

## LABORATÓRIO VIRTUAL DE ASTRONOMIA: UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA TERCEIRA LEI DE KEPLER

### *VIRTUAL ASTRONOMY LAB: DIDACTIC PROPOSAL FOR THE TEACHING OF PLANETARY CONFIGURATIONS IN CLASSROOM*

**Hualan Patrício Pacheco** (hualan.pacheco@ifro.edu.br)

**Laffert Gomes Ferreira da Silva** (laffert.silva@ifro.edu.br)

**Ana Maria de Lima Souza** (ana26souza@gmail.com)

**Mirian Rodrigues Pedrosa** (mirianrp53@gmail.com)

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia – Campus Porto Velho/Calama*

*Av. Calama, 4985 - Flodoaldo Pontes Pinto, Porto Velho - RO, 76820-441*

*Recebido em: 07/07/2020*

*Aceito em: 28/02/2021*

### **Resumo**

A utilização de laboratórios didáticos virtuais tem se tornado uma prática de grande valor ao ensino de diversos conteúdos, especialmente nas ciências, tendo em vista a flexibilidade que computadores e outras plataformas oferecem aos locais de ensino. Neste trabalho apresentamos uma proposta didática para tratar da terceira Lei de Kepler para o sistema formado por Júpiter e seus quatro satélites galileanos descobertos em 1609 pelo físico e matemático italiano Galileu Galilei. A atividade permite que sejam obtidos dados referentes ao período de revolução e o raio da órbita para cada um dos quatro satélites, bem como o cálculo da Constante de Kepler para este sistema. O Aplicativo utilizado nesta atividade é o *Star walk 2*, tendo em vista o fácil acesso através de lojas virtuais, manuseio simples e a disponibilidade para todas as plataformas de celulares. Os resultados que podem ser obtidos se aproximam bastante dos que são encontrados em diversas bibliografias, fazendo com que, ao ser utilizado em sala de aula, permita ao discente observar na prática virtual a maneira como os astrônomos realizavam suas observações e extração de dados.

**Palavras-chave:** Ensino de Astronomia. Sequência Didática. Satélites Galileanos. Leis de Kepler.

### **Abstract**

The use of virtual didactic laboratories has become a practice of great value to the teaching of diverse contents, especially in the sciences, in view of the flexibility that computers and other platforms offer to the places of teaching. In this work we present a didactic proposal to deal with the third Kepler Law for the system formed by Jupiter and his four Galilean satellites discovered in 1609 by the Italian physicist and mathematician Galileo Galilei. The activity allows data to be obtained regarding the period of revolution and the radius of the orbit for each of the four satellites, as well as the calculation of the Kepler Constant for this system. The application used in this activity is the *Star walk 2*, in view of the easy access through virtual stores, simple handling and availability for all cell phone platforms. The results that can be obtained are very close to those found in several bibliographies, making it possible, when used in the classroom, to allow students to observe in virtual practice the way astronomers performed their observations and data extraction.

**Keywords:** Astronomy teaching. Following teaching. Galilean satellites. Kepler's laws.

## INTRODUÇÃO

A educação é o conjunto de ações, processos, influências e investigações que interferem diretamente na relação do indivíduo com o meio natural e social, permitindo com que o ser se torne dotado de conhecimentos para embasar as suas relações cotidianas. A definição de educação pode ser apresentada em três grupos, a saber: educação formal, não-formal e informal.

A conceituação das três é bem solidificada através da bibliografia dedicada ao assunto, tais como em Libâneo (2010). Os pedagogos e outros cientistas da educação trazem enfoques semelhantes para a definição que estão diretamente relacionados com o grau de estruturação do conteúdo ou ainda à organização institucional. Com base nisso podemos defini-las de acordo com Gaspar (1992):

A **educação formal** refere-se a uma estrutura organizada, hierarquizada e administrada sob normas rígidas, ligadas a um sistema educacional estabelecido à escola. A **educação não-formal** refere-se a uma ampla variedade de atividades educacionais organizadas e desenvolvidas fora do sistema educacional formal destinadas, em geral, a atender a interesses específicos de determinados grupos. Ensino por correspondência, cursos livres, universidade aberta, etc., são exemplos de sistemas de educação não-formal. A **educação informal** distingue-se das demais por não se constituir num sistema organizado ou estruturado, sendo frequentemente acidental ou não intencional. Ocorre na experiência do dia-a-dia, através de jornais, revistas, programas de rádio e televisão, na visita a um museu, zoológico, centro de ciências, etc.

A Astronomia é democrática e não necessita de um investimento vultoso para a sua prática experimental quando relacionada ao ensino de seus aspectos mais básicos. Esta Ciência possibilita que os espaços informais e não-formais atraiam os discentes, que estabelecem facilmente relações com conceitos aprendidos no cotidiano, ou seja, nos ambientes informais e não-formais de ensino.

Autores de grande renome nacional têm trazido análises sobre estes dois grupos da educação e suas relações com o ensino desta Ciência no Brasil. Langhi e Nardi (2009) destacaram a proximidade da Astronomia com o público em geral, bem como o grau altamente motivador dessa Ciência com a comunidade. Este último aspecto citado pelos autores é relacionado ao fato dos laboratórios (céus noturnos e diurnos, estrelas, constelações planetas e etc.), para as práticas, estarem disponíveis a todos e permitirem com que observações sejam realizadas por todos que se interessem.

A utilização de laboratórios virtuais em Astronomia permite que seja otimizado o tempo de estudo de constelações, planetas e outros corpos do sistema solar, tendo em vista a possibilidade da execução de simulações, programas e aplicativos em qualquer momento. Esta virtude destes ambientes virtuais permite a ampliação dos limites dos conteúdos e características que podem ser observadas em uma mesma aula.

O uso de laboratórios virtuais contribuí com a educação em suas três definições (educação formal, informal e não-formal), auxiliando no ensino de Astronomia e permitindo a extensão das práticas realizadas no âmbito escolar para o cotidiano do discente. Assim, ao ser apresentado a um determinado aplicativo o discente tem a possibilidade de expandir as suas investigações para ambientes além do escolar, permitindo uma compreensão mais profunda do que é observado no cotidiano e ao desenvolvimento de maior senso crítico sobre nuances da natureza.

As práticas envolvendo laboratórios virtuais no contexto pedagógico são sempre bem indicadas em todas as revistas que tem como enfoque o tema de ensino de ciências. O ensino de

Física Moderna sempre traz consigo estas propostas, tendo em vista a grande dificuldade em desenvolver materiais didáticos para o ensino de Mecânica Quântica e Relatividade. Dentre estes trabalhos é destacável o de Silva (2015), em que é abordada uma prática de laboratório virtual para um sistema de espectrometria gama. Nas palavras do autor:

“A simulação [...] tem sido utilizada, no nosso entendimento, com um elevado grau de aproveitamento por parte dos alunos de todas as edições da disciplina de Laboratório de Física Moderna do curso de Licenciatura em Física a distância da UFSC e eventualmente pelos alunos do curso presencial. No curso a distância, em que toda a disciplina é concentrada em dois fins de semana consecutivos, entendemos que o seu uso tem sido particularmente significativo. Antes da fase presencial, através de exercícios e atividades pré-definidas, é utilizada para sensibilizar e preparar os alunos; após a fase presencial, durante a elaboração dos relatórios, serve para ajudá-los a dirimir dúvidas e explorar um pouco mais os experimentos.” (SILVA, 2015)

Observa-se então que a característica não local de uma prática virtual pode ampliar os campos de exploração de conteúdos escolares, como exemplo, as comparações de imagens lunares instantâneas realizadas por Micha (2018) só se tornam possíveis após o uso de tecnologias que estão disponíveis em rede e com fácil acesso aos discentes. Neste caso o uso do *Stellarium* permitiu a integração de diversas partes do mundo para a construção de conceitos aos alunos de uma determinada localidade.

Podemos destacar uma vasta gama de trabalhos que utilizam de maneira direta o *Software Stellarium*, sendo de maneira corriqueira tratado como Objeto Virtual de Aprendizagem (OVA). Esta perspectiva é colocada nas palavras de Longhini e Menezes (2010) que trazem uma definição precisa deste *Software*:

“O *Stellarium* é um programa gratuito, de código-fonte aberto, que se constitui, segundo nossa interpretação, em um OVA com ampla capacidade para explorar aspectos relacionados à Astronomia. Ele permite mostrar o céu em condições muito próximas às reais, simulando o que podemos ver à vista desarmada ou empregando instrumentos astronômicos.” (LONGHINI; MENEZES, 2010)

As aplicações de *Softwares* com mesmas características que a do *Stellarium* nos permitem a interação de todos os discentes e ainda o reforço à aprendizagem significativa (BERNARDES, 2010), bem como a consolidação destes como facilitadores da aprendizagem de maneira geral.

Uma das possibilidades de utilização do *Software* é na elucidação a respeito das órbitas planetárias. Canalle (2013), no artigo intitulado “O Problema do Ensino da Órbita da Terra”, aponta que os livros didáticos por vezes trazem uma representação que não condiz com a real, em algumas situações mostrando a órbita da Terra com uma excentricidade menor e em outras maior do que o real. Nesse sentido, a utilização do *Software* também poderia contribuir para entender como é a órbita real dos planetas.

