. Orientador: Cristina Leite. São Paulo, SP, Institutos de Física, Química e Biociências e Faculdade de Educação / USP, 2012. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-25022013-133229/publico/Daniel_Rutkowski_Soler.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2015.

SOUZA, R. A. P. Determinação do período rotacional de pequenos asteroides. Orientadora: Daniela Lazzaro. Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Astronomia do Observatório Nacional (ON), 2002, 76p. Dissertação (Astrofísica). Disponível em: <[http://www.on.br/conteudo/dppg_e_iniciacao/dppg/ferramenta_teses/teses/ASTRONOMIA/\[106_25-19_C\]roberta_almeida_pereira_de_souza.pdf](http://www.on.br/conteudo/dppg_e_iniciacao/dppg/ferramenta_teses/teses/ASTRONOMIA/[106_25-19_C]roberta_almeida_pereira_de_souza.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2015.

SOUZA, V. F. M.; SASSERON, L. H. As perguntas em aulas investigativas de Ciências: a construção teórica de categorias. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências vol.12, n.2, 2012a. Disponível em: <<http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/view/317/301>>. Acesso em: 23 ago. 2016.

_____. As interações discursivas no ensino de Física: a promoção da discussão pelo professor e a alfabetização científica dos alunos. Revista Ciência & Educação, v.18, n.3, p.593-611, 2012b. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v18n3/07.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2016.

SOUZA, V. F. M. A importância da pergunta na promoção da alfabetização científica dos alunos em aulas investigativas de Física. Orientadora: Lúcia Helena Sasserón. São Paulo, SP, Institutos de Física, Química e Biociências e Faculdade de Educação / USP, 2012. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-20042012-145959/pt-br.php>>. Acesso em: 15 set. 2016.

STANTON, M. A. Prefácio. In: _____. Bem-vindo à Internet. Rio de Janeiro: Brasport, 1996. 400p.

STATHOPOULOU, C.; KOTARINOU, P.; APPELBAUM, P. Ethnomathematical research and drama in education techniques: developing a dialogue in a

geometry class of 10th grade students. Revista Latinoamericana de Etnomatemática, v.8, n.2, p.105-135, 2015. Disponível em: <<http://www.revista.etnomatematica.org/index.php/RLE/article/view/205>>. Acesso em 2 out. 2016.

STUCKRAD, K. História da astrologia: da antiguidade aos nossos dias. Tradução de Kelly Passos. São Paulo: Globo, 2007.

The International Astronomical Union (IAU). Minor Planet Center (MPC). Disponível em: <<http://www.minorplanetcenter.net>>. Acesso em: 15 out. 2016.

TOSSATO, C. R.; MARICONDA, P. R. O método da astronomia segundo Kepler. Revista Scientiae Studia, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 339-66, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ss/v8n3/v8n3a03.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

UHR, A. P. O Sistema Solar - um programa de Astronomia para o ensino médio. Orientadora: Maria de Fátima Oliveira Saraiva. Co-orientador: Kepler de Souza Oliveira Filho. Porto Alegre, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física/UFRGS, 2007, 121p, Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/12968/000636770.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

UNESCO. A ciência para o século XXI: uma nova visão e uma base de ação. Brasília: UNESCO, ABIPTI, 2003. 72p.

VEJA.COM. Em 1908, Sibéria sofreu com pior impacto de asteroide já registrado. Ciência, 2013. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/ciencia/em-1908-siberia-sofreu-com-pior-impacto-de-asteroide-ja-registrado/>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

VIANNA, D. M. ARAÚJO, R. S. Buscando elementos na Internet para uma nova proposta pedagógica. In: Anna Maria Pessoa de Carvalho. (Org.). Ensino de Ciências - Unindo a pesquisa e a prática. 1ed.São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004, v. 1, p. 135-151.

VILLELA, F. Celular é o principal meio de acesso à internet no Brasil, mostra IBGE. Empresa Brasileira de Comunicação S/A - EBC, 2016. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2016-04/celular-e-principal-meio-de-acesso-internet-na-maioria-dos-lares>>. Acesso em: 09 set. 2016.

UNESCO.ORG. TIC na educação do Brasil. Página *online*, 2016. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/communication-and-information/access-to-knowledge/ict-in-education/>>. Acesso em: 30 set. 2016.

