INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO RIO GRANDE DO NORTE
IFRN *CAMPUS* SANTA CRUZ
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

KEDMA DANTAS DA SILVA

O ENSINO DAS LEIS DE KEPLER COM O USO DO SIMULADOR *PLANETARY ORBIT*

SANTA CRUZ/RN

2017

Lua Cheia
Crédito da imagem: Kedma Dantas
Fonte:http://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2016/05/9-fotos-da-lua-azul-tiradas-por-leitores-da-galileu.html

KEDMA DANTAS DA SILVA

O ENSINO DAS LEIS DE KEPLER COM O USO DO SIMULADOR *PLANETARY ORBIT*

Monografia apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte *Campus* Santa Cruz, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador(a): Me. Roney Roberto de Melo Sousa

Co-orientadora: Dra. Lenina Lopes Soares Silva

SANTA CRUZ/RN

2017

KEDMA DANTAS DA SILVA

O ENSINO DAS LEIS DE KEPLER COM O USO DO SIMULADOR *PLANETARY ORBIT*

Monografia apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte *Campus* Santa Cruz, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Trabalho de Conclusão apresentado e aprovado em ___/____/____, pela seguinte Banca Examinadora:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Roney Roberto de Melo Souza- Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

---

Prof. Drª Lenina Lopes Soares Silva – Co-orientadora
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

---

Profª. M.ª Maria Emília Barreto Bezerra – 1ª Examinadora
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

---

Prof. Me. Ubaldo Fernandes de Almeida – 2º Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Dedico esse trabalho a Deus, à família, aos amigos e aos professores da Licenciatura em Física do IFRN *Campus* Santa Cruz/RN.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por permitir minha aprovação e continuidade no curso de Licenciatura em Física. Por me encorajar e colocar em mim o sentimento de que tudo dará certo.

Agradeço aos meus pais (Edilza e Rubens) por todo apoio e incentivo, sempre suprindo as minhas necessidades e me ajudando em oração, nos momentos em que eu pensava em desistir.

Aos meus amigos e familiares por me apoiarem e entenderem a minha ausência em momentos em que eu não podia comparecer por estar estudando para as disciplinas.

Ao meu orientador Roney Melo pelas orientações, dedicação e paciência em orientar o trabalho e por todo o apoio na reta final que foi de grande relevância.

Ao professor Ubaldo por ter aceitado o convite em participar da banca e por está sempre disposto a ajudar. Muito obrigada!

A minha Co-orientadora Lenina, que admiro desde o primeiro dia em que lecionou na minha turma. Uma professora dedicada que colabora para o avanço e a qualidade da educação. Obrigada pela paciência, orientações e conselhos

À diretora da Escola Estadual Professora Maria Lídia da Silva, situada em São Bento do Trairi/RN, Ana Tereza Umbelino, por permitir que a pesquisa fosse desenvolvida na escola. Ao professor César Augusto e professora Joseilda Viana, por liberar os seus horários de aula para que eu pudesse aplicar a pesquisa. Obrigada! Foi de grande importância o apoio de vocês.

Aos meus colegas de curso, que muito deles posso chamar de amigos(as), vocês me ensinaram a ser uma pessoa mais prestativa e preocupada com o próximo. Juntos vencemos muitas batalhas, não só as provas do Dr. Negri, que tanto nos aterrorizavam, mas batalhas psicológicas, em que os nervos ficavam à flor da pele e o sentimento de desistir sempre descia aos nossos corações. O medo do

futuro e as incertezas marcaram o começo e o fim do curso, mas fomos nos apoiando uns nos outros, encorajando mesmo quando precisávamos de encorajamento. Muito obrigada, meus amigos. Onde eu estiver, lembrarei sempre vocês. Aos meus professores do curso, pela paciência e dedicação.

Aos integrantes do Grupo de Astronomia do Trairi (G. A.T), pois foi por meio do grupo que surgiu o interesse e o gosto pela astronomia. Vivemos momentos inesquecíveis e compartilhamos muitos conhecimentos juntos.

Agradeço imensamente à professora Maria Emília, por tudo o que ela fez e continua fazendo por mim e por todos os alunos da Licenciatura em Física do *Campus* Santa Cruz/RN. Uma professora incrível, que nunca mediu esforços para ajudar.

Ao coordenador do curso o professor Ferreira e ao ex-coordenador professor Caio Vasconcelos, por se dedicarem à coordenação do curso de Licenciatura em Física, sempre preocupados com a educação e o futuro da Licenciatura do *Campus* Santa Cruz.

Enfim, a todos que contribuíram direto ou indiretamente para que tudo isso pudesse acontecer.

Muito obrigada!

“Ele é o Criador de todos os grupamentos estelares: a Ursa, o Órion, as Plêiades e as magníficas constelações do sul. “

(**BÍBLIA**, Jó 9,9)

RESUMO

Esta monografia tem como tema as Leis de Kepler que são fundamentais para a compreensão dos movimentos dos planetas, dos satélites naturais e artificiais e de qualquer corpo que orbite outro sob a influência da força gravitacional, sendo este conteúdo obrigatório no Ensino de Física no Ensino Médio do Brasil. Problematiza-se o uso de novas tecnologias para o Ensino de Física, em torno das leis de Kepler com o uso de simulações computacionais, precisamente o uso do Simulador *Planetary Orbit,* desenvolvido e disponível no *site* da Universidade de Nebraska, Estados Unidos. Objetiva-se além de fazer um levantamento bibliográfico acerca das Leis de Kepler, partindo dos primórdios da Astronomia à sua aplicação no Ensino de Física atual utilizando-se o simulador supracitado. A pesquisa também utilizou a técnica de aplicação de questionário sobre as Leis de Kepler em duas turmas do 1º Ano do Ensino Médio de uma escola pública. Em uma das turmas foi feito o uso de simulações computacionais, enquanto que na outra foi abordado o mesmo conteúdo sem uso do simulador. O que permitiu fazer uma análise comparativa com vistas a perceber de que maneira o uso de uma nova tecnologia pode facilitar a compreensão de um conteúdo. Considera-se que os resultados desse estudo se constituem em conhecimentos sobre o Ensino das Leis de Kepler e podem contribuir com o ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio, no sentido em que se conclui que ensinar utilizando novas tecnologias desperta a curiosidade dos alunos, aumenta a interatividade e facilita a compreensão dos conteúdos abordados.

Palavras-chaves: Leis de Kepler. Ensino de Física. Ensino Médio. Novas Tecnologias.

ABSTRACT

This monograph has as its theme the Kepler Laws that are fundamental for the understanding of the movements of the planets, of the natural and artificial satellites and of any body that orbits another under the influence of the gravitation, being this content obligatory in the Teaching of Physics in the High School of the Brazil. The use of new technologies for the teaching of physics, around the laws of Kepler with the use of computational simulations, precisely the use of the Planetary Orbit Simulator, developed and available on the site of the University of Nebraska, United States is problematic. The objective is to make a bibliographical survey about the Laws of Kepler, starting from the beginnings of Astronomy to its application in the current Physics Teaching using the simulator mentioned above. The research also used the technique of applying a questionnaire on the Laws of Kepler in two classes of the 1st year of high school in a public school. In one of the classes the use of computational simulations was done, while in the other the same content was approached without using the simulator. This allowed us to make a comparative analysis in order to understand how the use of a new technology can facilitate the understanding of content. It is considered that the results of this study constitute knowledge about the Teaching of Laws of Kepler and can contribute to the teaching and learning of Physics in High School, in the sense in which it is concluded that teaching using new technologies awakens the curiosity of students, Increases interactivity and facilitates the understanding of content passed on.

Keywords: Kepler's laws; Physics Teaching; High school; New Technologies.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 -	Modelo planetário desenvolvido por Ptolomeu para explicar os movimentos dos planetas.	23
Figura 02 -	Modelo Heliocêntrico proposto por Copérnico	25
Figura 03 -	Registro do planeta Marte durante vários dias seguidos	28
Figura 04 -	Representação da 1ª lei de Kepler -	31
Figura 05 -	Representação da 2ª Lei de Kepler	33
Figura 06 -	Página inicial do simulador *planetary orbit*	41
Figura 07-	Parte E com todas as configurações selecionadas exibidas na parte A	43
Figura 08 -	Parte F com todas as configurações selecionadas exibidas na parte A	44
Figura 09 -	Parte do simulador mostrando a 2ª lei de Kepler	44
Figura 10 -	Parte do simulador mostrando os parâmetros a 3ª lei de Kepler	45
Figura 11 -	Quarta aba do simulador selecionada	46
Figura 12 -	Resposta da 1ª Lei de Kepler para os itens “a” e “b” elaborada por aluno do 1º ano do ensino médio	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 01-	Resultados em percentual da questão 01	52
Tabela 02 -	Resultados e categorias da questão 02. Item a.	54
Tabela 03 -	Resultados e categorias da questão 02. Item b.	54
Tabela 04 -	Resultados e categorias da questão 02. Item c.	55
Tabela 05 -	Resultados e categorias da questão 03. Item a	56
Tabela 06 -	Resultados e categorias da questão 03. Item B.	56
Tabela 07-	Resultados e Categorias da questão 04	57

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PIBID	Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência
GAT	Grupo de astronomia do Trairí
EANE	Encontro Norte e Nordeste de Astronomia
A.C	Antes de Cristo
AU	Unidade Astronômica
D.C	Depois de Cristo
GPS	Sistema de Posicionamento Global
MEC	Ministério da Educação
USP	Universidade de São Paulo
UNICAMP	Universidade de Campinas
NAAP	*Nebraska Applet Astronomy Project*
IFGW	Instituto de Física *Gleb Wataghin*
IFRN	Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	15
2	**CAPÍTULO I - AS LEIS DE KEPLER: DOS PRIMORDIOS DA ASTRONOMIA AO ENSINO DE FÍSICA ATUAL**	18
2.1	A COMPREENSÃO DOS MOVIMENTOS DOS PLANETAS NO CONTEXTO HISTÓRICO DA ASTRONOMIA	18
2.2	KEPLER: NOSSO PONTO DE PARTIDA E DE CHEGADA	27
3	**CAPÍTULO II - O USO DE NOVAS TECNOLOGIAS NO ENSINO DE FÍSICA E A METODOLOGIA DA PESQUISA**	35
3.1	SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA COMO RECURSO TECNOLÓGICO	37
3. 1. 1	**O simulador *Planetary Orbit***	41
3.2	METODOLOGIA DA PESQUISA	46
4	**CAPÍTULO III - REFLETINDO SOBRE OS RESULTADOS DO ENSINO DAS LEIS DE KEPLER UTILIZANDO O SIMULADOR *PLANETARY ORBIT***	49
4.1	DESCREVENDO OS MOMENTOS COM A TURMA A	49
4.2	DESCREVENDO OS MOMENTOS COM A TURMA B	50
4.3	REFLETINDO SOBRE OS RESULTADOS	51
5	**CONSIDERAÇÕES FINAIS**	59
	REFERÊNCIAS	61
	APÊNDICE A - PLANO DE AULA SEM O USO DO SIMULADOR	64
	APÊNDICE B - PLANO DE AULA COM O USO DO SIMULADOR	67
	APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO AVALIATIVO	70

1 INTRODUÇÃO

O ensino na Educação Básica vem ao longo dos anos adequando-se às novas práticas pedagógicas tais como a utilização de recursos tecnológicos. Não é de hoje que vem sendo discutido o uso dessas novas metodologias no Ensino de Física, uma vez que essa disciplina sempre exigiu a interpretação de fenômenos da natureza e suas comprovações e demonstrações por meio do uso da linguagem matemática.