A proposta que é colocada aqui tem como base outro OVA que tem sido pouco tratado em literaturas voltadas para o tema. O *Star Walk 2* permite a mobilidade de ser acessado facilmente por qualquer *Smartphone* sem grandes problemas para a sua instalação, está disponível em versão gratuita e possui capacidade gráfica superior aos demais.

A prática descrita permite que a aprendizagem significativa seja alcançada, tendo em vista que podemos retirar do mundo virtual aspectos fotográficos através de capturas de imagens da tela de um celular e realizar medidas para obter os raios de órbitas dos satélites de Júpiter.

## Um panorama geral das Leis de Kepler

Por muitos séculos o principal problema da Astronomia foi a determinação com precisão da posição dos planetas, este trabalho de descrição perfeita da dança dos astros na abóboda celeste foi tentado por diversos modelos, alguns com grande precisão é claro, mas nem todos foram tão convincentes quanto os modelos de Cláudio Ptolomeu e Nicolau Copérnico. Mesmo assim o modelo de Ptolomeu e posteriormente o de Copérnico para o sistema solar não conseguiam descrever com a precisão necessária a posição de Marte, em que ocorriam desvios de aproximadamente 8 minutos de arco. (NUSSENZVEIG, 2002, p.193)

Embora os modelos de Copérnico e Ptolomeu tenham trazido grandes avanços para o entendimento do cosmos, tais como o cálculo de raios de órbitas (PIRES, 2010, p. 89), a medida da distância Terra-Sol (COPÉRNICO, 1990, p. 62) ou ainda a medida da distância Terra-Lua (MONTEIRO et al., 2018) era necessário abandonar os sistemas propostos e refinar as considerações realizadas, permitindo com que a exatidão fosse alcançada com novos modelos para o sistema solar.

Foi somente em 1608 que o matemático Johannes Kepler introduziu leis necessárias para acomodar os movimentos de todos os planetas e corrigir as discrepâncias entre o que era observado e o que era previsto pelos modelos utilizados até então (SPARROW, 2018, p. 07). Kepler através de dados observacionais de seu mentor, Tycho Brahe, e após muitas considerações realizadas conseguiu descrever, ao final de vários anos, o sistema solar. Estas leis aparecem resumidamente no trabalho de Lamberti (1996):

- “1° - Todos los planetas se mueven en órbitas elípticas con el Sol en uno de los puntos focales.
- 2° - El radio vector dibujado desde el Sol hasta cualquier planeta barre áreas iguales en intervalos de tiempos iguales.
- 3° - El cuadrado del periodo orbital de cualquier planeta es proporcional al cubo del semieje mayor de la órbita elíptica.” - (LAMBERTI, 1996)

A primeira Lei de Kepler foi primordial para ajustar a órbita do Planeta Marte aos dados experimentais, o que não foi possível mesmo com a utilização de Epiciclos e outros artifícios que eram presentes nos modelos predecessores.

Existe a dificuldade em se detectar a excentricidade de uma órbita planetária a olho nu, como por exemplo, a órbita da Terra. Almeida (2013) trata sobre essa dificuldade numa perspectiva interessante, onde primeiramente encontra o valor da excentricidade da órbita do nosso planeta a partir de dados já existentes para o diâmetro aparente do Sol e depois inicia uma empreitada em busca da medida deste parâmetro através de métodos próprios para encontrar o diâmetro aparente do Sol.

Quanto a segunda Lei de Kepler observa-se a relação de aumento ou diminuição com relação a velocidade em órbita do planeta, sendo maior quando próxima ao periélio e menor próxima ao afélio. Na definição de Thornton e Marrion (2014) a velocidade vetorial areal (área varrida pelo raio vetor que une o planeta ao Sol) é constante ao longo da trajetória descrita pelo planeta, tendo em vista que a força gravitacional segue a lei do inverso do quadrado da distância entre as massas envolvidas. A força gravitacional não havia sido descrita na época do desenvolvimento da segunda Lei de Kepler sendo somente publicada no ano de 1687. (NEWTON, 1995)

A terceira Lei de Kepler, que será objetivo deste trabalho, também pode ser apresentada de acordo com a sua formulação matemática. Sendo T o período de revolução de um planeta cuja órbita tem raio R podemos escrever:

$$T^2/ R^3 = \text{constante} \quad (1)$$

De acordo com Nussenzveig (2002, p. 195) Kepler tentava relações entre as órbitas dos planetas do Sistema Solar desde a sua juventude, e embora esta relação só tenha sido publicada muito depois de suas duas predecessoras foi exitosa tanto quanto, sendo aplicada aos planetas conhecidos até então, tal como mostramos na Tabela 1:

**Tabela 1: Verificação da terceira Lei de Kepler (Adaptado de NUSSENZVEIG, 2002, p. 195)**

Planetas	Valores de Copérnico			Valores Atuais		
	T (anos)	R (U.A.)	T <sup>2</sup> / R <sup>3</sup>	T (anos)	R (U.A.)	T <sup>2</sup> / R <sup>3</sup>
Mercúrio	0,241	0,38	1,06	0,241	0,387	1,00
Vênus	0,614	0,72	1,01	0,615	0,723	1,00
Marte	1,881	1,52	1,01	1,881	1,524	1,00
Júpiter	11,8	5,2	0,99	11,862	5,203	1,00
Saturno	29,5	9,2	1,12	29,457	9,539	1,00

Tendo em vista que as leis de Kepler são baseadas na lei do inverso do quadrado da distância entre as massas observa-se que os corpos que estejam sob a ação destas forças também seguirão as mesmas relações ou proposições apresentadas anteriormente. De acordo com Watari (2003, p. 53), a constante associada à órbita dos corpos ao redor de um objeto massivo, após o advento da teoria da gravitação, passou a ser identificada como:

$$T^2/ R^3 = 4\pi^2/G.M \quad (2)$$

Na equação (2) G é a constante universal de gravitação e M a massa do corpo central, assim podemos calcular o valor da constante de Kepler para qualquer sistema, desde que conheçamos o valor da massa do objeto central.

Podemos utilizar a última equação mostrada para calcular o valor da constante de Kepler, ou, a partir de medidas experimentais, realizar previsões sobre o raio da trajetória de satélites naturais, o que em verdade foi realizado pelo idealizador da teoria, para Júpiter, tal como é mostrado em Oliveira Filho e Saraiva (2017):

“Galileo, que descobriu os satélites de Júpiter, comunicou seus dados a Kepler, que verificou que eles obedeciam às Três Leis de Kepler, porém com um valor da constante K diferente na 3ª lei” (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2017, p. 71)

Em análises realizadas por Iachel e Nardi (2010, p. 225) sobre publicações relacionadas à Astronomia em dois periódicos de grande circulação nacional (Caderno Brasileiro de Ensino de Física e Revista Brasileira de Ensino de Física) do período de 1990 até 2008, podemos ver que o tema órbitas de planetas/Lei de Kepler corresponde a apenas 8,6% do total dos artigos listados. Desses citados, nenhum trás ênfase na Terceira Lei de Kepler e não é apresentado um ambiente de aplicação além do próprio sistema solar.

Ao realizarmos uma inspeção das aplicações da Terceira Lei de Kepler em alguns livros didáticos, (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2013; TORRES e. al., 2013; DOCA; BISCUOLA; BÔAS, 2016), não constatamos aplicações do tópico ao maior dos planetas do sistema solar, que constitui por si só em um sistema em menor escala. Não foram verificadas menções, nem ao longo do texto e nem através de exercícios, ao fato histórico ou a possibilidade de construção do tema mostrando assim a carência de materiais sobre essa especificidade ao contexto do ensino de Astronomia/Astrofísica aos discentes de ensino médio.

A prática que foi planejada tem como objetivo a verificação da terceira Lei de Kepler ao Sistema Júpiter-satélites, permitindo com que sejam medidos através do Aplicativo *Star Walk 2* o valor do raio da trajetória e também do período da órbita das chamadas luas galileanas. Neste caso observa-se que os discentes realizarão os mesmos procedimentos executados por Galileu Galilei e Johannes Kepler durante as explorações visuais do início do século XVII, que marcaram a História da Ciência.

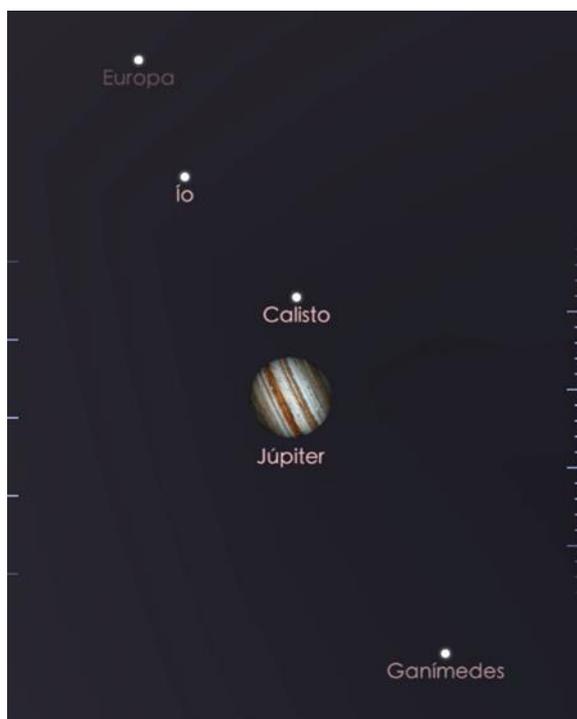
### **Raios de órbita e períodos, utilizando capturas de imagens do *smartphone***

Ao utilizarmos o aplicativo *Star Walk 2* podemos obter a visualização de uma vasta gama de características dos planetas do sistema solar, indo desde informações básicas até aquelas que podem ser obtidas através de verificações diretas, tais como as manchas planetárias e outros aspectos visuais. É possível encontrar uma estimativa do tempo de duração de uma rotação em torno do próprio eixo de um planeta através de modificações na escala de tempo do aplicativo, avançando-o ou retrocedendo-o e assim verificar o valor da grandeza desejada.