Anexo A

Autorização para fotografia, filmagem e gravação em áudio

ETE Henrique Lage

AUTORIZAÇÃO PARA FOTOGRAFIA, FILMAGEM E GRAVAÇÃO EM ÁUDIO

Por meio deste documento autorizo o professor/pesquisador GILBERTO RUBENS DE OLIVEIRA NOBRE ou o(s) seu(s) representantes(s) por ele designado(s), a fazer, reproduzir, multiplicar fotografias, vídeos, filmes ou transparências em que eu aluno/a da ETE Henrique Lage, matriculado no ensino médio, apareça no todo e ou focalizado/a uma parte de seu corpo, para fins de pesquisa, informação e ou divulgação, para ensino de Física e ou para docência, publicados em periódicos ou em outros meios de divulgação científica, podendo ser feitos em cor ou em preto e branco. Autorizo ainda, que a reprodução e multiplicação dessas imagens possam ser acompanhadas ou não de texto explicativo, abrindo mão de qualquer direito de pré-inspeção e pré-aprovação do material, assim como de qualquer compensação financeira pelo seu uso, e que será publicado preservando seu(s) nome(s) e privacidade.

Deixo expresso nesta autorização que () permito ou () não permito que o rosto seja utilizado, sem as tarjas usualmente empregadas para dificultar a identificação. Declaro que sou responsável, tendo todo o direito de autorizar os termos acima expressos, estando plenamente ciente do inteiro teor desta autorização.

Instituição: ETE Henrique Lage – Ensino Médio

Data: ____/____/____.

Nome completo do estudante: _____

Idade: _____

Nome completo do responsável: _____

Parentesco: _____

Assinatura do responsável: _____ Identidade: _____

Residência (rua, bairro, cidade):

(se menor de 18 anos, o responsável deve assinar)

[Voltar ao final da Introdução](#)

[Voltar ao final da aplicação](#)

Anexo B

Magnitudes dos asteroides

Determinando o coeficiente de extinção da noite, pode-se padronizar a magnitude dos asteroides corrigida dos efeitos causados pela atmosfera, utilizando os valores tabelados das estrelas padrão. Define-se o ponto zero da noite, **PZ**, como:

$$PZ = M_{atm}^* - M_{tabela}^*$$

Isto é, a diferença entre a magnitude da estrela padrão corrigida dos efeitos atmosféricos (M_{atm}^*) e o seu valor tabelado (M_{tabela}^*). Subtraindo-se este valor da magnitude do asteroide, obtém-se sua magnitude observada

$$M_{obs} = M_{atm} - PZ$$

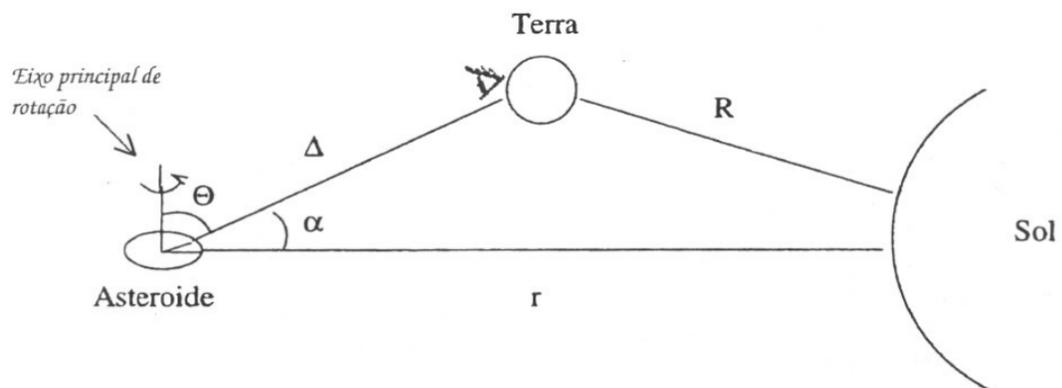
Obtida a magnitude observada, determinamos a magnitude reduzida, definida como a magnitude que seria observada se o asteroide estivesse a uma distância padrão de 1 UA tanto do Sol quanto da Terra.

$$M_{red} = M_{obs} - 5 \log(r\Delta)$$

Onde r é a distância do asteroide ao Sol e Δ é a distância do asteroide à Terra, conforme pode ser visto na figura abaixo. Também pode-se determinar a magnitude absoluta, definida como a magnitude reduzida quando o ângulo de fase solar é zero. Os fatores que levam à variação da intensidade da luz solar refletida pelo asteroide são: variações na distância asteroide-Terra e asteroide-Sol, variações do ângulo de fase solar, albedo e rotação do asteroide. A magnitude absoluta, por outro lado, seria uma grandeza invariante do ponto de vista geométrico.