A tecnologia é um exemplo de como os jovens são atraídos por processos cada vez mais dinâmicos e interativos que possibilitam uma maior autonomia nos processos de ensino e de aprendizagem. Diante disso, os recursos tecnológicos são uma das alternativas que podem auxiliar o processo educacional, como meio de facilitar o ensino e também a aprendizagem. As possibilidades de inserir as novas tecnologias no ambiente escolar vão desde a utilização de um simples vídeo, até o uso de programas de computador mais avançados. O uso de simulações na sala de aula é uma alternativa metodológica de recurso tecnológico que pretende ser viável e de fácil acesso até mesmo para quem não tem muito domínio com o uso do computador, pois diante desse contexto o uso de simuladores auxilia no processo de ensino- aprendizagem, tornando a aula dinâmica e atrativa, conforme nos ensina Becker e Strieder (2011). Todavia, são necessários estudos e pesquisas que verifiquem se as novas tecnologias são alternativas de ensino que promovem e facilitam a aprendizagem.

Nesta monografia a proposta teve como fundamento prático e aplicado o uso de simulação no ensino de Física como auxílio de novas tecnologias. A tecnologia utilizada foi o simulador *Planetary Orbit*, de acesso gratuito, criado em 19 de dezembro de 2007, por *Ann Deml*. O simulador está disponível no *site* da Universidade do Estado de Nebraska, nos Estados Unidos, tanto para download quanto pode ser utilizado *on line* por meio do endereço eletrônico: http://astro.unl.edu/naap/pos/animations/kepler.html.

Esse simulador possibilita ensinar as Leis de Kepler. Estas Leis são fundamentais tanto para a Física, quanto para a Astronomia e ainda são conteúdos obrigatórios na Educação Básica no Brasil.

As leis de Kepler são importantes para a compreensão do movimento dos planetas em torno do sol, dos satélites naturais e artificiais, do sistema binário de estrelas, e de qualquer corpo que orbite outro sob a influência da força gravitacional. Além disso, elas foram de grande relevância para os estudos da Astronomia moderna. O estudo das Leis de Kepler nos proporciona compreender a evolução da ciência e a sua construção ao longo do tempo. Tais conhecimentos são importantes para que o aluno do Ensino Médio compreenda como funciona o universo, se tornando um ser conhecedor do sistema em que vive.

No Brasil, o simulador *Planetary Orbit* foi demonstrado pelo professor graduado em Física Dulcídio Braz Júnior, na Mesa-redonda: Astronomia, aplicativos e redes sociais, em São Paulo, no começo do ano de 2013, durante a 6ª Edição do *Campus Party*, evento no qual ocorrem diversas atividades sobre Inovação, Ciência, Cultura e Entretenimento Digital. Tendo conhecimento dessa demonstração e por ter admiração pelo conteúdo desenvolvido por meio desse simulador - a pesquisa ora relatada o utilizando tem sua gênese na experiência como bolsista do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) subprojeto Interdisciplinar (Física e Matemática) do *Campus* Santa Cruz do IFRN. Essa proposta de ensino ocorreu quando planejávamos os plantões de dúvidas e percebíamos que havia uma necessidade de um recurso que tornasse as aulas claras e dinâmicas, nesse contexto surge o nosso interesse em pesquisar a utilização desse simulador no Ensino de Física, mas precisamente para o Ensino das Leis de Kepler.

Outra razão que motivou nossa escolha pela utilização do simulador deve-se ao fato de trabalhos já realizados no Grupo de Astronomia do Trairi (G.A.T) e por meio das nossas experiências no PIBID a exemplo de um trabalho já publicado nos anais do XIV Encontro Norte e Nordeste de Astronomia (EANE) em João Pessoa/PB com o título: Uso do simulador *Planetary Orbit* como alternativa metodológica para o ensino das Leis de Kepler. [1]

[1] O trabalho se encontra disponível na página do evento por meio do link: http://www.apapb.org/xiv_eane/works/show/17.

Portanto, a nossa proposta metodológica utilizando o simulador *Planetary Orbit* para o ensino das Leis de Kepler tem uma razão de ser, qual seja, aplicar uma experiência que vem sendo estudada em uma realidade de pesquisa. Esta foi aplicada na Escola Estadual Prof.ª Maria Lídia da Silva, localizada em São Bento do Trairi/RN, em duas turmas do 1º Ano do Ensino Médio.

Temos o objetivo de auxiliar na compreensão do saber científico e na construção do conhecimento no processo de ensino e aprendizagem de Física com o uso de novas tecnologias aplicadas a esse ensino, no caso com o uso do simulador supracitado. Para isso, partimos de um estudo bibliográfico sobre as Leis de Kepler. Esse visou subsidiar o estudo comparativo que desenvolvemos entre duas turmas de alunos do 1º Ano do Ensino Médio, visando perceber as possibilidades que as novas tecnologias oferecem para auxiliar e facilitar o processo de ensino e aprendizagem dentro da sala de aula.

Esta monografia intitulada: O ensino das leis de Kepler com o uso do simulador *planetary orbit* compõe-se desta introdução, três capítulos e as considerações finais. Nesta Introdução trazemos o tema e as nossas motivações e influências na escolha do mesmo.

No primeiro capítulo mostramos os resultados do estudo bibliográfico a respeito das leis de Kepler, partindo da história da Astronomia no qual enfatizamos a busca do homem pela compreensão dos movimentos dos planetas. Em seguida, apresentamos uma breve biografia do astrônomo e matemático Johannes Kepler e de como de modo empírico ele chegou a formulação das três leis que recebem o seu nome. Para finalizar esse capítulo, mencionamos e abordamos as Leis de Kepler de acordo com o Ensino de Física atual.

No segundo capítulo, trazemos a metodologia da pesquisa e a descrição do simulador para melhor entendimento de como ele foi utilizado nessa pesquisa.

No terceiro, fazemos a descrição dos momentos com as turmas durante a pesquisa e a comparação entre os resultados.

Por fim, apresentamos as considerações finais nas quais discorremos sobre os objetivos alcançados e as contribuições do nosso trabalho de pesquisa para o Ensino de Física.

2 CAPÍTULO I – AS LEIS DE KEPLER: DOS PRIMORDIOS DA ASTRONOMIA AO ENSINO DA FÍSICA ATUAL

O capítulo que aqui se inicia traz uma abordagem sobre os primórdios da Astronomia. Começa com considerações sobre as civilizações antigas até os principais modelos planetários elaborados pelos gregos. Em seguida, fala sobre as leis de Kepler, começando pela biografia de Johannes Kepler e de como ele chegou de modo empírico à formulação das leis que hoje recebem o seu nome. Para finalizar, conceituam-se as leis de Kepler de acordo com o ensino de Física fazendo uma breve explanação sobre cada uma das leis.

Para fundamentar o capítulo, nos apoiamos nos trabalhos de Barros (2016); Oliveira Filho e Saraiva (2014); Halliday, Resncik e Walker (2013), Contador (2013); Tossado e Mariconda (2010); Couper e Henbest (2009); Pires (2008); Gleiser (1999) e Farias (1987).

2.1 A COMPREENSÃO DOS MOVIMENTOS DOS PLANETAS NO CONTEXTO HISTÓRICO DA ASTRONOMIA

Desde os tempos remotos a humanidade já olhava para o céu e apreciava aquilo que estava diante dos seus olhos. O interesse do homem em desvendar os mistérios do universo surge em uma época sem qualquer tipo de poluição luminosa, nenhum instrumento óptico, sem computadores, telefones celulares, ou qualquer outro tipo de tecnologia. Enfim nada que pudesse ajudar a identificar aquilo que estava visível a olho nu, somente uma imensa escuridão e diversos pontos brilhantes no céu como a lua, o sol, as estrelas e os planetas se movendo no referencial terrestre.

As antigas civilizações percebiam ao passar dos tempos que observar o comportamento dos astros além de fascinante tornou-se uma questão de sobrevivência. A partir do movimento aparente das estrelas era possível identificar

qual o melhor período para plantar e colher, ou ainda, tomando como referência certa região de estrelas, para se orientarem no espaço e no tempo, nas navegações em alto mar, ou em terra firme. Assim, foi por meio das observações que essas civilizações começaram a se indagar sobre esses comportamentos dos astros para entender a mudança periódica na visibilidade do céu, os fenômenos celestes como os eclipses, as chuvas de meteoros, o movimento dos planetas entre as estrelas, as fases da lua, entre outros.

Na tentativa de explicar os fenômenos, os povos antigos recorriam ao misticismo, criando seus próprios deuses e associando-os aos astros e aos fenômenos desconhecidos.

Dentre os povos antigos do Oriente, os mesopotâmios foram os que deixaram o maior número de registros e contribuições para a Astronomia. Vivendo na Mesopotâmia, região entre os rios Tigre e Eufrates, esses povos começaram a surgir por volta de 3.000 a.C. Embora as observações tendessem para a astrologia, fizeram registros importantes utilizando aparelhos rudimentares como o *Gnomon, Clepsidra* e o Pólo. Como afirma Faria *et. al* (1987, p. 20) “realizaram observações sistemáticas dos movimentos dos planetas e principalmente do Sol e da lua, o que é atestado pelo grande número de documentos contendo efemérides (posição) destes astros”.

Embora as observações da natureza tenham sido acompanhadas por mitos, os povos antigos deixaram registros importantes e contribuíram para a marcação do tempo, observando os astros. Os mesopotâmios ao observarem a lua determinaram o período de lunação, de acordo com as suas fases, e ao observarem o sol, determinaram o seu período de movimento anual e a inclinação da sua trajetória anual por entre as estrelas em relação a sua trajetória diurna. Verificaram também que os planetas são encontrados em uma mesma região do céu, em uma larga faixa envolta da eclíptica (projeção sobre a esfera celeste da trajetória aparente do Sol observada a partir da Terra), onde criaram várias constelações, muitas delas simbolizando ou representando animais. A essa faixa denominou–se zodíaco, ou seja, círculo de animais.

A Astronomia toma novos rumos ao ser praticada pelos gregos, pois esse povo começou a pensar sobre os astros de maneira mais racional. Eles observaram

que quanto mais o homem conhecia os céus, mais eficientes se tornavam as atividades aqui na Terra. Como afirma Contador (2013, p.20):

> Quando essas observações acompanhadas da mitologia chegaram ás mãos dos gregos, estes se preocuparam não com os mitos, mas com uma explicação natural, racional, coerente para os acontecimentos celestes, e desta vez, baseados na ciência de então: a Geometria e a Física. (CONTADOR,2013,p. 20.)

Para explicar os movimentos dos planetas, os gregos começaram a montar engrenagens com círculos e epiciclos para entender os movimentos irregulares dos planetas, que por apresentarem um movimento diferente das estrelas que parecem fixas no céu, receberam o nome de “errantes”. Os planetas pareciam “dançar” por entre as estrelas fixas no referencial terrestre, mudando de posições e variando os seus brilhos. Essas mudanças despertaram nos gregos o interesse em compreender a dinâmica do céu e de como funcionava o universo.