Pode-se também recorrer a ícones que permitem informações diretas, tais como o diâmetro e raios de planetas, valores de gravidade e horários para observações dos astros. A visualização do planeta em formato 3D permite com que tenhamos uma verificação de características importantes, tais como anéis, tempestades e manchas características, o que auxilia quem nunca observou os astros através de um telescópio a distingui-los uns dos outros.

O *Stellarium*, é um OVA que possui mais recursos, no entanto para esta proposta didática, em que necessitamos de características gráficas de maior qualidade, a opção pelo *Star Walk 2* se faz necessária. Outro aspecto positivo com relação ao *Star Walk 2* é a sua utilização intuitiva, permitindo com que o docente não despenda tempo ensinando ao aluno seu manuseio a otimização do tempo.

Para encontrar o Planeta Júpiter no aplicativo localize a linha eclíptica e mova a tela ao longo deste traçado buscando-o. Ao realizar a localização toque no Planeta de modo a selecioná-lo e deixá-lo fixo na tela do *smartphone*. Podemos ver após aproximarmos (zoom) a tela do aplicativo, os quatro satélites galileanos (Io, Europa, Calisto, Ganímedes), tal como observamos na Figura 1.



**Figura 1: Vista geral de Júpiter os satélites galileanos (Io, Europa, Calisto e Ganímedes)**

Ao selecionarmos qualquer dos satélites naturais disponíveis observaremos uma linha indicativa da trajetória, que permitirá saber qual destes é mais distante e qual é mais próximo Planeta. Selecione primeiramente o satélite Io e afaste o campo de visão até que o planeta e a trajetória do satélite caibam totalmente na tela do *smartphone*. Isto permite com que a tela fique fixa no objeto selecionado.

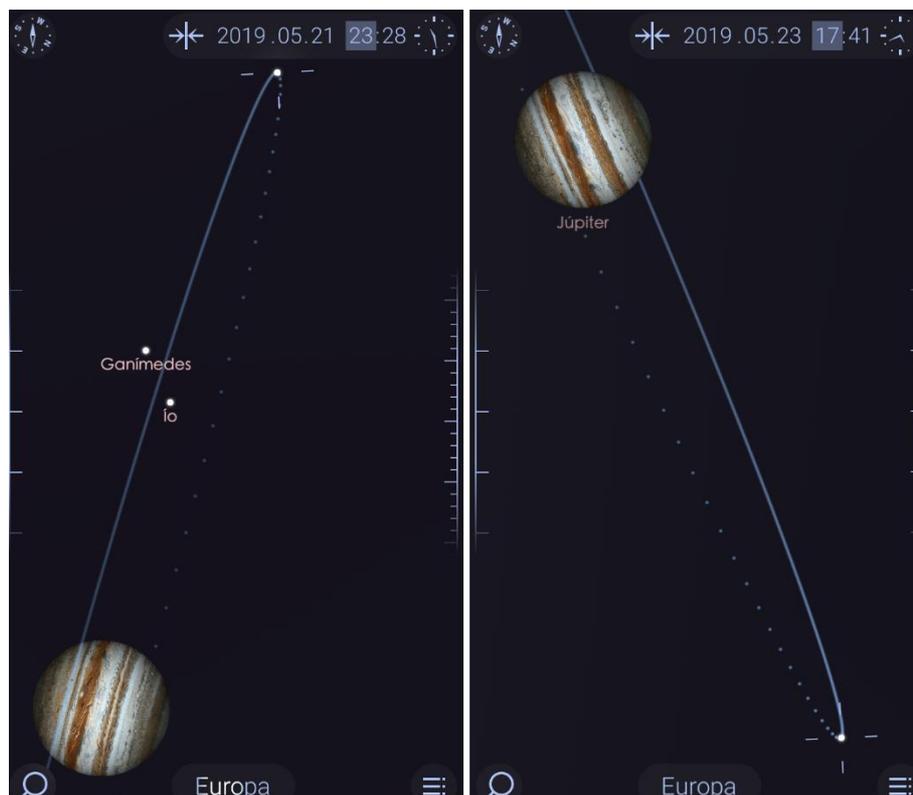
Toque no relógio que aparece no aplicativo no canto superior direito e observe que aparecerá uma linha de grade na lateral direita que pode ser movimentada, fazendo a data avançar ou retroceder. Avance (ou atrase) a data até que o Io esteja no ponto de retorno de sua órbita, ou seja, no ponto em que de acordo com o observador ele muda de sentido. Para aumentar a precisão com relação a hora e minutos dê novamente o zoom e observe se o satélite realmente está no ponto de retorno. Caso esteja aumente o campo de visão e novamente faça com que o planeta e o satélite ocupem os extremos da tela do *smartphone*, não permitindo com que ocorra cortes em qualquer parte de ambos.

Estes procedimentos foram repetidos para dois momentos diametralmente opostos da trajetória do satélite e aparecem na Figura 2:



**Figura 2: Io em seus pontos de retorno na órbita, diametralmente opostos.**

O intervalo de tempo entre esses dois momentos, consecutivos, corresponde à metade do período de revolução do satélite ao redor do planeta. Assim facilmente podemos obter o período apenas através de subtrações e conversões simples. Os mesmos procedimentos podem ser aplicados para os outros três satélites para que possamos realizar a medida do período ou ainda para calcularmos o valor aproximado do raio desta órbita, considerando a trajetória circular. Na Figura 3 podemos observar dois momentos de Europa, o segundo mais próximo de Júpiter daqueles que foram descobertos em 1610.



**Figura 3: Europa em dois momentos distintos, e em posições diametralmente opostas.**

Para Calisto, o mais distantes dos satélites galileanos, não fizemos capturas de tela com a inclusão de Júpiter (apenas os horários e datas em que o satélite ocupava os pontos máximos da órbita diametralmente opostos entre si), pois podemos encontrar o raio da órbita sabendo a constante de Kepler e tendo o período completo de revolução, tal como foi mostrado anteriormente, no entanto para Ganímedes a Figura 4 mostra o resultado, novamente para os mesmos dois pontos que são diametralmente opostos na órbita do planeta.

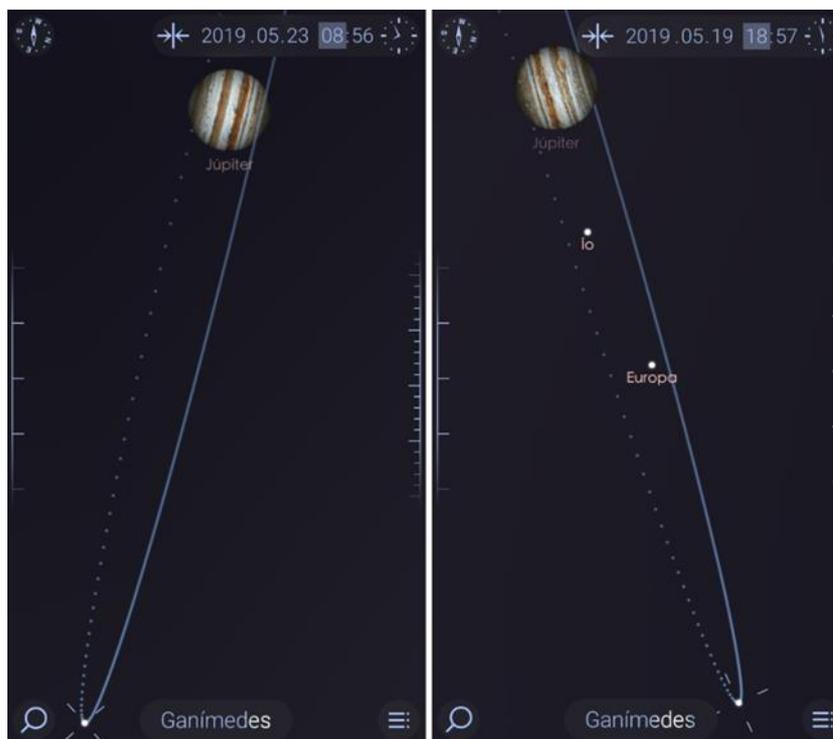


Figura 4: Ganímedes em dois momentos distintos, e em posições diametralmente opostas

Observamos que para encontrarmos o período de revolução o intervalo de tempo que será encontrado entre as duas Figuras de Io, Europa e Ganímedes deverá ser multiplicado por 2, já que o período é dado como o intervalo de tempo para uma oscilação completa e o que é mostrado nas Figuras é meia oscilação.