É importante salientar que o cálculo da extinção atmosférica, que é feito através do ajuste de mínimos quadrados, introduz um erro de 0,001mag nas magnitudes calculadas.

[Voltar para a subseção 2.4.5](#)



SOUZA, 2002, p.22 (modificado).

Anexo C

Dados sobre os NEOS obtidos pelos estudantes

	1. Qual o nome do asteroide escolhido da lista?	2. Que distância estará da Terra no dia 31 de dezembro de 2016?	3. Que distância estará no Sol na mesma data?	4. Que outras informações você encontrou sobre esse asteroide e considerou importantes?
1	Toutatis	0,251 UA	1,046 UA	Sua família é Apollo. Pesquisando em outras fontes descobri que asteroide Toutatis passa pela Terra a cada quatro anos. O mais próximo que chegou da Terra foi 13/12/12, quando o asteroide passou há 7 milhões km da Terra, 18 vezes mais longe do que a Lua.
2	(3200) Phaethon	1.804 AU	2.005 AU	Esse asteroide entrou pra lista em outubro de 2013, pesquisei porem não encontrei nada além disso a respeito deste asteroide
3	(3200) Phaethon	1.804 in AU	2.005 in AU	Rotation angle: 0 / Pan angle:0 / Status: Running / Simulation type: Ephemerides
4	2012 XM55	2.196 AU	1.221 AU	Que ele é uma parte do asteróide APOLLO
5	(380128) 1997 WB21	2,1185 (a)	1,1594 (a)	
6	Itokawa	1.057 in AU	1.2 in AU	Ele pode ser o primeiro asteroide a ter alguma amostra coletada.
7	(25143) Itokawa	283,338,365 Km	222,003,239 KM	O asteroide 25143 Itokawa ou simplesmente Itowaka é um asteroide com órbita próxima a da Terra visitado pela sonda Hayabusa e que se a missão obtiver sucesso, será a primeira vez que amostras de um asteroide deverão chegar a Terra. E é também um asteroide que intercepta a órbita de Marte.
8	1998 XB	2.143 in AU	1.207 in AU	Diâmetro: (km):1,7 - 3,9 km e o Período de rotação: (hrs):510.
9	(367943) Duende.	1.788 in AU	0.845 in AU	Tem um diâmetro estimado de 50 metros e uma massa estimada de 190 000 toneladas. Período orbital: 317 dias Magnitude absoluta: 24
10	Phaethon	1.804 in AU	2.005 in AU	Status: Running
11	Duende	1.781 in AU	0.841 in AU	Foi descoberto em 23 de 12

				fevereiro de 2012, pelo Observatório Astronômico de La Sagra, na Espanha. Tem um diâmetro estimado de 50 metros e uma massa estimada de 190 000 toneladas.
12	Duende	1.788 UA	0.845 UA	A informação que eu considerei mais importante, é do Terra MOID (Earth MOID). Esta medida indica a distância das orbitas mais próxima entre a Terra, e um corpo celeste na questão de uma colisão. Tratando do objeto escolhido (367943 Duende) esta distância é de 0.00032 UA.
13	Orpheus	2.133 AU	1.251 AU	A distancia deste asteroide pra Terra é de 2.27 AU e a distancia entre ele e o Sol é de 1.422 AU
14	(3200)Phaethon	269,874,557,480 km	299,943,729,350 km	Não encontrei outras informações
15	Orpheus	2.131 in AU	1.246 in AU	Status: Running
16	Phaeton	2.6987e11km	2.99944e11 km	Ele ter sido adicionada na lista há pouco tempo e fazer parte da órbita Apollo
17	Orpheus	3.1879e+11 km	1.864e+11 km	Ele ter entrado na lista em Fevereiro de 2012 e fazer parte da órbita/família Apollo
18	(3361)Orpheus	2.131 AU	1.246 AU	De 4 em 4 anos ele passa a uma distância menor da Terra. (Dia 7/12/2013 esteve a 0.103 in AU, dia 24/11/2017 vai estar a 0.061 in AU, dia 19/11/2021 e 22/11/2025 vai estar a 0.041 in AU de distância da Terra...)
19	3361 Orpheus	1.251 AU	2.133 AU	Pesquisei sobre o asteroide na internet, mas não encontrei nenhuma informação que julguei interessante sobre ele em português.
20	(99799) 2002LJ3	1.417 in AU	1.059 in AU	que ele também atravessa o venus e o mercúrio!
21	Phaethon	2.6987e11km	2.99944e11km	Que ele foi adicionado na lista há pouco tempo e faz parte da órbita Apollo
21	Phaethon	2.6987e11km	2.99944e11km	Encontrei que ele faz parte da órbita Apollo e que foi adicionado a esta lista há pouco tempo
23	Itokawa	3.252 in AU	2.273 in AU	Ele é da família Apollo e é alvo da espaçonave Hayabusa (Não compreendi todas as informações então tentei interpretar da melhor