Na história da Astronomia podemos destacar filósofos, matemáticos e astrônomos que na busca por compreender tais dinâmicas deram suas contribuições para o surgimento da Astronomia moderna e consequentemente para o avanço da ciência e da tecnologia.

A seguir, mencionamos os principais nomes encontrados na pesquisa bibliográfica no que se refere à história da Astronomia, nos detendo principalmente nas tentativas de cada um em explicar os movimentos dos planetas.

Por volta do ano de 350 a.C na Grécia, o filósofo grego Aristóteles defendia que o universo seria finito, esférico e limitado, que as estrelas estavam fixadas em esferas imaginárias e os planetas também estavam em outras esferas, ele usou cerca de 56 esferas para tentar explicar os movimentos celestes (GLEISER, 1999). Aristóteles era defensor do geocentrismo. Essa ideia colocava a terra como sendo o centro do universo e que todos os corpos celestes se movimentavam em velocidades uniformes em círculos perfeitos. “Na visão Aristotélica o universo teria a forma de uma esfera, pois via a esfera como o mais perfeito dos sólidos pelo fato de poder girar sobre si mesmo no mesmo espaço que ocupa,” conforme afirma Contador (2013, p.26).

Heráclides do Ponto (387 a.C a 312 a.C) filósofo e astrônomo grego ganhou destaque na história da Astronomia por afirmar o movimento de rotação da terra, e assim explicar o dia e a noite (CONTADOR, 2013). Mas o grande problema para os

gregos continuava sendo explicar os movimentos anuais dos planetas com base na teoria dos círculos perfeitos de Aristóteles. De acordo com as observações astronômicas, os planetas Vênus e Mercúrio moviam-se de maneira irregular com relação à terra. Essa que em hipótese, era o centro de suas órbitas, mas eles não deixavam de estar ao lado do Sol, ora estava à frente do Sol, que se movia constantemente, ora estava atrás. Logo, Heráclides concluiu que o movimento dos planetas estaria ligado ao Sol e não ao planeta Terra. Por isso, sugeriu um sistema em que os planetas Mercúrio e Vênus orbitavam o Sol, e o próprio Sol e o restante dos planetas orbitavam a terra. Segundo Gleiser (1999, p.76) "É possível que Heráclides tenha proposto essa modificação inspirado tanto pelo fato de que o período orbital desses planetas é inferior a um ano como pela observação de que, no céu, eles estão sempre 'perto' do Sol." Hoje em dia os planetas são classificados em interiores e exteriores e a classificação depende da proximidade com o sol, a composição, a densidade e os elementos de que são compostos. Os planetas Mercúrio e Vênus estudados por Heráclides são classificados na categoria dos planetas interiores, juntamente com os planetas Terra e Marte. Esses planetas são justamente os relativamente próximos ao Sol.

Apolônio (262 a.C a 190 a.C) foi um grande astrônomo e matemático, dedicou grande parte do seu tempo em estudos sobre a lua, mas, os mais importantes de suas obras foram os estudos referentes as secções cônica, ou seja, as curvas que têm origem na intersecção de um cone com um plano, como a parábola, a hipérbole e a elipse. Na busca por compreender os movimentos dos planetas, como por exemplo, o movimento do planeta Marte que às vezes muda de direção através do céu, dá uma grande volta para trás e depois volta a se mover para frente, ele desenvolveu o sistema epiciclo-deferente[1]. Nesse sistema o planeta movimenta-se uniformemente ao longo de um pequeno círculo, cujo centro desse pequeno círculo se move sob outro círculo maior chamado deferente, com a Terra no centro. Como afirma Couper e Henbest (2009, p.75):

> Apolônio 'sabia' que tudo no céu precisava mover-se em círculos, portanto começou a experimentar com círculos de diferentes dimensões. E chegou a uma resposta engenhosa: Marte não viaja simplesmente ao redor da terra em um grande círculo conforme afirma Aristóteles. Ele está preso à borda de um círculo menor, que é levado para um círculo maior. (COUPER; HENBEST, 2009, p.75)

O esquema elaborado por Apolônio inventando os epiciclos tomou o lugar do proposto por Aristóteles. Isso porque o seu sistema se tornou mais adequado às observações e foi adotado por astrônomos durante 1.800 anos (CONTADOR, 2013).

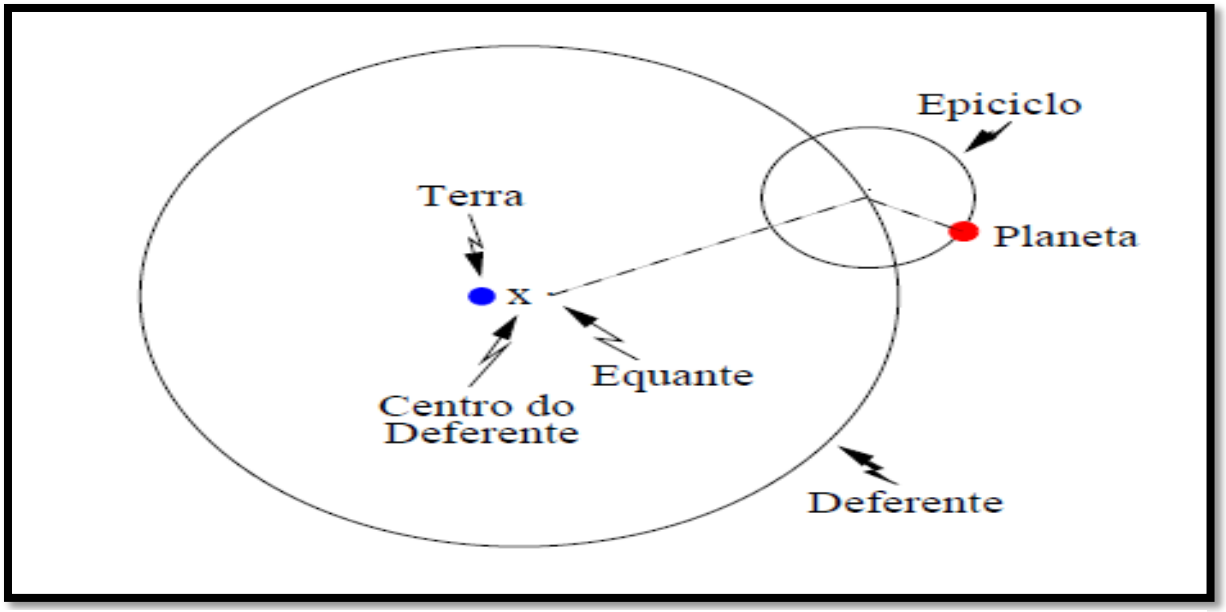
Hiparco de Nicéia (190 a.C a 120 a.C) conhecido como um dos grandes astrônomos da antiguidade deu grandes contribuições para a determinação dos movimentos dos planetas. Com seus conhecimentos matemáticos e instrumentos rudimentares como a esfera armilar, um mostrador circular e o astrolábio plano (Instrumento que ele mesmo criou), fez grandes descobertas por meio dos cálculos. “Ele calculou a duração do ano com precisão impressionante - menos de 7 minutos em 365 dias.” conforme afirma Couber e Henbest (2009, p.71). Calculou a distância e o tamanho da Lua por ocasião de um eclipse lunar e descobriu a precessão dos equinócios, que é dada como sendo o movimento cíclico dos equinócios ao longo da eclíptica na direção Oeste. Hoje, se sabe que este fenômeno dá-se devido ao torque exercido pelo Sol e pela Lua sobre a Terra. Hiparco aplicou pela primeira vez a ideia de epiciclos ao sol e à lua (GLEISER, 1999). Hiparco também desenvolveu a teoria do excêntrico, ou seja, tirou pela primeira vez a terra do centro da esfera idealizada por Aristóteles (CONTADOR, 2013).

Cláudio Ptolomeu (85 d.C a 165 d.C) foi outro grande astrônomo grego da antiguidade que buscou entender os movimentos dos planetas, vivendo em um contexto histórico em que ainda predominavam as ideias Aristotélicas de que os planetas se moviam em círculos perfeitos e com velocidades uniformes. Por outro lado, havia as observações feitas por astrônomos que mostravam outros resultados: os planetas moviam-se com velocidades diferentes e variavam a sua luminosidade. Diante desse conflito de ideias e observações, Ptolomeu precisava fazer como os seus antecessores, adequá-las a um modelo que correspondesse à teoria predominante da época e as observações astronômicas feitas a olho nu, sem nenhum uso de tecnologia. A partir dos sistemas de ciclos e epiciclos propostos por Apolônio e Hiparco, Ptolomeu propõe um novo modelo para o sistema solar, conforme podemos observar na Figura 01, como afirma Oliveira Filho e Saraiva (2014, p. 63):

> Ptolomeu explicou o movimento dos planetas através de uma combinação de círculos: o planeta se move ao longo de um pequeno círculo chamado epiciclo, cujo centro se move em um círculo maior chamado deferente. A Terra fica numa posição um pouco afastada do centro do deferente,

> portanto, o deferente é um círculo excêntrico em relação à Terra. (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA 2014, p. 63).

Figura 01 – Modelo planetário desenvolvido por Ptolomeu para explicar os movimentos dos planetas.



Fonte:http://www.ghtc.usp.br/server/SitesHF/Andre/O%20sistema%20de%20epiciclo%20e%20deferent.htm. Acesso em: 16 de nov. 2016

O modelo de Ptolomeu acrescenta o equante que é um ponto no qual a velocidade angular de um epiciclo é sempre constante, nunca coincidindo com o centro do deferente. O modelo serviu para explicar com mais clareza a variação de velocidade do planeta mercúrio, mas não foi suficiente para explicar o movimento irregular dos outros planetas. Com isso Ptolomeu acrescentava cada vez mais círculos e epiciclos, à medida que iam surgindo às necessidades de explicar novos movimentos.

Sendo assim, o modelo de Ptolomeu se tornou bastante complicado e segundo Oliveira Filho e Saraiva (2014, p. 66) “o objetivo de Ptolomeu era o de produzir um modelo que permitisse prever a posição dos planetas de forma correta e, nesse ponto, ele foi razoavelmente bem sucedido.” Neste sentido, podemos concluir que o modelo ptolomaico teve grande importância para as navegações marítimas, já que ainda não tinha sido desenvolvida a bússola, o GPS ou qualquer

outro instrumento para localização geográfica. Portanto, a posição dos astros celestes eram o meio de se orientar em alto mar.

O modelo de Ptolomeu seguia a visão Aristotélica e os dogmas da Igreja Católica, que considerava a Terra como o centro do universo e, portanto, qualquer teoria que tirasse esse planeta do centro do universo poderia ser considerada uma heresia. Com esta visão, encerrou-se o período clássico grego e este modelo perdurou por mais de mil anos.