### UM MATERIAL POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO: UMA TRANSPOSIÇÃO DO VIRTUAL PARA O REAL.

Para que as implicações da proposta desenvolvida se tornem mais amplas ao contexto do ensino de Astronomia e que se estendam além do ambiente virtual se faz necessária a apresentação aos discentes de um material potencialmente significativo (uma imagem, um símbolo, uma proposição, uma ação e etc.), do contrário teríamos apenas o conjunto de imagens armazenado na memória do equipamento esperando a sua utilização. Devemos pensar em uma metodologia de medidas e materialização dos dados retirados por meio do aplicativo e assim aproximar o aluno de aspectos já conhecidos por ele.

O conceito de Material Potencialmente Significativo foi primeiramente apresentado pelo psicólogo David P. Ausubel (1968) que fundamentou a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), expondo as suas nuances e solidificando as suas bases. De acordo com este estudioso:

“A essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira substantiva (não-literal) e não arbitrária ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a um aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante para a aprendizagem dessas ideias” (AUSUBEL, 1978, p. 41)

Ao nos referirmos sobre um material potencialmente significativo estamos, de acordo com Moreira (2011, p. 26), trazendo um conteúdo a ser aprendido que tenha significado ao aluno. Desta forma Moreira traz sua assertiva com relação à aprendizagem mecânica ou automática como consequência do relacionamento arbitrário e literal entre a estrutura cognitiva e o material de aprendizagem:

“Quando o material de aprendizagem é relacionável à estrutura cognitiva somente de maneira arbitrária e literal que não resulta na aquisição de significados para o sujeito, a aprendizagem é dita mecânica ou automática. A diferença básica entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica está na relacionabilidade à estrutura cognitiva: não arbitrária e substantiva versus arbitrária e literal” (MOREIRA, 2011, p. 26)

Práticas exitosas utilizando os conceitos da TAS em ambientes virtuais tem se mostrado constantes nas bibliografias, tendo em vista o grande avanço tecnológico e a popularização destes meios na sociedade. Podemos citar como exemplo o trabalho desenvolvido por Silva e Furtado (2012), em que ocorrem verificações sobre a concepção dos modelos para o Sistema Solar de alunos de 9º ano. Embora a prática em ambientes computacionais fosse uma constante durante a investigação foi possível observar uma representação real (através de desenhos, esquemas e textos) dos modelos presentes na estrutura cognitiva do discente.

Esta metodologia pode ser buscada neste trabalho, tendo em vista que as imagens capturadas pelo *smartphone* referentes a tela do aplicativo são semelhantes a astrofotografias de objetos celestes, tais como o próprio Júpiter. Assim a verificação das razões e proporções existentes entre a imagem do aplicativo e Júpiter e seus satélites podem se dar de maneira mais próxima do discente, ou seja, de maneira real. Outro aspecto importante é a facilidade de realizar medições através da utilização de alfinetes, fazendo com que a medida seja mais precisa.

Para isto a impressão das imagens em tamanho A4 se fez necessária, foi realizada a fixação destas em uma placa de isopor de 15mm utilizando alfinetes com cabeça. Para as marcações dos pontos de medida dos astros das imagens foram utilizados alfinetes sem cabeça de nº 29, pois são finos tendo menos de 1mm de diâmetro. As Figura 5 e Figura 6 mostram a confecção do material.

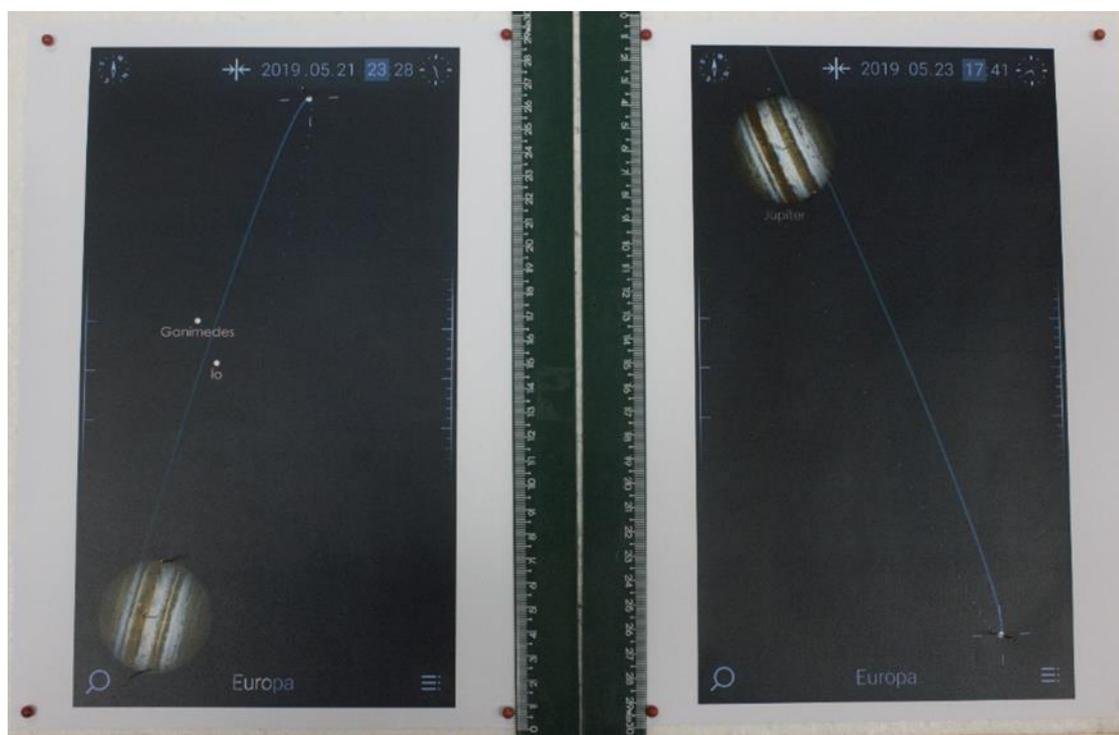


Figura 5: Material didático para a medida dos raios e distâncias.

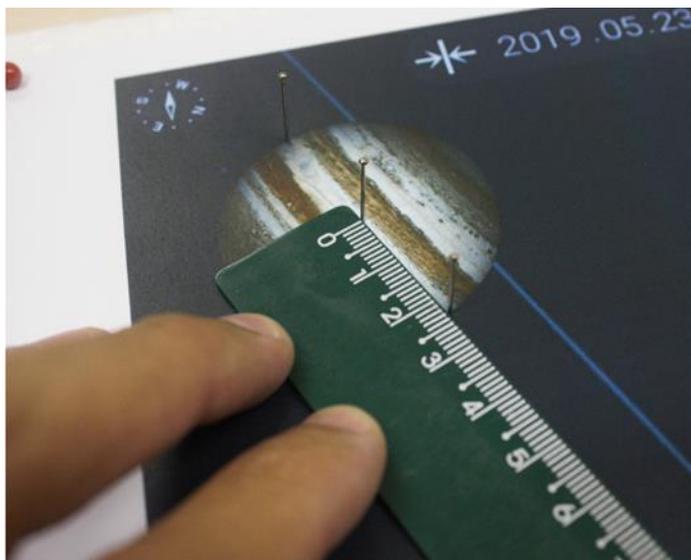


Figura 6: Realização da medida do raio do planeta da captura de tela.

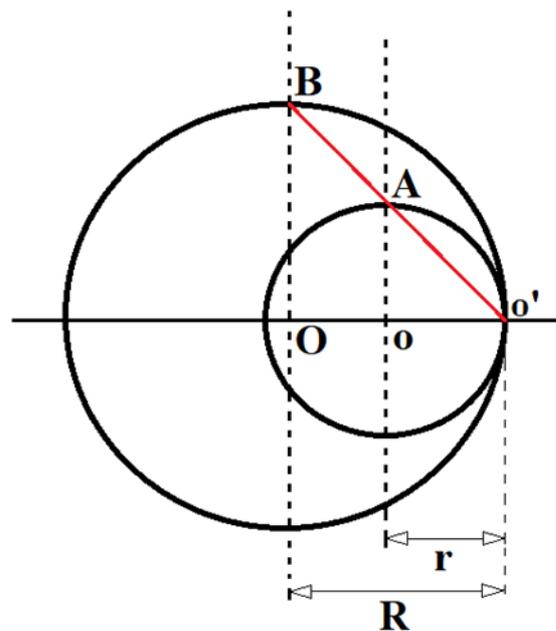
Os materiais utilizados nesta prática são de fácil acesso e permitem com que docentes o realizem sem prejuízo da prática em virtude de custos excedentes, os resultados obtidos serão comentados na sessão seguinte, onde estarão divididos em quatro aspectos essenciais para o entendimento completo do trabalho.

## RESULTADOS OBTIDOS, E FUNDAMENTAÇÃO MATEMÁTICA

### O valor do raio da órbita dos satélites de Júpiter

Para cada satélite foram realizadas capturas de dois momentos, tais como já mencionamos, ou seja, teríamos imagens de dois pontos que são diametralmente opostos. Desta maneira teríamos dois momentos para fazermos medidas de distâncias e estas distâncias estavam completamente dentro dos limites de uma régua de 30cm.

Podemos utilizar o valor do raio equatorial do planeta que é informado pelo próprio aplicativo para podermos calcular uma relação que proporcionalidade. Tendo em vista que a semelhança de triângulos pode ser aplicada observa-se uma maneira de obter os valores dos raios das órbitas dos satélites. A Figura 7 auxilia na compreensão da proporção.