				forma possível)
24	(163000) 2001SW169	1.969 AU	1.196 AU	Este asteroide foi adicionado à lista em fevereiro de 2012.
25	Morpheus	318,793,062 km	186,398,946 km	Esse asteroide foi descoberto em 1982. Acredita-se que o asteroide Morpheus tem uma forma aproximadamente triangular, com um período de rotação igual a cerca de 3 horas.
26	Phaethon	299,943,730 km	269,874,558 Km	Recebeu esse nome de um personagem da mitologia grega, cruza as órbitas dos Apolos e dos Planetas Mercúrio, Vênus, Terra e Marte. A descoberta foi em 14 de outubro, foi o primeiro asteroide descoberto por uma nave espacial. Aproximou-se da Terra em 10 de dezembro de 2007 e aproximará ainda mais em 2017, 2050, 2060 e em 14 de dezembro de 2093
27	(10302) 1989 ML	259,701,903 KM	176,824,683 KM	Ele foi descoberto no dia 29 de junho de 1989 por Eleanor F. Helin e Jeff Alu. Ele é um asteroide cruzador de Marte, ou seja, sua órbita cruza com a de Marte.
28	(367943) Duende	267,480,992 Km	126,410,200 Km	Ele possui um diâmetro estimado de 45 metros e uma massa estimada de 130 000 toneladas, é um recorde para os objetos conhecidos deste tamanho acontecer de 27,860 km de altura. "Nunca antes um corpo celeste dessa natureza havia passado tão perto."
29	(3361) Orpheus	318,793,062 KM	186,398,946 KM	Ele foi descoberto no dia 24 de abril de 1982 por astrônomo da Universidade do Chile chamado Carlos Torres. Ele descobriu quando ele estava numa montanha conhecida como Cerro El Roble, localizada na Cordilheira dos Andes, onde fica o Observatório Astronômico Nacional do Chile. Este asteroide é um cruzador de Marte, ou seja, sua órbita se cruza com a de Marte. 3361 Orpheus é um asteroide perigoso, pois sua distância mínima órbita intersecção é inferior a 0,05 AU (Unidade Astrônômica) e o seu diâmetro é maior do que 150