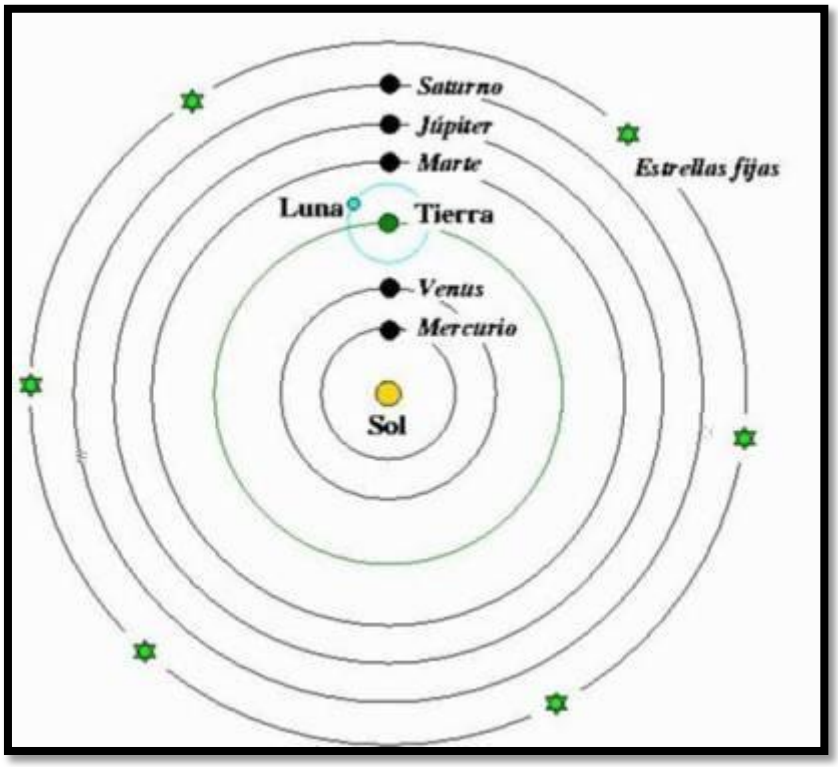
Embora, a visão científica da época tenha sido fundamentada principalmente na filosofia e na religião, bem como na astrologia, não se pode desconsiderar as grandes contribuições feitas pelos gregos que com o uso de instrumentos rudimentares, a geometria Euclidiana e a trigonometria simples, chegaram a resultados bastante importantes. Isso se considerarmos que para alguns fenômenos os cálculos foram quase precisos e mais adiante serviram de base para o surgimento da Astronomia moderna e consequentemente a evolução da física. Nesse sentido, conforme ressalta Contador (2013, p. 60) “o trabalho desenvolvido pelos astrônomos gregos serviu para mostrar e conscientizar o homem de que a descrição Matemática dos fenômenos naturais ou celestiais era plenamente possível”.

Nicolau Copérnico (1473 a 1543) astrônomo, matemático e monge polonês levantou novas hipóteses acerca do universo e deu início a uma revolução na Astronomia com um novo modelo planetário. Ele considerou o sol como sendo o centro do universo e os planetas orbitando em sua volta, inclusive, a Terra. Essa teoria ficou conhecida como heliocentrismo, como apresentado na Figura 02. Outros astrônomos e filósofos já haviam proposto uma Terra em movimento, entre esses, Aristarco de Samos, que também foi astrônomo e nasceu por volta de 310 a.C, já havia sugerido um modelo em que o Sol estaria no centro do universo e o planeta Terra como mais um dos planetas que giravam em torno dele, conforme informam Gleiser (1999), Couper e Henbest (2009) e Contador (2013). Mas, a ideia não foi adiante por causa da resistência religiosa em considerar que a terra deveria ocupar o centro do Universo. Porém, Copérnico seguiu em frente, resistindo às pressões feitas pela Igreja Católica, que possuía o domínio total sobre as atividades sociais,

políticas e intelectuais. Diante desse cenário, a Astronomia estava preste a passar por uma revolução histórica. Faria *et. al* (1987, p. 32) afirma que para Copérnico:

> O universo é composto por sete esferas concêntricas. A primeira e a mais externa é a esfera das estrelas fixas, seguindo a esta a esfera de Saturno, a de Júpiter, a de Marte, a da Terra a de Vênus e a sétima esfera a de Mercúrio. Todas estas esferas com exceção da primeira giram em torno de um ponto central, onde está o sol, formulando então o que chamou de sistema Heliocêntrico. (FARIA *et. al,* 1987, p. 32).

Figura 2 – Modelo Heliocêntrico proposto por Copérnico



Fonte: http://www.ghtc.usp.br/server/Sites-HF/Marcos/Primeiras_obs_texto2.htm
Acesso em: 08 de jul. 2016

As ideias de Copérnico foram revolucionárias o suficiente para montar um novo cenário para a Astronomia já que o seu modelo explicava muitos dos enigmas que envolviam os planetas. Conforme afirma Contador (2013, p. 82):

> Com a terra em movimento alguns problemas que há muito tempo intrigavam astrônomos seguidores da tradição Ptolomaica foram rapidamente resolvidos sem a necessidade de tantos epiciclos e equantes. Entre eles, o movimento aparente para trás e para frente dos planetas em

> relação às estrelas fixas, e o problema da variação de luminosidade de cada planeta. (CONTADOR, 2013, p. 82).

O modelo começou a se complicar quando Copérnico tentou explicar a revolução dos planetas, pois foi preciso acrescentar cada vez mais ciclos e epiciclos, tornando-o semelhante ao de Ptolomeu. Mesmo assim, a teoria do heliocentrismo proposta por Copérnico abriu novos caminhos para os futuros astrônomos, matemáticos e físicos que o sucederia, segundo Contador (2013). Na visão de Couper e Henbest (2009) o século XVI em que Copérnico tira a Terra do centro do universo, foi o período da primeira grande revolução na Astronomia. Sobre isso Oliveira Filho e Saraiva (2014, p. 67) ressaltam que:

> As realizações mais importantes de Copérnico foram: introduziu o conceito de que a Terra é apenas um dos seis planetas (então conhecidos) girando em torno do Sol; colocou os planetas em ordem de distância ao Sol: Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno; determinou as distâncias dos planetas ao Sol, em termos da distância Terra-Sol; deduziu que quanto mais perto do Sol está o planeta, maior é sua velocidade orbital. Dessa forma, o movimento retrógrado dos planetas foi facilmente explicado sem necessidade de epiciclos. (OLIVEIRA FILHO;SARAIVA, 2014, p. 67)

As contribuições de Copérnico em registros deixados por ele serviram de base para a continuidade dos estudos relacionados aos movimentos e as posições dos planetas. Ele também se baseou nos dados e estudos deixados por seus antecessores, corrigindo falhas e buscando novas soluções. Diante do novo cenário da Astronomia surgem dois nomes que destacamos na seção seguinte: Tycho Brahe, um grande observador astronômico que fazia uso de instrumentos sofisticados para a sua época e que catalogou e tabelou as posições dos astros, e Johannes Kepler, que com seus conhecimentos em matemática e os dados deixados por Tycho Brahe, resolveu os dilemas enfrentados pelos gregos em relação aos movimentos dos planetas e de modo empírico formulou três leis que são ensinadas até hoje na Física e na Astronomia e que são aplicadas nas viagens espaciais através do sistema solar e aos planetas recém-descobertos que orbitam outras estrelas que podem abrigar vida (COUPER; HENBEST,2009) .

2.2 KEPLER: NOSSO PONTO DE PARTIDA E DE CHEGADA

Em 1571 nasce na cidade de Weilderstardt, região de Wurttemberg, na Alemanha, Johannes Kepler, um dos grandes nomes que contribuiu de maneira significativa para o avanço do conhecimento em áreas como a Astronomia, a Física e a Matemática. Durante sua infância presenciou dois acontecimentos astronômicos importantes: em 1577 a passagem de um cometa de longa cauda visto em quase toda a Europa e, em 1578, um eclipse lunar.

De família protestante, Kepler também seguiu os passos do protestantismo, estudando em seminários, mosteiros e universidades. Durante sua vida acadêmica na Universidade de *Tubingen*, entre os anos de 1589 até 1594, ele estudou idiomas como hebraico e grego, e também disciplinas como Astronomia e Física. Ainda, em 1594, conseguiu um posto de professor de Matemática e Astronomia em uma escola secundária em Graz, na Áustria.

Durante o período em que passou na Universidade de *Tubingen,* Kepler teve acesso às ideias de Nicolau Copérnico, defensor do heliocentrismo. A partir disso, Kepler começou a aceitar a ideia de Copérnico. Ele estava vivenciando uma época em que se defendia a ideia de um universo harmonioso e que, por isso, a dinâmica celeste só podia ser explicada por meio de Ciclos (ideias de Platão) e epiciclos (ideias de Ptolomeu).

Apaixonado pelos céus e motivado por sua crença em Deus como o poder da criação, Kepler buscou compreender como o universo funcionava. Em 1600 Kepler é convidado pelo astrônomo observacional dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601), para auxiliar na análise de dados das estrelas e as posições dos planetas conhecidos na época: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno. Tycho Brahe buscou fazer medidas mais precisas para as posições dos corpos celestes e apesar de usar os cálculos matemáticos de Copérnico, não aceitava que o Sol seria o centro do universo. Por isso, chegou a conclusão de que a Terra estaria parada no centro do universo ou as estrelas se encontravam distantes o suficiente a ponto dele não conseguir detectar a mudança de paralaxe (COUPER; HENBEST, 2009). Ao considerar a Terra no centro do universo e colocar os planetas em esferas que orbitavam esse planeta, percebeu que a esfera que continha Marte atravessava a

esfera que carregava o Sol ao redor da Terra. Sendo assim, Tycho Brahe estava diante de um grande dilema e precisou aprofundar seus estudos em relação ao planeta vermelho, como é conhecido o planeta Marte. Usando instrumentos sofisticados e precisos se comparados com os da sua época (BARROS 2016) ele conseguiu colher dados tão precisos que muitos deles ainda são utilizados nos dias de hoje. Segundo Oliveira Filho e Saraiva (2014, p.75), Brahe “usando instrumentos fabricados por ele mesmo, fez extensas observações das posições de planetas e estrelas, com uma precisão em muitos casos melhor do que 1 minuto de arco (1/30 do diâmetro do Sol)”. Ele também estava sempre fabricando novos instrumentos para obter dados cada vez mais precisos (GLEISER,1999). Tycho Brahe colheu muitos dados em relação ao planeta Marte, para ele aquele era o planeta do movimento mais estranho entre os planetas para uma órbita circular. O movimento aparente do planeta Marte é retrógrado, ou seja, faz o seu caminho em direção a Oeste em relação às estrelas. Como podemos observar na Figura 03.

Figura 03- Registro do planeta Marte durante vários dias seguidos

Disponível em: COUPER Heather; Nigel HENBEST. A história da Astronomia. São Paulo, Editora: Laurosse. Ano : 2009

Hoje, podemos explicar o movimento aparentemente retrógrado do planeta Marte, que é causado quando a Terra alcança Marte na sua própria órbita em torno do Sol, fazendo parecer que o planeta está caminhando para trás. As informações obtidas por Tycho Brahe durante seus anos de dedicação nas observações astronômicas foram herdadas por Johannes Kepler, pois Brahe morreu um ano após a chegada de Kepler em seu observatório localizado na Ilha de *Ven*, no

Oresund, entre a Dinamarca e a Suécia, e esse passou a ter acesso a todos os dados colhidos por ele durante cerca de 38 anos. Para Kepler foi um grande desafio tentar explicar a órbita do planeta Marte a partir do seu ponto de referência que era o planeta Terra, que também gira em torno do Sol e de si mesmo. Então, precisou estudar as diferentes posições do planeta Terra mudando o ponto de referência, como se estivesse em Marte observando o planeta e o seu exato movimento e assim fazendo, como afirma Oliveira Filho e Saraiva (2014, p. 76):

> Conseguiu determinar as diferentes posições da Terra após cada período sideral de Marte e, assim, conseguiu traçar a órbita da Terra. Verificou que essa órbita era muito bem ajustada por um cırculo excêntrico, isto é, com o Sol um pouco afastado do centro. (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA 2014, p. 76).