**Figura 7:** Esquema representativo da semelhança de triângulos obtida entre os raios do Planeta Júpiter e da figura.

Observamos na Figura 7 dois círculos, o de raio  $R$  e origem em  $O$  e o de raio  $r$  e origem em  $o$ , ambos dividem o eixo horizontal, que no caso planetário é o eixo equatorial, desta forma as figuras têm como ponto comum  $o'$ . Os pontos  $A$  e  $B$  estão marcados no seguimento que une os raios do círculo  $o$  (sobre o eixo horizontal) e  $O$  (pertencente ao eixo vertical). Com base na figura e aplicando sucessivamente o teorema de Tales podemos dizer que todos os ângulos dos triângulos  $OBo'$  e  $oAo'$  são iguais entre si e assim podemos recorrer às semelhanças de triângulos para encontrar uma relação de proporção entre  $r$  e  $R$ .

Canalle (1994) utiliza o artifício de uma fita de tamanho mensurável para os alunos, utilizando uma relação de proporção para poder tornar possível a concepção das distâncias astronômicas no sistema solar, tornando significativo para o aluno as distâncias do planeta com relação ao Sol.

De acordo com Muniz Neto (2013, p. 158) dois triângulos são semelhantes se existir uma relação biunívoca entre os vértices de ambos, teremos então uma correspondência entre os lados equivalentes e através disso a razão  $R/r$  será a escala de transformação para qualquer medida realizada nas capturas de tela.

Na Tabela 2 podemos observar os valores dos raios das órbitas das três primeiras luas galileanas, onde utilizamos o valor de 71 492 km para o raio equatorial de Júpiter, tal como Oliveira Filho e Saraiva (2017, p. 101) nos informa.

**Tabela 2: Medidas dos raios das órbitas das três primeiras luas Galileanas (Io, Europa e Ganímedes)**

Satélite	Raio do planeta (cm)	Raio da órbita (cm)	Raio medido (km)
Io	1,85	11,15	430.884
	3,00	18,40	438.484
Europa	2,40	22,65	674.706
	2,35	22,30	678.413
Ganímedes	1,50	24,00	1.143.872
	1,50	23,50	1.120.041

Na próxima sessão os dados referentes ao período dos planetas serão apresentados, bem como as comparações com os valores mostrados em bibliografias, isto nos servirá para quantificar a qualidade da proposta e também para obter o valor da constante de Kepler para o Sistema Júpiter-Satélites.

### O valor do período de revolução dos satélites.

Para o período de revolução de cada satélite ao redor de Júpiter foi possível encontrar valores que se aproximavam muito dos existentes em bibliografias (IACHEL, 2009). Estes dados podem ser encontrados com o auxílio de conversões de minutos em horas e através de subtrações entre os dias. Utilizamos a equação (3) para obter o período dos quatro satélites analisados, sendo D2 e D1 as datas final e inicial e H2 e H1 as horas final e inicial respectivamente.

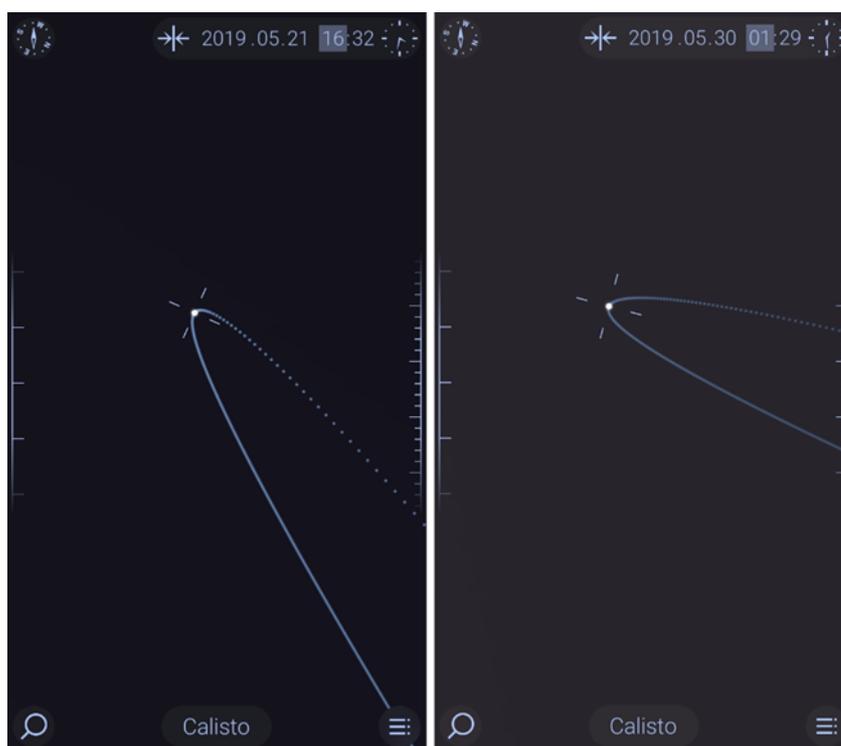
$$\text{Período} = \{(D2 - D1) + [(H2 - H1)/24]\} \times 2 \quad (3)$$

Na Tabela 3 os dados foram modificados para obtermos valores numéricos em dias para o período de rotação das luas galileanas ao redor de Júpiter, então a 01:30 foi colocado como 1,5.

**Tabela 3: Medidas dos períodos de revolução das três primeiras luas Galileanas (Io, Europa e Ganímedes).**

Satélite	Data	Hora (h)	Período (dias)
Io	23/05/2019	1,5	1,757
	23/05/2019	22,58	
Europa	21/05/2019	23,46	3,518
	23/05/2019	17,68	
Ganímedes	19/05/2019	18,95	7,165
	23/05/2019	8,93	
Calisto	21/05/2019	16,53	16,746
	30/05/2019	1,48	

Para Calisto foram utilizadas as imagens que aparecem na Figura 8, sendo necessários, para a nossa análise apenas os valores das horas e dias em que o satélite se encontra na posição de máximo da órbita de acordo com o observador externo.



**Figura 8: Calisto em dois momentos distintos, e em posições diametralmente opostas**

Os dados das Tabela 2 e Tabela 3 podem ser comparados com aqueles obtidos através de Iachel (2009), que em seu artigo evidencia os aspectos que estamos investigando com relação a estas quatro luas galileanas. Através da comparação dos dados com relação a Tabela 4 observa-se a concordância das variáveis mencionadas, ou seja, raios e períodos.

**Tabela 4: Dados dos períodos de revolução e dos raios médios das três primeiras luas Galileanas (Io, Europa e Ganímedes) de acordo com Iachel (2009).**

Satélite	Distância média a Júpiter (km)	Período Orbital (dias terrestres)
Io	421 769	1,769
Europa	671 079	3,551
Ganímedes	1 070 428	7,155
Calisto	1 882 759	16,689

Os erros experimentais devido as medidas para os valores dos raios das órbitas das luas galileanas (Juraitis e Domiciano, 2009) com relação aos valores que foram apresentados por Iachel estão entre 0,54% (medida de 674.706 km para o raio da órbita de Europa) e 6,86% (medida de 1.143.872 km para o raio da órbita de Ganímedes) permanecendo dentro do aceitável.

Para os períodos de revolução dos satélites a concordância com os dados do autor referência é ainda maior, sendo o maior percentual de erro de 0,92% (medida de 3,518 dias terrestres para o período de revolução calculado de Europa contra 3,551 dias terrestres presente na literatura consultada) e o menor de 0,13% (medida de 7,165 dias terrestres para o período de revolução calculado de Ganímedes contra 7,155 dias terrestres presente na literatura consultada).

Estes valores encontrados permitem que sejam calculados os dados referentes ao valor da constante de Kepler para o sistema Júpiter-satélites tal como foi realizado por volta de 1610 pelo próprio Kepler, devido à necessidade de provar a descoberta de Galileu Galilei (GALILEI, 2015, p. 105).

### **O valor da constante de Kepler para o sistema Júpiter-satélites**

Com os dados da Bibliografia consultada (IACHEL, 2009) e apresentados na Tabela 4 o valor da Constante de Kepler pode ser calculado facilmente. Após a conversão dos valores apresentados para os períodos de revolução dos satélites para ano terrestre e os raios das órbitas, serem transferidos para U.A. (Unidade Astronômica), obtivemos como média dos valores calculados da constante para Io, Europa, Ganímedes e Calisto o valor de  $1057 \text{ (ano)}^2/(\text{U.A.})^3$ .

Este valor é bem maior que o dos planetas do sistema solar durante a órbita ao redor do Sol  $1 \text{ (ano)}^2/(\text{U.A.})^3$ . A razão para isto reside no fato de comparativamente os raios das luas galileanas serem bem menores que os raios das órbitas dos planetas ao redor da estrela e pela equação (1) a constante ser inversamente proporcional ao cubo do raio de revolução.

Com as três medidas experimentais dos satélites, apresentados nas Tabela 2 e Tabela 3, calculamos o valor da Constante de Kepler em que a média é igual a  $954 \text{ (ano)}^2/(\text{U.A.})^3$ . Os valores individuais continham erros que variaram entre 3,4% (medida de  $1021 \text{ (ano)}^2/(\text{U.A.})^3$  para Europa comparado com o que é presente na literatura consultada) e 17,8% (medida de  $869 \text{ (ano)}^2/(\text{U.A.})^3$  para Ganímedes comparado com o que é presente na literatura consultada), enquanto que o valor do erro entre as médias se situou na casa dos 9,7%.