				metros.
30	Toutatis	37549065545,7 m	156479372752,7 m	Ele é categorizado como um asteroide potencialmente perigoso, porém, a NASA diz que ele não irá colidir pelo menos nos próximos 600 anos
31	Orpheus	318,793,062 km	186,398,946 km	Orpheus (asteroide 3361, com a designação provisória 1982 HR) é um asteroide cruzador de Marte. Possui uma excentricidade de .3227782901026225 e uma inclinação de 2.6849°. [1] Este asteroide foi descoberto no dia 24 de abril de 1982 por Carlos Torres em Cerro El Roble.
32	Phaethon	299,874,558 km	299,943,730	É um asteroide Apollo com uma órbita incomum que o traz para mais perto do Sol do que qualquer outro asteroide. Foi o primeiro asteroide a ser descoberto através de imagens de uma nave espacial. Sua orbita é mais semelhante a de um cometa do que a de um asteroide. É classificada como do tipo B asteroide porque é composto de material escuro.
33	phaethon	1.804 in AU	2.005 in AU	O tipo de simulação é efemérides.
34	Orpheus	2.131 in AU	1.246 in AU	ele é um asteroide cruzador de marte e foi descoberto em 1982 e faz parte do grupo apollo.
35	Itokawa	1.894 in AU	1.484 in AU	eu descobri que orbita é proxima a terra
36	3200 Phaethon	1.804 UA de distância	2.005 UA de distância	Este asteroide se aproxima da Terra ao decorrer dos anos e pode chegar a 3Gm de distância da Terra em 14 de dezembro de 2093.
37	(3361) Orpheus	318,793,062	186,398,946	O Orpheus é um asteroide cruzador de Marte. Este asteroide foi descoberto no dia 24 de abril de 1982 por Carlos Torres em Cerro El Roble. Possui uma excentricidade de .3227782901026225 e uma inclinação de 2.6849°.
38	(4179) Toutatis	0.251 UA	1.046 UA	Ele tem aproximações extremas com a Terra e com a distância menor de 0.006 UA
39	Orpheus	318,793,062 km	186,398,946 km	É um asteroide que cruza Marte. Ele foi descoberto no

				dia 24 de abril de 1982 por Carlos Torres em Cerro El Roble
40	(277570) 2005 YP180	1.925 AU	0.942 AU	Este asteroide é uma parte do asteroide Apollo , que está localizado perto da terra .
41	(307564) 2003FQ6	0.878 in AU	1.379 in AU	NENHUMA
42	(3361) Orpheus	2.131 in AU	1.246 in AU	Que suas dimensões são de aproximadamente 300 metros e que a sua categoria é um Asteroide cruzador de Marte
43	(3200) Phaethon	1.804 in AU	2.005 in AU	Rotation angle: 0 e Status: Running
44	(3361) Orpheus	2.131 in AU	1.246 in AU	Status: Running and Rotation angle: 0
45	3361 Orpheus	2.131 in AU	1.246 in AU	
46	Orpheus	2131UA	1246UA	Que ele possui sua orbita estável e não se aproxima da Terra com o tempo como alguns outros.
47	2001JU2	0,867 in AU	1,446 in AU	Que ele não se aproxima da Terra
48	(3200) Phaethon	1.804 in AU	2.005 in AU	Simulation type: Ephemerides
49	Phaethon	1.804 in AU	2.005 in AU	Os objetos ao redor, Venus e Mercurio que estarão respectivamente dentro de sua orbita.
50	Phaethon	3.252	2.773	nenhuma
51	2006YF	1.850 AU	0.888 AU	Nenhuma informação importante encontrada
52	Orpheus	distancia do asteroide pro sol 1.246 AU	distancia do asteroide pra terra 2.131 Au	é um asteroide cruzador de Marte. Possui uma excentricidade de .3227782901026225 e uma inclinação de 2.6849°. Descoberto por Carlos Torres
53	Itokawa	1.894 in AU	1.484 in AU	É uma elipse com excentricidade muito baixa, isso é, muito alongada.
54	(367943) Duende	1.788 em AU	0.845 em AU	O período orbital dele é de 317,237 dias. Ele estará mais próximo da terra em 09/2019
55	(163249) 2002 GT	0,551 UA	1,256 UA	Magnitude Absoluta: 18.5 mag Período de Órbita: 569.277 dias
56	NEODyS-2	3252 in AU	2273 in AU	Ele é um asteroide com a trajetória quase igual a de um planeta do nosso Sistema Solar.
57	3200 Phaethon	269 874 558,742 8 km	299 943 730,753 5 km	crusa as órbitas dos Apolos e dos planetas Mercúrio, Vênus, Terra e Marte. Está associado a chuva de meteoros Gemínidas.
58	Toutatis	0,251 UA	1,046 UA	Sua família é Apollo. Pesquisando em outras

				fontes descobri que asteroide Toutatis passa pela Terra a cada quatro anos. O mais próximo que chegou da Terra foi 13/12/12, quando o asteroide passou há 7 milhões km da Terra, 18 vezes mais longe do que a Lua.
--	--	--	--	--

Fonte:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1NuoWy6PvYBRRoRXeZwKCB9hp_V4Xy4Wxqrf8TOLIo9g/edit?usp=sharing.