Kepler levou em consideração a ideia de Copérnico de que a órbita circular da Terra ao redor do Sol não era propriamente centrada, de modo que a terra encontra-se ligeiramente mais próxima do Sol em determinados meses. Logo, se a Terra está próxima do Sol, ela absorveria mais força do Sol o que faria o planeta transladar mais rápido. Kepler ainda não sabia a causa do movimento dos planetas, já que a lei da gravitação universal só foi formulada por Isaac Newton cerca de um século depois, mas motivado por suas considerações físicas sabia que os planetas eram governados pelo Sol e que existia uma relação entre eles. No entanto, ele acreditava que uma força magnética do Sol mantinha os planetas em suas órbitas (PIRES, 2008).

Kepler não possuía computadores modernos e nem objetos tecnológicos que pudessem lhe auxiliar em representar os movimentos desconcertantes do céu, então, ele criou desenhos geométricos, formando um modelo conforme descreve Couper e Henbest (2009, p. 130):

> [...] Então ele desenhou um círculo para representar a órbita da Terra, e o sol ligeiramente fora do centro. Para a posição da terra a cada dia, ele desenhou uma linha do nosso planeta até o sol- como fatias de uma pizza cósmica. Algumas dessas fatias eram compridas e finas quando a terra encontrava-se afastado do sol e movendo-se lentamente. Seis meses depois, as fatias tornavam-se mais curtas, porém mais largas quando a Terra apressava-se pelo seu ponto mais próximo do sol. (COUPER; HENBEST, 2009, p. 130)

Surgiram nessas novas descobertas de Kepler conceitos que daria embasamento para a formulação de uma das suas leis, o periélio: ponto em que o planeta está mais próximo do Sol e o afélio: ponto em que o planeta está mais distante do Sol. Por meio dessas conclusões, Kepler voltou a calcular as medidas da posição de Marte, utilizando a geometria Euclidiana e a trigonometria simples, já que o cálculo diferencial e integral só seriam desenvolvidos cerca de um século depois. Kepler foi um verdadeiro revolucionário e o primeiro a expressar as Leis da natureza como equações matemáticas. Tentou ajustar as medidas de Marte a uma órbita circular em torno do Sol, obedeceu à mesma lei da velocidade da terra. Conforme afirma Tossato e Mariconda (2010, p. 346). Ele "toma, então, quatro oposições de Marte catalogadas por Brahe nos anos de 1587, 1591, 1593 e 1595, obtendo triangulações entre cada uma dessas oposições com o centro. O resultado final de Kepler foi que o valor da excentricidade não era fixo [...]".Assim, ele constatou que o resultado entre os dados observacionais e o modelo se diferenciava de oito minutos de arco. Os oito minutos de arco encontrados por Kepler e seu espírito investigativo e curioso, transformou-se na pedra fundamental para o surgimento de uma nova Astronomia.

Kepler deixou registrado sobre a importância de não ter ignorado o resultado obtido como transcreveu Contador (2013 p.135): "Se eu achasse possível ignorar os resultados, teria adaptado a minha hipótese aos resultados, mas não era permissível ignorá-los. Kepler concluiu." Ele estava prestes a deixar de vez as ideias dos círculos perfeitos, rompendo as ideias que duraram milhares de anos, pois a discrepância entre a teoria e a observação podiam ser conciliadas se ele ajustasse os resultados das órbitas dos planetas a uma órbita elíptica. Segundo Oliveira Filho e Saraiva (2014 p. 76):

> Finalmente, passou à tentativa de representar a órbita de Marte com uma oval, e rapidamente descobriu que uma elipse ajustava muito bem os dados. A posição do Sol coincidia com um dos focos da elipse. Ficou assim explicada também a trajetória quase circular da Terra, com o Sol afastado do centro. (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA 2014 p. 76).

O resultado dos seus estudos sobre a órbita de Marte e a órbita do planeta Terra, foi fundamental para que Kepler estabelecesse duas de suas primeiras leis dos movimentos planetários, que foram publicadas em 1609 em um livro intitulado:

Astronomia Nova. Dez anos depois Kepler publicou uma terceira lei, no livro intitulado: Harmonia do Mundo. Kepler estabeleceu a terceira lei quando buscava uma harmonia no universo, procurando relacionar o período orbital dos planetas com suas distâncias do Sol.

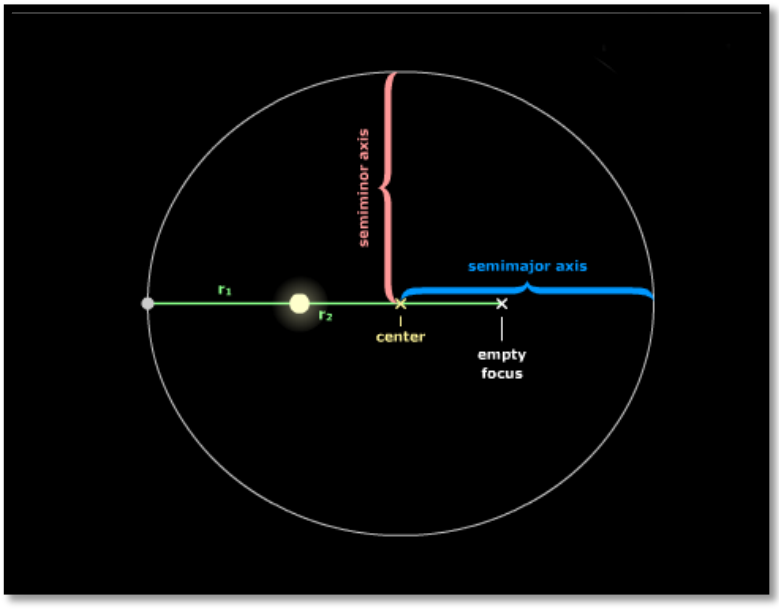
Os trabalhos de Kepler foram dedicados também à astrologia, pois acreditava na influência dos astros nas atividades humanas e por muito tempo ele ficou muito mais conhecido como astrólogo do que como astrônomo. Apesar de a astrologia ter tomado parte do seu tempo, Kepler também fez contribuições científicas ao estudar a luz sob diversos aspectos e publicou um livro dedicado a óptica geométrica da astronomia.

Nos dias atuais as influências de Kepler estão presente no Ensino brasileiro, na disciplina de Física ou de Astronomia, nos conteúdos relacionados a Mecânica, nessas disciplinas são abordadas as três Leis, os conceitos e as equações que traduzem matematicamente os seus enunciados.

1ª Lei de Kepler

Lei das órbitas: “Todos os planetas se movem em órbitas elípticas, com o sol em um dos focos. “ (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2013, p. 41). Vejamos a Figura 04.

Figura 04- Representação da 1ª lei de Kepler



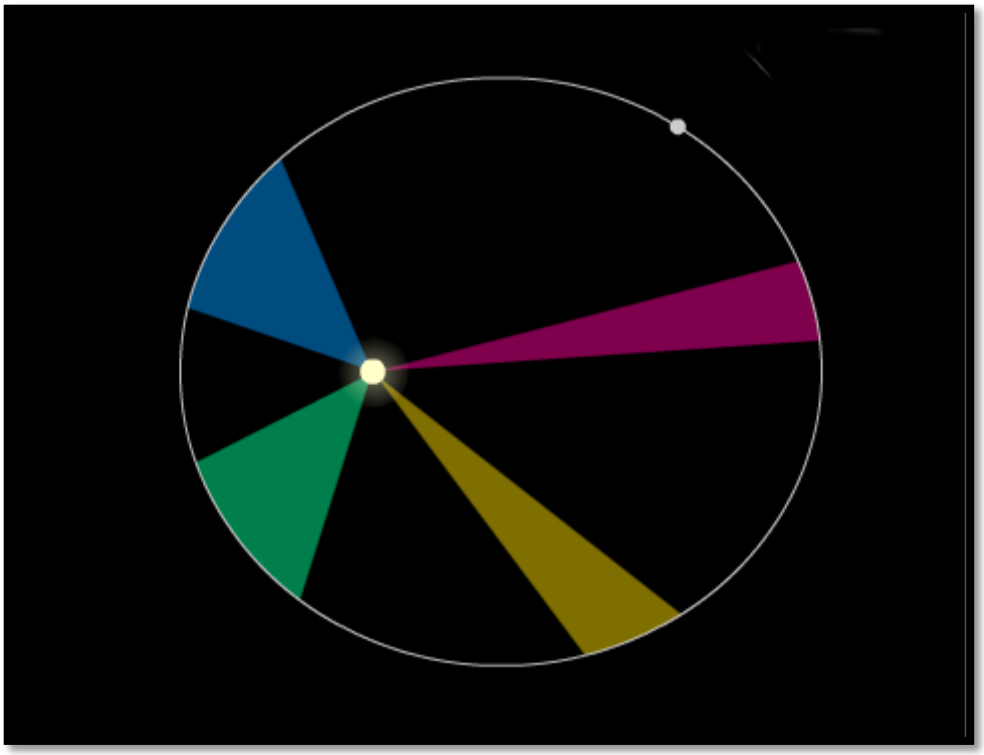
Fonte:http://astro.unl.edu/naap/pos/animations/kepler.html
Acesso em : 20 mar. 2014

Como podemos observar na Figura 04 e de acordo com o enunciado da Lei das órbitas, os planetas orbitam o Sol em forma elíptica. Isso significa dizer que a órbita de qualquer planeta do sistema solar apresenta características de uma elipse. Avritzer (2009. p. 36) afirma que “uma elipse é o lugar geométrico dos pontos cuja soma das distâncias a dois pontos dados é constante.” Os dois pontos são chamados de focos da elipse. Assim, temos que o centro da elipse, que coincide com o centro do semi eixo maior, que representamos com a letra **a,** é um dos focos da elipse, e o Sol ocupa um dos focos, e a relação entre o foco e o centro do semi eixo maior determina a excentricidade da elipse: **e =** $\frac{c}{a}$**·,** ou seja, quando a excentricidade é zero temos uma órbita circular.

2ª Lei de Kepler

Lei das áreas : “A reta que liga um planeta ao Sol varre áreas iguais no plano da órbita do planeta em intervalos de tempo iguais [...].” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2013 p. 41).