Observe que agora podemos completar a Tabela 2, com o raio da órbita de Calisto, através de outro método, ou seja, conhecidos o valor da constante de Kepler para o sistema e também o do período de revolução do satélite pode-se através da equação (1) obter facilmente o valor de R, que após as conversões de unidade de medida e outros aspectos simples nos dará 0,01302 U.A. ou 1.952.782 km. Os dados encontrados para o raio da órbita de Calisto possuem erro experimental de 3,7% com relação ao valor que se encontra na Tabela 4.

É fácil verificar a precisão da atividade que foi proposta, tendo em vista que o maior erro foi obtido para a constante de Kepler, no entanto mesmo neste caso outros valores se mostraram bem mais precisos e a diminuição dos erros nesse caso foi visível. A proposta que foi colocada é, além de uma prática em OVA, uma atividade de verificação da terceira Lei de Kepler, que na maioria dos casos é aplicada durante as aulas somente aos planetas do sistema solar, e exemplos como esses são esquecidos, passando despercebidos que poderiam ser extremamente proveitosas e permitir a aprendizagem significativa.

## **UMA PRÁTICA DOCENTE, ASPECTOS GERAIS, DIFICULDADES E ÊXITOS**

### **Uma visão geral da prática: o ambiente de aprendizagem e público-alvo**

Atualmente, dentro do contexto educacional, existem diversos aspectos que impedem aos docentes a adoção de práticas diversificadas no ensino de ciências, em especial quando nos referimos a aplicações de Tecnologias de Informação e Comunicação – TIC, dentre estes podemos citar a falta de infraestrutura nas escolas, que é trazida por Branco et al. (2018), como principal consequência da falta de investimento de recursos financeiros pelo poder público. Mesmo com todas as dificuldades, não deixam de existir esforços no sentido de ampliar as possibilidades de aplicação das TIC no ensino, especialmente quando tratamos do ensino de ciências.

Os resultados da aplicação da proposta didática apresentada nas páginas anteriores e que foi fruto de práticas docentes diversificadas, nos permitem a visualização do alcance da metodologia no ensino do tópico de astronomia com a utilização das TIC e a consolidação de uma aprendizagem duradoura e significativa, tal como preconiza a TAS.

A prática docente que será apresentada foi conduzida por graduandos do curso de licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus Porto Velho – Calama, sob a supervisão de docentes de Física, como parte de atividades extracurriculares aos alunos de ensino médio da mesma instituição. A atividade foi realizada nos primeiros meses letivos do ano de 2020, aos discentes do primeiro ano do ensino médio técnico/integrado.

Para os propósitos da prática desenvolvida os alunos do ensino médio deveriam ter como conhecimentos básicos aqueles referentes a cinemática, e conhecimentos sobre o sistema solar e isto foi verificado através de um questionário de sondagem com perguntas simples sobre os temas que consideramos como os subsunçores da prática e que iriam ser revisitados no decorrer da aula expositiva.

Estes aspectos verificados no questionário de sondagem foram imprescindíveis para o conhecimento dos aspectos cognitivos da turma, fazendo com que tivéssemos um olhar diferenciados aos que tinham dificuldade em aprender o conteúdo de Física e os que tinham lacunas muito grandes no conhecimento solicitado para o bom aproveitamento no questionário.

### **Características da turma e problemas enfrentados**

A turma era composta em sua maioria por alunos que cursavam pela primeira vez o primeiro ano do ensino médio, consistia no curso técnico integrado em química do período vespertino, sendo formada por discentes com idade que variava entre quatorze e dezesseis anos. Antes de realizarmos a introdução dos conceitos foi possível observar que todos os alunos possuíam *smartphones* com acesso à internet disponibilizado pela instituição através de rede wi-fi.

A turma em geral manteve um bom comportamento, sendo receptivos, participativos e colaborativos, tanto da pré-disposição em participar das aulas como em termos de empenho ao que lhes foi solicitado por parte dos docentes para que um possível êxito no desenvolvimento do projeto fosse alcançado. A instalação do aplicativo foi solicitada de maneira prévia pelo docente titular da disciplina, que realizou o acompanhamento com o intuito de permitir com maior fluidez da prática que se realizaria nas aulas seguintes.

As turmas da instituição, em geral, possuem um quantitativo de 35 alunos e este foi o número máximo de integrantes que participaram da prática docente, tal como pode ser visto na Figura 09. Um dos aspectos primordiais para a escolha do *Star Walk 2* foi a sua disponibilidade em todas as plataformas de *smartphones* utilizados pelos discentes, sendo totalmente gratuito em oposição a outros, tais como o *Stellarium*. Outro aspecto notável no aplicativo utilizado é o fato de ser desnecessária a utilização da conexão com internet para a execução e utilização. Isto permite uma diminuição de custos adicionais e a utilização do aplicativo independentemente do local onde se desenvolverá a prática.



Figura 9: Visão geral da turma durante a apresentação do aplicativo aos discentes.

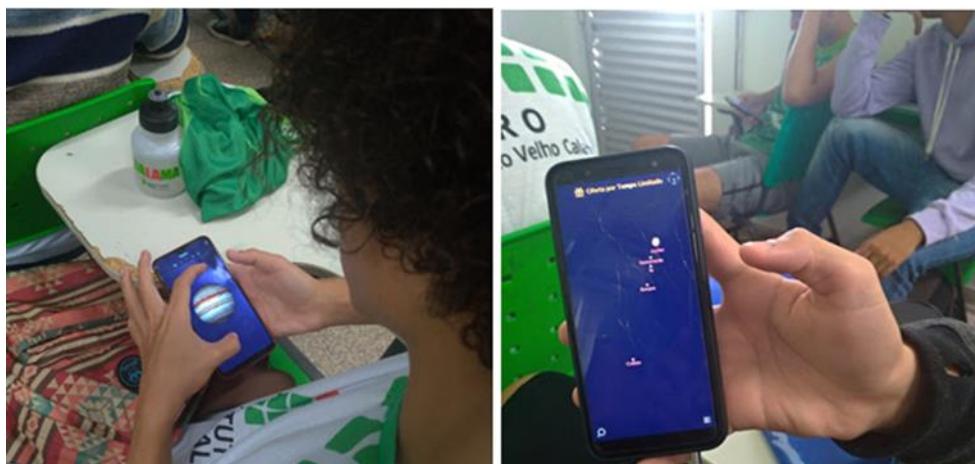
### Desenvolvimento da aula

A prática docente consistiu em uma sequência de etapas utilizando recursos didáticos como: slides, vídeos, tutoriais e os *smartphones* dos alunos. Foram despendidas seis aulas, ao longo de três semanas (sendo dois destes momentos por semana), para o esgotamento de todas as possibilidades da pesquisa. Ao início foi aplicado o questionário de sondagem e em seguida o pré-teste que consistia em 5 (cinco) questões que ao término da prática docente se repetiriam, consistindo assim no pós-teste. Adiante, ao fazermos as análises dos resultados obtidos, comentaremos algumas destas e faremos comparações que poderão nos dar uma visão geral do aprendizado dos alunos. As primeiras duas aulas foram utilizadas para este propósito, ou seja, a sondagem do conhecimento prévio e pré-teste que foi o tempo necessário para o desenvolvimento dos levantamentos de dados iniciais.

As duas aulas seguintes foram dedicadas ao desenvolvimento dos aspectos teóricos referentes às Leis de Kepler onde desenvolvemos uma aula expositiva com tempo total de 30 minutos. Todos os tópicos que constam na sessão 2 deste artigo foram abordados dentro de sala de aula transpondo para o nível dos alunos e visando o entendimento dos conceitos que seriam utilizados a posteriori. Nos 20 minutos restantes exercitamos os conceitos através de listas de exercícios que eram respondidas em conjunto. A ênfase deste material estava voltada para a terceira Lei de Kepler que era o objetivo final de toda a prática.

Na terceira aula comentamos alguns exercícios da lista e reforçamos conhecimentos que não haviam sido apreendidos de maneira completa. Observamos algumas dificuldades com relação às operações matemáticas e que foram sanadas durante a explicação e resolução no quadro. Tendo em vista a necessidade de compreensão dos tópicos teóricos para sustentar a prática que se daria nas duas aulas seguintes reforçamos a compreensão das Leis de Kepler e de outros tópicos relacionados.

Nas duas aulas seguinte (quinta e sexta) foram desenvolvidos todos os principais mecanismos da proposta didática que constitui o escopo deste trabalho, em especial a exploração das potencialidades que o Objeto Virtual de Aprendizagem poderia nos proporcionar, um destes, a visualização de características dos planetas, pode ser visto na Figura 10.



**Figura 10: a) Visualização das características do planeta Júpiter pelos alunos através da utilização aplicativo; b) visualização do sistema Júpiter-satélites.**

Como ponto de partida destas aulas foi destinado aos alunos um tempo para que explorassem o aplicativo e simultaneamente iam sendo tecidos comentários acerca de constelações e algumas curiosidades que o aplicativo poderia mostrar.

Em seguida foram destacados pontos importantes do planeta Júpiter que iam desde a origem do nome até a quantidade de satélites naturais e, em especial, aqueles que seriam tema da aula. Para isto se fez necessário a utilização de vídeos que foram, ao mesmo tempo, comentados pelo docente e, em alguns momentos, os alunos compartilhavam os conhecimentos sobre aquele planeta com todos os demais.