Figura 05 – Representação da 2ª Lei de Kepler



Fonte:http://astro.unl.edu/naap/pos/animations/kepler.htmlAcesso em: 20 mar. 2014

A Figura 05 mostra áreas aparentemente de diferentes tamanhos e larguras, porém de acordo com o enunciando da 2ª Lei de Kepler, quanto mais perto estiver o planeta do Sol, maior será sua velocidade orbital. Esse ponto é nomeado de periélio, e quanto mais distante estiver o planeta do Sol, menor será a velocidade orbital, esse ponto é nomeado de afélio. A relação entre a velocidade do planeta e a sua distância do Sol, evidencia a influência das massas dos corpos nas dinâmicas dos seus movimentos. Se escolhermos qualquer umas das áreas sombreadas na Figura 05, observaremos que um planeta qualquer percorrerá as áreas mais largas no mesmo intervalo de tempo que percorrerá as áreas mais estreitas. Por isso, mantem-se a seguinte relação demonstrada na equação 01:

$$A_{1/}\ \Delta t_1 = A_{2/}\ \Delta t_2 \ldots$$

Equação 01 – Segunda lei de Kepler

A equação 01 mostra que a velocidade areolar[2] é constante para qualquer área varrida pelo raio vetor que liga o planeta ao Sol. Como a força de atração gravitacional entre o Sol e a Terra é central, então, concluímos que a 2ª Lei de Kepler é uma consequência direta da conservação do momento angular.

3ª Lei de Kepler

Lei dos períodos: "O quadrado do período de qualquer planeta é proporcional ao cubo do semi eixo maior da órbita**." (**HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2013 p.42)

A terceira Lei de Kepler traz uma relação entre o período de revolução de um astro e a distância em que ele se encontra do corpo em que ele orbita.
Podemos expressar matematicamente essa lei usando a equação 02:

$$T^2 = a^3$$

Equação 2- Terceira lei de Kepler

Na equação 02 temos que T representa o período e a letra a representa o semi eixo maior para uma órbita qualquer. Alguns autores trazem a constante K, que é corresponde a razão entre o período ao quadrado e o cubo do semi eixo maior. Ao analisar o enunciado da terceira lei e representarmos matematicamente a terceira lei de Kepler isso nos permite concluir que quanto mais distante estiver o planeta, mais ele demora para dar uma volta completa em torno do Sol. Se usarmos uma razão na equação 02 ela será uma constante para qualquer um dos planetas do Sistema Solar, pois depende da massa do corpo que está sendo orbitado. Normaliza-se que a distância do planeta Terra até o Sol corresponde a 1 AU (unidade astronômica), e o tempo em anos terrestres corresponde a 1.Aplicando a equação 02 aos parâmetros definidos para o planeta Terra temos que: $T^2/ a^3 = 1$.

[2] Velocidade Areolar corresponde a razão entre a área varrida e o intervalo de tempo gasto (A/ ΔT).

Assim, a terceira lei de Kepler nos permite concluir que a razão T^2/a^3 tem praticamente o mesmo valor para qualquer órbita em torno de um corpo de grande massa (BRENNAN, 2003).

No capítulo seguinte discutimos o uso de novas tecnologias no ensino de Física e apresentamos o simulador que será utilizado na pesquisa empírica.

3 CAPÍTULO II - O USO DE NOVAS TECNOLOGIAS NO ENSINO DE FÍSICA E A METODOLOGIA DA PESQUISA

O acesso a novas tecnologias é uma realidade presente no dia a dia dos alunos, o que foi observado durante o nosso período de estágio e durante nossa atuação como bolsistas do PIBID em que a maior parte da turma possuía um *smartphone* com acesso a *internet* como um fator de distração entre os mesmos. A tecnologia está cada vez mais presente na vida dos alunos, como enfatizou Gomes (2012, p.1): “Os alunos contemporâneos estão diante de uma realidade social informatizada e tecnológica que permite comunicação e interação virtual rápida e transformadora.” O próprio Ministério da Educação (MEC) tem investido em recursos tecnológicos em escolas públicas de ensino, como laboratórios de informática, *laptops* e *tablets* para professores e sala de multimídias. Com isso, a escola tem o papel de aproveitar e trazer para o ambiente escolar os recursos tecnológicos que os alunos têm acesso fora e dentro da escola.

Os recursos tecnológicos despertam nos alunos curiosidade e estimula a investigação, isso permite aproveitá-los no ensino das disciplinas em que o aluno precisa associar fenômenos, tornando-os mais concretos e mais próximos da sua realidade, como no caso da disciplina de Física, permitindo uma melhor visualização e associação para os fenômenos físicos, uma vez que, vistos de forma mais prática, permitem uma maior interação entre o aluno e o seu cotidiano, diferentemente do que encontramos nos ensino tradicional, conforme afirma Anjos (2008, p. 535):

> O aluno, na condição de recipiente, serve de depósito para os saberes do professor. Sendo assim, os conhecimentos não são construídos; constituem-se em informações transmitidas pelo professor e decoradas pelo estudante. (ANJOS, 2008, p. 535).

O professor necessita oferecer atividades, ações ou ferramentas que possibilite uma maior autonomia ao aluno e que este seja capaz de construir e formalizar as suas ideias e os conhecimentos adquiridos dentro da sala de aula, para que ele não seja apenas um expectador, mas um participante que interage e adquire capacidade em compreender o mundo a sua volta. Para Becker e Strieder (2011, p. 398):

> Atualmente, a interatividade é uma ação que se mostra bastante promissora especialmente para jovens e crianças. A Facilidade com que a tecnologia, presente no contexto vivido externamente à escola, tem de atraí-los pode auxiliar no processo educacional. (BECKER; STRIEDER, 2011, p. 398).

No entanto, a tecnologia para auxiliar no Ensino de Física deve ser bem planejada para que não haja uma dispersão na aprendizagem do aluno, ou perda de foco do professor. A tecnologia não pode ser usada como um momento recreativo em que a distração desvia os objetivos da aula, neste sentido o papel do professor é garantir que o seu uso seja bem aproveitado, com objetividade e clareza (RANGEL, SANTOS E RIBEIRO, 2012).

Diante do que foi citado observamos a importância dos recursos tecnológicos no contexto escolar, para que a escola e o aluno estejam cada vez mais conectados e inseridos um dentro do ambiente do outro. Diversos aparelhos tecnológicos podem ser usados para auxiliar o Ensino de Física: computadores em geral, *smartphones*, *tablets*, retroprojetores, TV, aparelhos de DVD, entre outros. Esses aparelhos podem ser usados tantos para reproduzir, como também para produzir vídeos, imagens, áudios, documentos, aplicativos e software, com exceção dos retroprojetores, TV e aparelho de DVD que são *hardwares* apenas de reprodução. Nesse contexto do uso de novas tecnologias surge também um termo novo que expande essa discussão: o *E-learning, que* é uma modalidade de ensino que aproveita a potencialidade da internet para abordar o ensino e consequentemente a aquisição do conhecimento. Essa modalidade pretende se diferenciar do ensino à distância, buscando concretizar e diferenciar as abordagens pedagógicas (GOMES, 2005).

Para o Ensino de Física existem diversas alternativas para se fazer uso da tecnologia e para auxiliar o ensino/aprendizagem: produção de vídeos , em que

tanto o aluno como o professor podem filmar e editar vídeos de experimentos de física, explicando como funciona o experimento e os princípios físicos que o envolve; produção de imagens, como charges e tirinhas com assuntos relacionados aos conteúdos trabalhados na disciplina; confecções de revistas e jornais com temas de ciências para circular dentro do próprio ambiente escolar; gravação de paródias com temas relacionados aos conteúdos abordados na sala de aula; uso de simulações computacionais para auxiliar nos conteúdos da disciplina de física e muitas outras possibilidades que vão surgindo a partir da necessidade do professor, da turma e da disponibilidade de recursos apresentados pela escola. Dentre as alternativas citadas, nossa pesquisa irá enfatizar o uso das simulações computacionais como uma das alternativas para o uso da tecnologia dentro da sala de aula.

3.1 SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA COMO RECURSO TECNOLÓGICO

O uso de recursos tecnológicos em simulações computacionais se mostram promissoras como alternativas metodológicas para auxiliar no Ensino de Física. Segundo afirma Fiolhais e Trindade (2003, p. 264):

> O acesso a boas simulações contribui para solucionar algumas questões no ensino de ciência. De fato, os alunos que estão a formar e desenvolver o seu pensamento científico encontram problemas típicos que pode ser resolvidos por ambientes de simulação orientados por preocupações pedagógicas. (FIOLHAIS; TRINDADE; 2003 p. 264).

Há fenômenos físicos naturais que podem demorar a ocorrer, dificultando as observações de quem deseja acompanha-los, Sendo assim, requer disponibilidade por parte do observador. Macêdo (2009, p.22) defende que:

> As simulações possibilitam os alunos observar em alguns minutos a evolução temporal de um fenômeno que levaria horas, dias, meses ou anos em tempo real, além de permitir ao estudante repetir a observação sempre que o desejar. (MACÊDO, 2009, p.22)

Podemos citar como exemplos de fenômenos físicos naturais e periódicos as fases da lua, chuvas de meteoros, eclipses, solstícios e equinócios, dentre muitos outros. Todos esses fenômenos envolvem os processos de rotação e translação do planeta terra, o que é difícil de ser observado no nosso referencial terrestre. Nesse sentido, a tecnologia pode auxiliar nas observações e nos estudos dos fenômenos físicos, que no nosso trabalho enfatizaremos como recurso tecnológico as simulações computacionais.

O conceito de simulação é amplo e pode ser utilizado em diversas áreas. Na pesquisa feita por meio desse trabalho nos interessa o conceito de simulação computacional. Simulação computacional consiste em empregar formalizações em computadores, tais como expressões matemáticas ou especificações relativamente formalizadas, com o propósito de imitar um processo ou operação do mundo real (FREITAS FILHOS, 2008). A partir disso, temos o simulador computacional, que é qualquer *software* que executa uma simulação. Os simuladores estão disponíveis na *Internet* para serem baixados e executados. Para baixa-los é necessário o uso da *Internet*, mas para executá-los nem sempre é necessário, pois depende da linguagem computacional utilizada pelo desenvolvedor do *software.* Para o ensino de Física e Astronomia existe na *Internet* uma variedade de *sites* que disponibilizam simuladores computacionais didáticos para auxiliar tanto o aluno quanto o professor no processo de ensino/aprendizagem. Em uma pesquisa pelo *site* de busca *google* e através da nossa experiência acadêmica podemos listar os principais *sites* de acesso livre que disponibilizam simuladores para o Ensino de Física e astronomia:

- Física – Simulações *PhET*: O *site* foi desenvolvido pela Universidade pública em *Bolder,* no estado do Colorado, nos Estados Unidos. O site disponibiliza simuladores para as disciplinas de física ,biologia, química, ciências da terra, e matemática, que são testados e avaliados antes de serem “lançados” na *internet*. Além das simulações, o *site* também disponibiliza recursos para os professores, como dicas de atividades, questões e sugestões de materiais para serem utilizados na sala de aula. Na parte das simulações para a disciplina de física existem 93 simuladores que abordam os temas desde os conteúdos de Mecânica até os de Física Moderna, além de mais 17 simuladores na disciplina de Ciências da terra, que incluem os temas de Astronomia.