#### **A aferição do impacto da proposta: comparação entre pré-teste e pós-teste**

Ao término da última aula os discentes foram solicitados a responder o pós-teste, tendo em vista a necessidade de comparar os conhecimentos que foram obtidos ao final da prática. Os testes consistiam em perguntas que estavam relacionadas de maneira direta ou indireta as Leis de Kepler, e que haviam sido tratados ao longo de toda a prática docente. Seleccionamos as três primeiras questões para a apresentação dos dados, tendo em vista que a relação com a Terceira Lei era direta, no entanto para as outras duas questões obtivemos os mesmos comportamentos, onde sempre o índice de acerto é maior que o de erros ao compararmos pré-teste e pós-teste.

Para a Questão 01: De acordo com os exercícios realizados em sala de aula, precisamos de dois dados para calcular a constante de Kepler para um determinado sistema. Quais são esses: a) Massa do planeta e período de translação; b) Raio da Órbita e Período de translação; c) Raio do planeta e volume do planeta; d) Massa do planeta e raio da órbita;

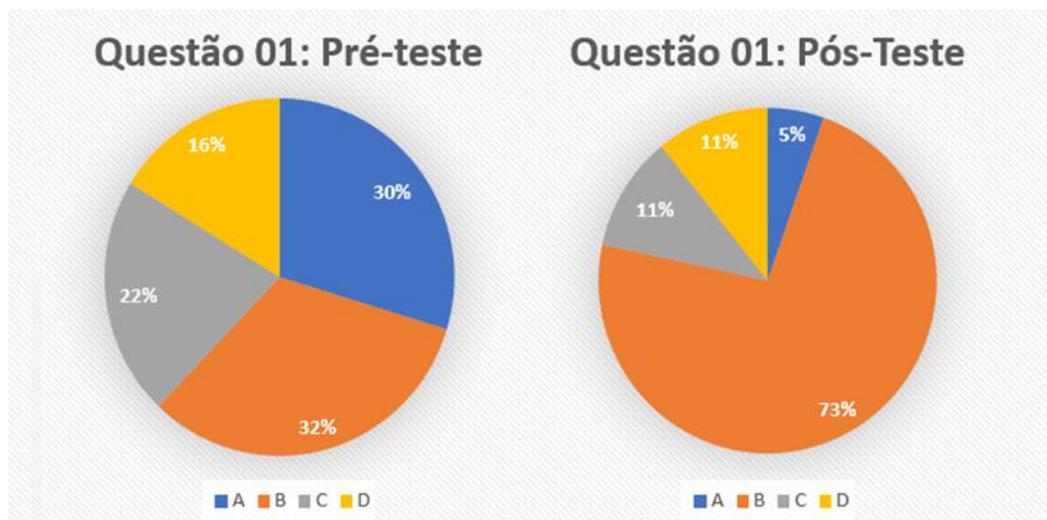


Figura 11: Comparação entre os resultados obtidos para a questão 01, em pré-teste e pós-teste, onde A, B, C e D são as alternativas apresentadas para este tópico do questionário.

Podemos observar que esta questão envolvia os conceitos que foram trabalhados dentro de sala de aula, tanto no que diz respeito às observações através do aplicativo quanto no que tange aos exercícios preparados e resolvidos por docente e alunos. A diferença entre os acertos no pré-teste (32%) e no pós-teste (73%) evidenciam que grande parte dos discentes conseguiram identificar os dados que devem ser utilizados para calcular o valor da constante de Kepler para o sistema Júpiter planetas.

Os que não lograram êxito no pós-teste (27%) foram geralmente os que tiveram menor participação nos grupos que foram se formando ao longo da aula. Evidenciando assim a necessidade de integrar todos os discentes as práticas de maneira ativa.

Para a Questão 02: "Os planetas descrevem órbitas elípticas ao redor do Sol, que está localizado num dos focos da elipse" esta afirmação pertence a qual lei de Kepler? a) 1° Lei de Kepler; b) 2° Lei de Kepler; c) 3° Lei de Kepler; d) Nenhuma das Leis de Kepler.

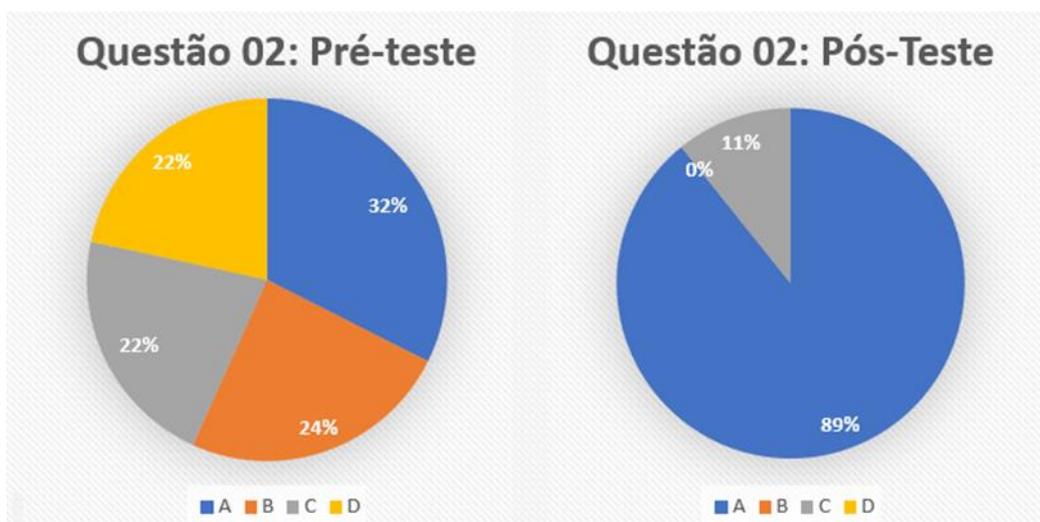


Figura 12: Comparação entre os resultados obtidos para a questão 01, em pré-teste e pós-teste, onde A, B, C e D são as alternativas apresentadas para este tópico do questionário.

Observa-se que durante o pré-teste a distribuição das respostas entre as alternativas era quase uniforme, com uma leve tendência para a alternativa correta, indicando que os discentes não tinham conhecimento sobre o tema de maneira coletiva. Em seguida, no pós-teste, os dados indicavam a tendência de diferenciação entre as Leis de Kepler e mesmo que a lei que tenha sido trabalhada de maneira mais intensa tenha sido a terceira os alunos não a associaram ao questionamento que havia sido colocado e foi obtido ao final 89% de acerto.

Para a questão 03: O maior planeta do Sistema Solar, Júpiter, tem vários satélites naturais, dentre os quais os mais importantes são: Io, Calisto, Europa e Ganimedes. Estes satélites obedecem às Leis de Kepler. Sobre estes satélites, podemos afirmar que: a) Todos ocupam a mesma órbita, sendo portanto, co-orbitais; b) Todos possuem a mesma constante de Kepler, mesmo que estejam a diferentes distância de Júpiter; c) Apenas a primeira e a segunda lei de Kepler são validas para todos os satélites. d) Apenas a segunda e a terceira lei de Kepler são validas para todos os satélites.

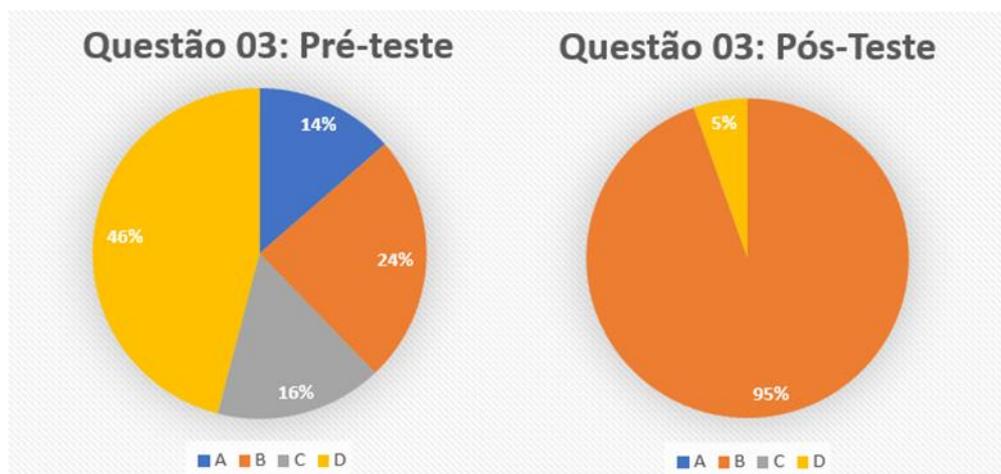


Figura 13: Comparação entre os resultados obtidos para a questão 01, em pré-teste e pós-teste, onde A, B, C e D são as alternativas apresentadas para este tópico do questionário.

Nesta questão, com relação a comparação entre pré-teste e pós-teste observa-se que existe uma conclusão conjunta dos grupos, em virtude da prática que foi colocada. Os discentes deveriam associar e aprender que todos os sistemas possuem sua constante de Kepler e assim foi realizado. Ao optarem pela alternativa b no pós-teste (95%) fica evidente a constatação da aprendizagem significativa deste aspecto, que foi possível graças à metodologia desenvolvida e a prática via aplicação dos Objetos Virtuais de Aprendizagem.