- Ciência na mão: O *site* foi desenvolvido pela Universidade de São Paulo (USP) com o objetivo de auxiliar os professores da educação básica, disponibilizando atividades, textos, revista e notícias sobre ciências, livros, vídeos e recursos virtuais incluindo neste último as simulações nas áreas de física e matemática. Os simuladores podem ser acessados *online* e para *download,* totalizando 37 simuladores na disciplina de Física e 22 simuladores na disciplina de Matemática.
- Laboratório Didático Virtual: O *site* foi desenvolvido pela Universidade de São Paulo (USP) e é coordenado pela Faculdade da Educação da Universidade de Campinas (UNICAMP), possui simulações em duas áreas: Física e Química. As simulações são dividas por temas, facilitando a busca pelos simuladores. A diferença deste *site* para os demais citados anteriormente é que as simulações são de outros desenvolvedores, ao clicar em simulação a página é direcionada para outro *site*. No total, são 341 simulações de Física e 136 de Química.
- *Nebraska Applet Astronomy Project* (NAAP) – NAAP*:* O *site* é um laboratório *online* que disponibiliza material para conteúdos introdutórios de Astronomia, fornecendo softwares de alta qualidade que simulam fenômenos astrofísicos importantes como evolução estelar, fases lunares, eclipses, movimentos planetários, entre outros. No laboratório *online* são fornecidas instruções, simulações e explorações tanto para o aluno quanto para o professor, incluindo a avaliação do conteúdo abordado. O *site* possui 15 simuladores de astronomia.

Durante nossa pesquisa sobre os simuladores computacionais para o ensino de Física e Astronomia encontramos *blogs* e outras opções de *sites*, mas que utilizam *hiperlinks* que direcionam sempre para as páginas dos *sites* mencionados acima, por isso consideramos desnecessário citá-los.

O professor que optar por usar os simuladores computacionais didáticos na sala de aula precisa ter disponível computador de mesa ou portátil ou aparelho eletrônico semelhante como *tablet e smartphones* em gerais*.* Não é necessário um grande conhecimento de informática para utilizá-los, pois já são autoexplicativos e simples de baixar e/ou executar. Nos *sites* em inglês como é o caso do *NAAP Astronomy,* o *google* disponibiliza a opção para traduzir a página *online*, sendo

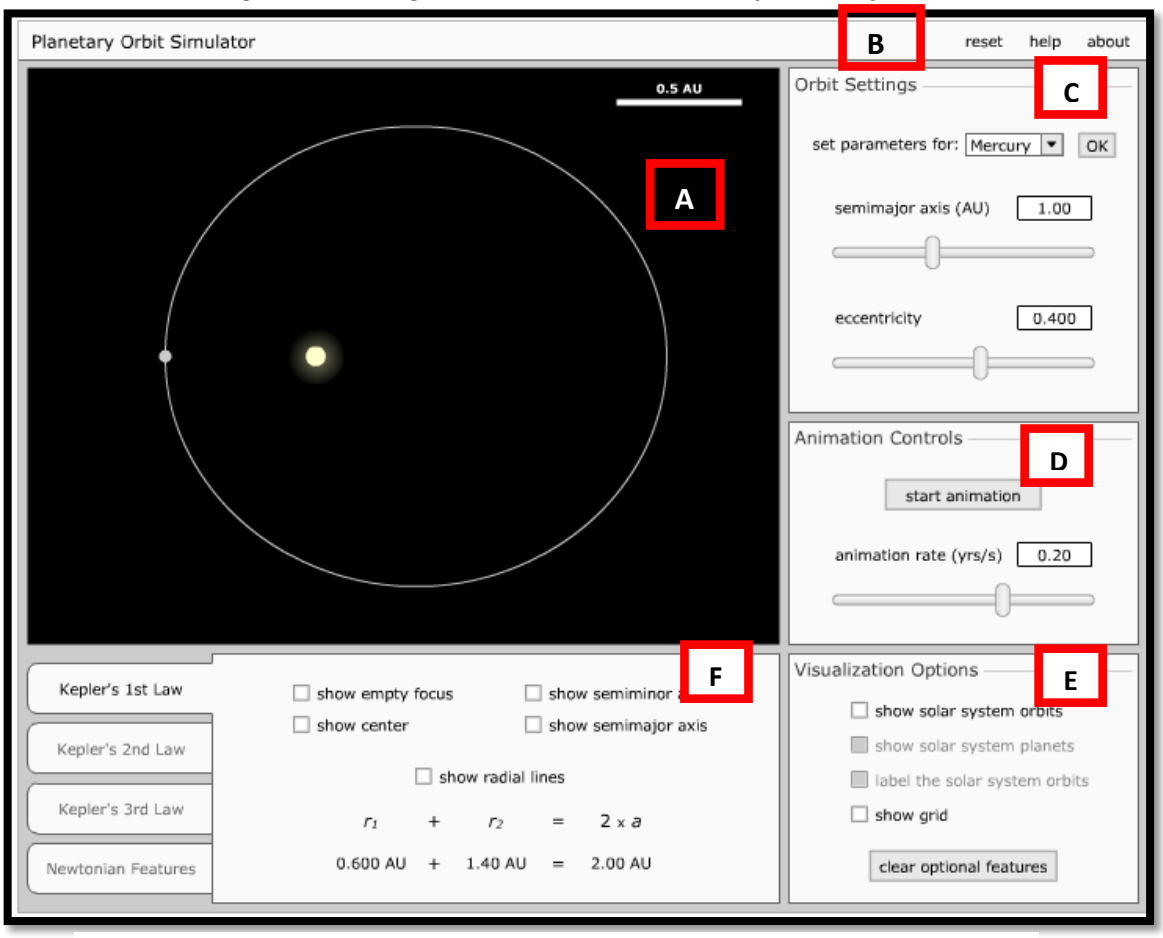
assim não há dificuldade mesmo para quem não tem o domínio da língua inglesa. O mesmo recurso não tem como ser usado nos simuladores, mas hoje em dia existe uma grande facilidade em traduzir outras línguas de maneira muito prática por meio do *google* tradutor ou até mesmo dicionário *online* ou impresso. Dessa maneira, não há grandes empecilhos para se utilizar um simulador didático na sala de aula.

A necessidade de se usar um simulador didático como recurso tecnológico para auxiliar o Ensino de Física surgiu durante nossa atuação como bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à docência (PIBID) quando recebemos alunos com dificuldades em Física. Em umas das nossas aulas apareceu uma dúvida sobre as leis de Kepler e percebemos que seria mais prático ensinar com algum recurso que produzisse movimento mas que não levasse muito tempo e que fosse de fácil acesso. Em uma pesquisa pela *internet* encontramos o *blog* física moderna, do professor Dulcídio Braz Júnior, formado em Física pelo Instituto de Física *Gleb Wataghin* (IFGW) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) que ao publicar uma matéria para falar das leis de Kepler utilizou em uma das suas postagens o simulador *planetary orbit,* "Já faz um tempo que uso em sala de aula um aplicativo em *flash* com excelente resultado didático. Ele nos permite entender incrivelmente bem o que dizem as três Leis de Kepler acima enunciadas." (BRAZ, Dulcídio). O professor de física Dulcídio também apresentou o simulador na *Campus Party* em São Paulo no ano de 2013, durante sua participação na mesa redonda: " Astronomia, apps e Redes sociais. A partir disso usamos esse simulador para demonstrar as leis de Kepler para uma turma do 1º ano do Ensino Médio da Escola Estadual prof.ª Maria Lídia da Silva, em São Bento do Trairi/RN. Os resultados foram apenas observacionais e por fazermos parte do Grupo de Astronomia do Trairi (G.A.T) que faz parte do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFRN) *Campus* Santa Cruz, nos sentimos motivados a divulgarmos a atividade realizada na escola e escrevemos um mini artigo intitulado: Uso do simulador *planetary orbit* como alternativa metodológica para o ensino das leis de Kepler, o qual apresentamos em forma de pôster no XIV Encontro Norte e Nordeste de Astronomia (EANE) em João Pessoa/ PB. Por termos observado a aceitação da turma e o bom rendimento do conteúdo, decidimos nos aprofundar e elaborar essa pesquisa.

3.1.1 O simulador *Planetary Orbit*

Nossa proposta metodológica tem como fundamento prático o uso de simulação no Ensino de Física, utilizando o simulador *planetary orbit.* O simulador *Planetary Orbit*, de acesso gratuito, criado em 19 de dezembro de 2007, por Ann Deml, é disponibilizado através do *site* da Universidade do Estado de Nebraska, nos Estados Unidos. Este simulador faz parte do Nebraska Applet Astronomy Project (NAAP). O simulador tem como objetivo facilitar a compreensão das três leis de Kepler que regem os movimentos dos planetas. No simulador é possível também observar como velocidade e aceleração variam ao longo das órbitas. O usuário pode manipular as propriedades orbitais de um planeta fictício e ler vários parâmetros orbitais. No simulador os planetas do sistema solar e o sol estão fora de escala.

Figura 06- Página inicial do simulador planetary orbit



Disponível em: http://astro.unl.edu/naap/pos/animations/kepler.html

Ao clicar na página do simulador o usuário encontrará a figura 06. Separamos por letras cada parte do simulador para explicar claramente como demonstrar as três leis de Kepler.

Parte A: um modelo de simulação já vem pré-configurado. Um plano de fundo preto e dois pontos de cores e tamanhos diferentes, sendo o ponto cinza e de menor tamanho a representação de um planeta e o ponto de cor amarela e de maior tamanho a representação do sol. A parte com fundo preto é onde iremos observar a simulação com todas as alterações que forem feitas nos parâmetros do simulador. A órbita do planeta pré-configurado já vem desenhada em tom cinza em formato de uma elipse de pequena excentricidade. Na parte superior uma linha mostra uma escala de comprimento em Unidade Astronômica (AU). Uma Unidade Astronômica corresponde à distância média entre a terra e sol, que é de aproximadamente cento e cinquenta milhões de quilômetros.

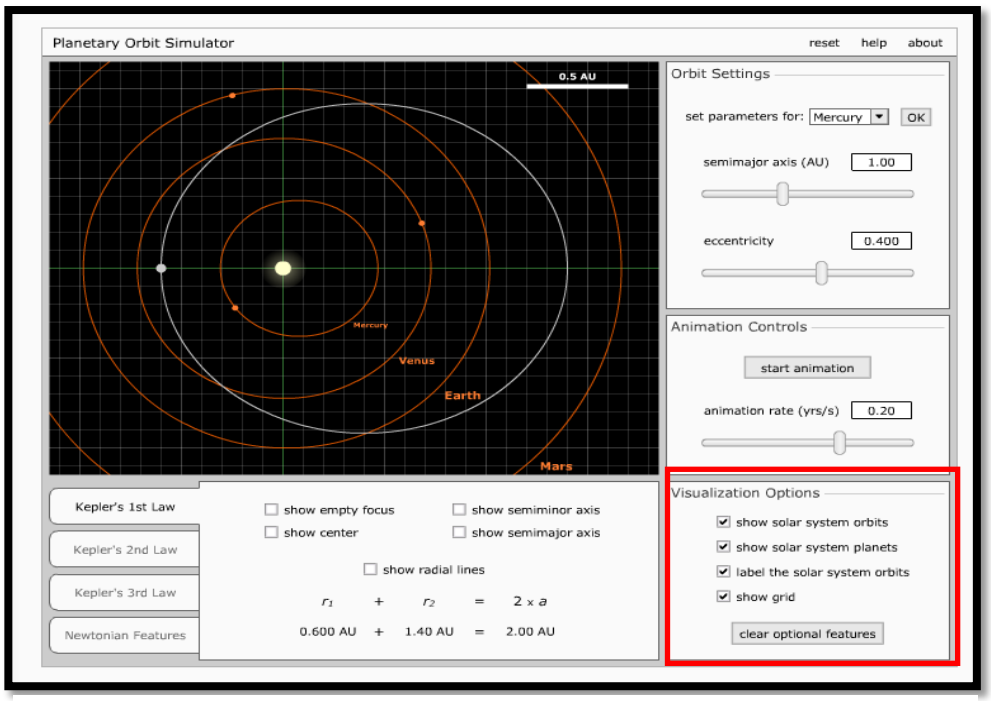
Parte B: existem três funções para o usuário configurar o simulador que são *reset, help* e *about*. Reiniciar (*reset*): o usuário pode reiniciar todas as configurações que foram alteradas e assim voltar para a pré-configuração do simulador. Ajuda (*help*): há uma explicação sobre o objetivo do *software* e como utilizar as principais configurações do simulador. Sobre (*about*) : há uma descrição sobre o simulador, a data de criação e a sua versão.