Estes resultados e as comparações realizadas do panorama anterior à prática, bem como posterior, permitem constatar a eficácia da proposta didática no desenvolvimento e aprendizado dos conceitos relacionados a terceira Lei de Kepler, explorando outros cenários além daquele usual que é o próprio sistema solar e seus planetas.

## CONCLUSÕES

Neste trabalho buscamos, através da atividade proposta, a verificação da terceira Lei de Kepler para o sistema Júpiter-Satélites. Observamos a concordância dos valores encontrados com os da bibliografia e obtivemos dados que estavam muito próximos dos reais. Foi possível também realizar a medida indireta do Raio orbital de Calisto, a lua galileana mais distante do maior de todos os planetas do sistema solar, todos estes aspectos só foram possíveis graças a aplicação de um Objeto Virtual de Aprendizagem.

A utilização do Aplicativo *Star walk 2* foi primordial para o desenvolvimento do trabalho, tendo em vista que ele pode atuar como facilitador da aprendizagem, e permitir a criação de um material potencialmente significativo. O professor ao trabalhar com o aluno seguindo os passos que foram apresentados no decorrer deste trabalho tem, além de toda a precisão dos dados, uma sequência didática que pode ser utilizada para facilitar a aprendizagem significativa, tanto das leis de Kepler, quando com relação aos aspectos mais primordiais do planeta estudado.

A educação pode ser explorada de maneira informal e não-formal, tendo em vista que o discente que não conheça o aplicativo ou qualquer outro apresentado nos mesmos moldes, passa a ter em mãos uma ferramenta para explorar os dados do nosso Sistema Solar mesmo não estando no ambiente escolar. Esta possibilidade de extração dos dados através de ferramentas matemáticas é de grande importância para a Astronomia e a aplicação desta metodologia pode até mesmo inserir o discente na carreira científica.

A constante de Kepler foi calculada com precisão de até 96,6% podendo causar no discente a certeza de que a Ciência pode realmente fornecer as respostas para as questões que se propõe. Esta sensação é de grande valor ao ensino, tendo em vista que pode atuar como motivadora de outras práticas que possuam o mesmo cunho com relação ao conhecimento.

Quanto aos raios das órbitas dos Satélites e ao período destes, observa-se que a concordância se mostrou melhor ainda. Assim somos categóricos em afirmar que a atividade não carece de modificações procedimentais podendo até mesmo serem aplicadas em ramos como a astrofotografia e outros. A atividade proposta desta maneira nos permite inserir o discente no ramo da astrofotografia, tendo em vista que o procedimento para a obtenção dos mesmos dados no mundo real é feito de maneira totalmente igual.

Outras propostas ou ainda a aplicação deste procedimento para outros planetas é algo inevitável e que provavelmente fará quem se aventure pelos caminhos' lograr os mesmos êxitos que foram mostrados neste trabalho. No entanto é observada a potencialidade deste em aplicações no âmbito escolar tendo em vista o tratamento que foi dado e mostrado no artigo com relação a concordância dos dados.

Dentro do contexto educacional a prática se deu de maneira completa, utilizando a mesma ordem de apresentação dos tópicos que foi colocada aqui, neste artigo, devendo ser necessária uma transposição para o nível escolar dos discentes de ensino médio. A atividade docente permitiu o alcance da aprendizagem, que é constatada pela comparação dos dados obtidos através de pré-teste e pós-teste. Observamos que os pontos chave desta prática foram apreendidos pelos alunos em especial quando observamos os índices de acerto crescentes entre os dois testes aplicados.

## Referências bibliográficas

ALMEIDA, Guilherme de; Um método simples e intuitivo para determinar a excentricidade da órbita da Terra. **Caderno Brasileira de Ensino de Física**, v.30, n.1, p. 165-176, abr. 2013.

AROCA, Silva Calbo; SILVA, Cibelle Celestino; Ensino de Astronomia em um espaço não formal: observação do Sol e de manchas solares; **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, 1402 (2011);

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H; **Educational psychology: a cognitive view**, 2° Edition, Nova York, Holt, Rinehart and Winston, 1978, p. 733

BERNARDES, Adriana Oliveira; Observação do céu aliada à utilização do *Software Stellarium* no ensino de Astronomia em turmas de educação de jovens e adultos (EJA); **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA**, n.10, p. 7-22, 2010.

BRANCO, Emerson Pereira; BRANCO, Alessandra Batista de Godoi; ZANATA, Shalimar Calegari; NAGASHIMA, Lucila Akiko; **A implantação da Base Nacional Comum Curricular no contexto das políticas neoliberais**; 1º ed.; Curitiba; Appris, 2018;

CANALLE, J. B. C; O Sistema Solar numa representação teatral. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.11, n.1, p. 27-32, abr. 1994.

CANALLE, J. B. G. O Problema do Ensino da Órbita da Terra, **Física na Escola**, v. 4, n. 2, 2003

COPERNICO, Nicolau; **Commentariolus: Pequeno comentário de Nicolau Copérnico sobre as suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes**/Introdução, tradução e notas Roberto Andrade Martins – São Paulo: Nova Stella; Rio de Janeiro: Coppe: MAST, 1990

DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Villas; **Física – Volume 1: Mecânica**, 3º edição, Editora Saraiva, São Paulo, 2016.

GALILEI, Galileu; **Sidereus Nuncius – O mensageiro das Estrelas**; Tradução, estudo e notas Henrique Leitão, 4º Edição, Fundação Calouste Gulgenkian – Lisboa 2015, 286p.

GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson; **Física – Volume 1**, 1º Edição, Editora Ática, São Paulo, 2013.

GASPAR, Alberto; O ensino informal de Ciências: de sua viabilidade e interação com o ensino formal à concepção de um centro de ciências; **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.9, n.2: p.157-163, ago.1992.

IACHEL, Gustavo; Evidenciando as órbitas das luas galileanas através da astrofotografia; **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA**, n.8, p. 37-49, 2009

IACHEL, Gustavo; NARDI, Roberto; Algumas tendências de publicações relacionadas à Astronomia em periódicos brasileiros de ensino de física nas últimas décadas, **Revista Ensaio**, v. 12, n. 02, p. 225 – 238, Belo Horizonte, 2010.

JURAITIS, Klemensas Rimgaudas; DOMICIANO, João Baptista; **Guia de Laboratório de Física Geral I**, EDUEL – Editora da Universidade Estadual de Londrina – Paraná. 2009, 224p.

LAMBERTI, Pedro W.; Astronáutica kepleriana; **Cad.Cat.Ens.Fis.**, v.13, n.2: p.154-164, ago.1996.

LANGHI, Rodolfo; NARDI, Roberto; Ensino da Astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica; **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 4, 4402 (2009)

LIBÂNEO, José Carlos; **Pedagogia e Pedagogos Para Quê?**; 12. ed. São Paulo, Editora Cortez, 2010;

LONGHINI, Marcos Daniel; MENEZES, Leonardo Donizette de Deus; Objeto virtual de aprendizagem no ensino de Astronomia: algumas situações problema propostas a partir do *Software Stellarium*; **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 27, n. 3: p. 433-448, dez. 2010.

MICHA, Daniel Neves; Fotos da Lua pelo Mundo: um projeto observacional registrado em fotografia sobre como as fases da Lua se comparam quando observadas dos Hemisférios Norte e Sul; **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 40, nº 3, e3310 (2018).

MONTEIRO Mário Antonio Alves; FREIRE, Afonso Holanda de Freitas; SOUZA, Cícero Jailton de Moraes SOUZA, Giselly Alexandre; LEITE, Ibson José Maciel; Um novo olhar para

o método de Ptolomeu de determinação da distância Terra-Lua; **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA**, n. 25, p. 25-37, 2018;

MOREIRA, M. A.; Aprendizagem Significativa: um conceito subjacente, **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review** – v1(3), pp. 25-46, 2011.

MUNIZ NETO, Antônio Caminha; **Tópicos de Matemática Elementar: Geometria Euclidiana Plana**, Rio de Janeiro, 2º edição: SBM, 2013. 464p.

NEWTON, Isaac; **The Principia**, Prometheus Book, New York, 1995;

OLIVEIRA FILHO, K. de S.; SARAIVA, M. de F. O., **Astronomia e Astrofísica**, 4º Ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017. 614p.

PIRES, A. S. T. **Evolução das Ideias da Física**, São Paulo, 2º edição: Editora Livraria da Física, 2011. 478p.

SILVA, Fernando Marcos; FURTADO, Wagner Wilson; Mediação computacional como fator de motivação e de aprendizagem significativa no ensino de ciências do 9º ano: tópicos de Astronomia; **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review** – V2(1), pp. 1-20, 2012

SILVA, Nelson Canzian; Laboratório virtual de Física Moderna: sistema para espectrometria gama; **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, 544 p. 542-562, ago. 2015.

SPARROW, G., **50 ideias de Astronomia que você precise conhecer**, 1º edição, São Paulo: Planeta, 2018. 215p.

TORRES, Carlos Magno A.; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo; PENTEADO, Paulo Cesar Martins; **Física: Ciência e Tecnologia – 1: Mecânica**, 3º Edição, Editora Moderna, São Paulo, 2013.

WATARI, Kazunori, **Mecânica Clássica**, volume 2, Editora Livraria da Física, São Paulo, 2003.