Parte C: nomeada como definição de órbita (*orbit settings*) , nessa parte pode se escolher o planeta na configuração definir parâmetos para...(*set parameters for*), clicando na seta ao lado, selecionando e clicando em *ok.* Logo abaixo, pode se escolher o tamanho do semi eixo maior (*seminajor axis*), e a excentricidade (*eccentricity*), clicando e arrastando com o *mouse* para a esquerda ou para a direita. Os valores do semieixo maior *(semimajor axis*) e da excentrincidade (*eccentricity*) altera automaticamente cada vez que o usuário seleciona um dos planetas. Mas o usuário pode alterar com o *mouse* os valores da excentricidade e do semieixo maior, podendo deixar a órbita circular, quando deslizar a excentricidade até o valor zero ou elíptica, quando o valor da excentricidade ficar maior que zero. Sendo assim, observamos no simulador que quanto maior a excentricidade, mais oval fica a elipse.

Parte D: nomeada como controles de animações, nessa parte o simulador reproduz na parte A as configurações alteradas, basta clicar em iniciar animação (*start animation*) e escolher a velocidade em que deseja observar a animação, arrastando com o mouse para a esquerda ou para a direita. A taxa de animação é medida em *yrs/s* (*years by second*) anos por segundo .

Parte E: nomeada como opção de visualização (*visualization option*) apresenta quatro opções para serem selecionadas que são: mostrar órbita do sistema solar (*show solar system orbits*), mostrar planeta do sistema solar (*show solar system planets*) mostrar rótulo do sistema solar (*label the system solar*) , mostrar grade (show grid) e por fim a opção desmarcar recursos opcionais. (*clear optional features*). Como podemos observar na figura 07.

Figura 07- Parte E com todas as configurações selecionadas exibidas na parte A

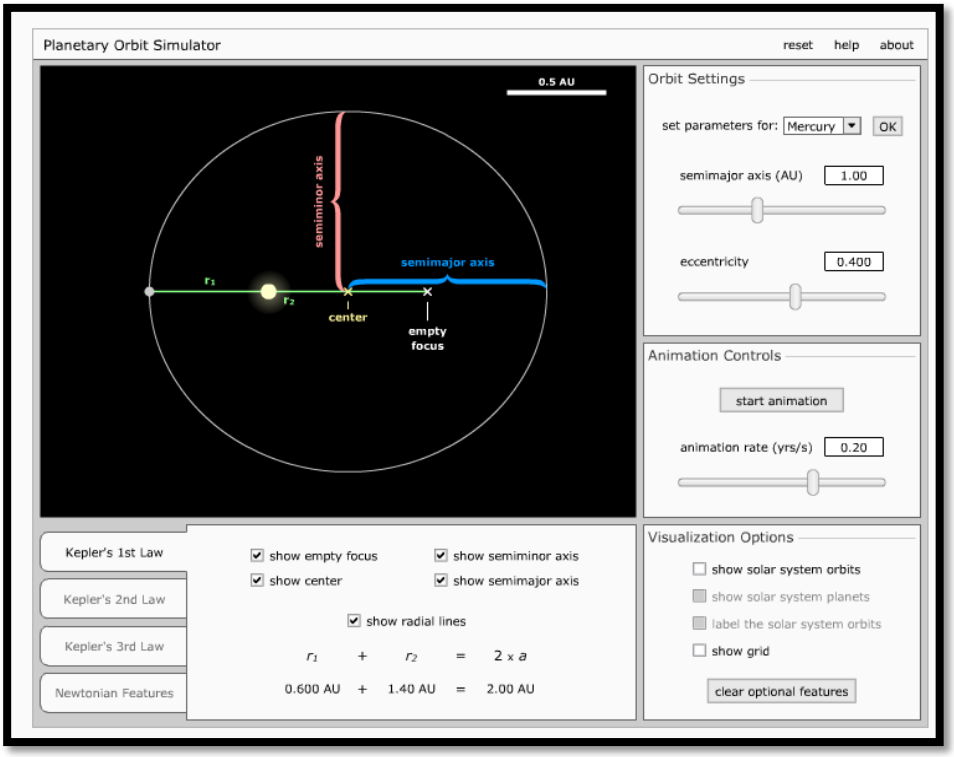


Disponível em: http://astro.unl.edu/naap/pos/animations/kepler.html

Parte F: A parte F apresenta quatro abas, mas já vem pré-selecionado na primeira aba que é nomeada como primeira lei de Kepler (*Kepler's 1st law*) e apresenta uma Tabela com opções que ao selecionar apresentará na parte A o foco (*show empty focus*), o semi eixo menor (*show semiminor axis*), o semi eixo maior (

show semimajor axis) e o centro (*show center*) e as linhas dos raios que ligam o planeta aos dois focos (r1 e r2) (*show radial line*). Observemos na figura 08.

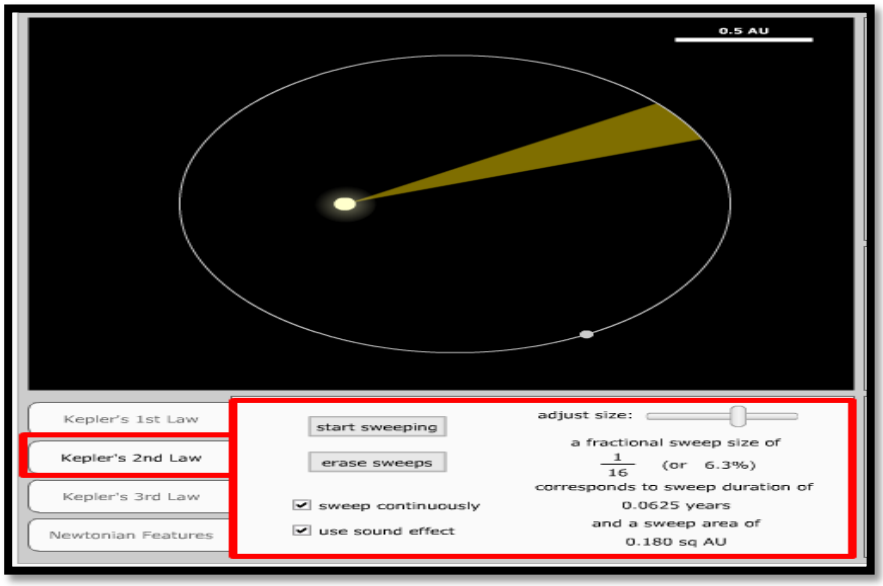
Figura 08- Parte F com todas as configurações selecionadas exibidas na parte A



Fonte:http://astro.unl.edu/naap/pos/animations/kepler.html
Acesso em : 20 mar. 2014

Na segunda aba da parte F, apresenta a segunda lei de Kepler (Kepler's 2nd Law).

Figura 09: Parte do simulador mostrando a 2ª lei de Kepler

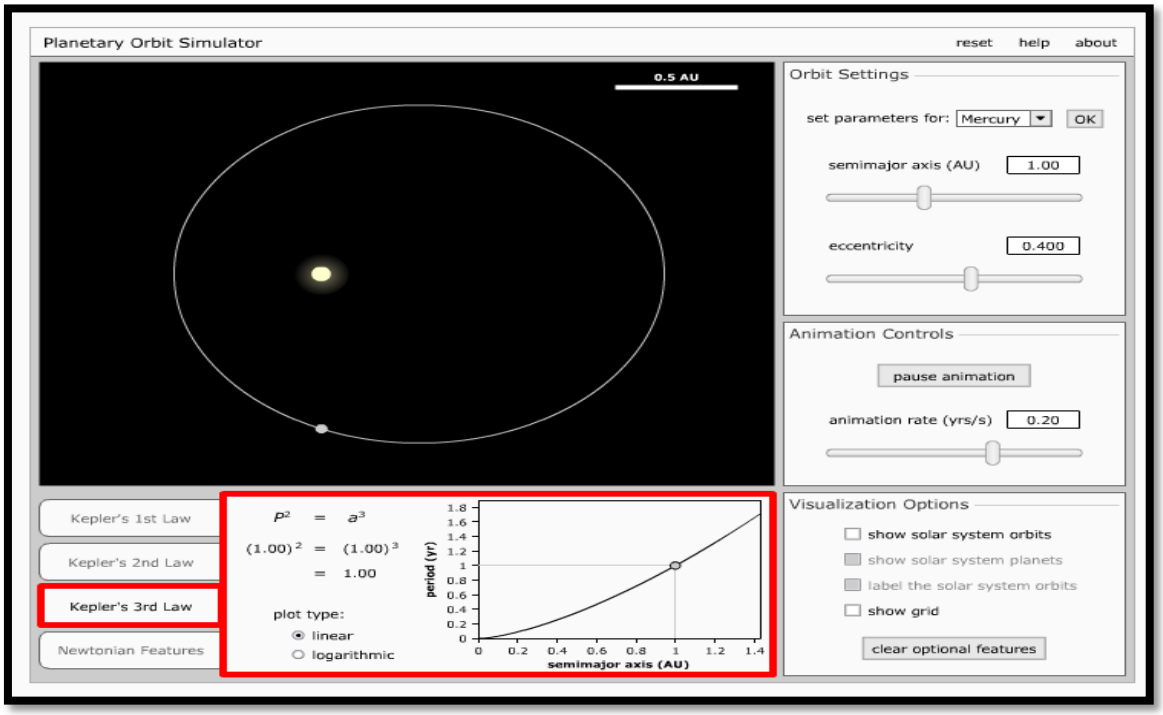


Fonte:http://astro.unl.edu/naap/pos/animations/kepler.html
Acesso em : 20 mar. 2014

Ao clicar na opção começar a varrer (*start sweeping*) uma área é apresentada na parte A, como mostra a figura 09, O tamanho dessa área depende da opção de ajustar tamanho (*adjust size*) que já vem pré-configurada em uma fração de 1/16 ou 6,3% que corresponde a um intervalo de tempo de 1 ano/16 = 0,0625 ano. A cada clique na opção *start sweeping* uma nova área é exibida na parte A em cor diferente. A opção varrer continuamente (*sweep continuously*) ao ser marcada permite que as áreas sejam desenhadas automaticamente uma seguida da outra. Por último, na aba dois tem a opção usar som de efeito (use sound effect) que ao ser selecionada emite um pequeno barulho quando a área pintada é finalizada.

Na aba três apresenta a terceira lei de Kepler (Kepler's 3rd Law).

Figura 10- Parte do simulador mostrando os parâmetros a 3ª lei de Kepler

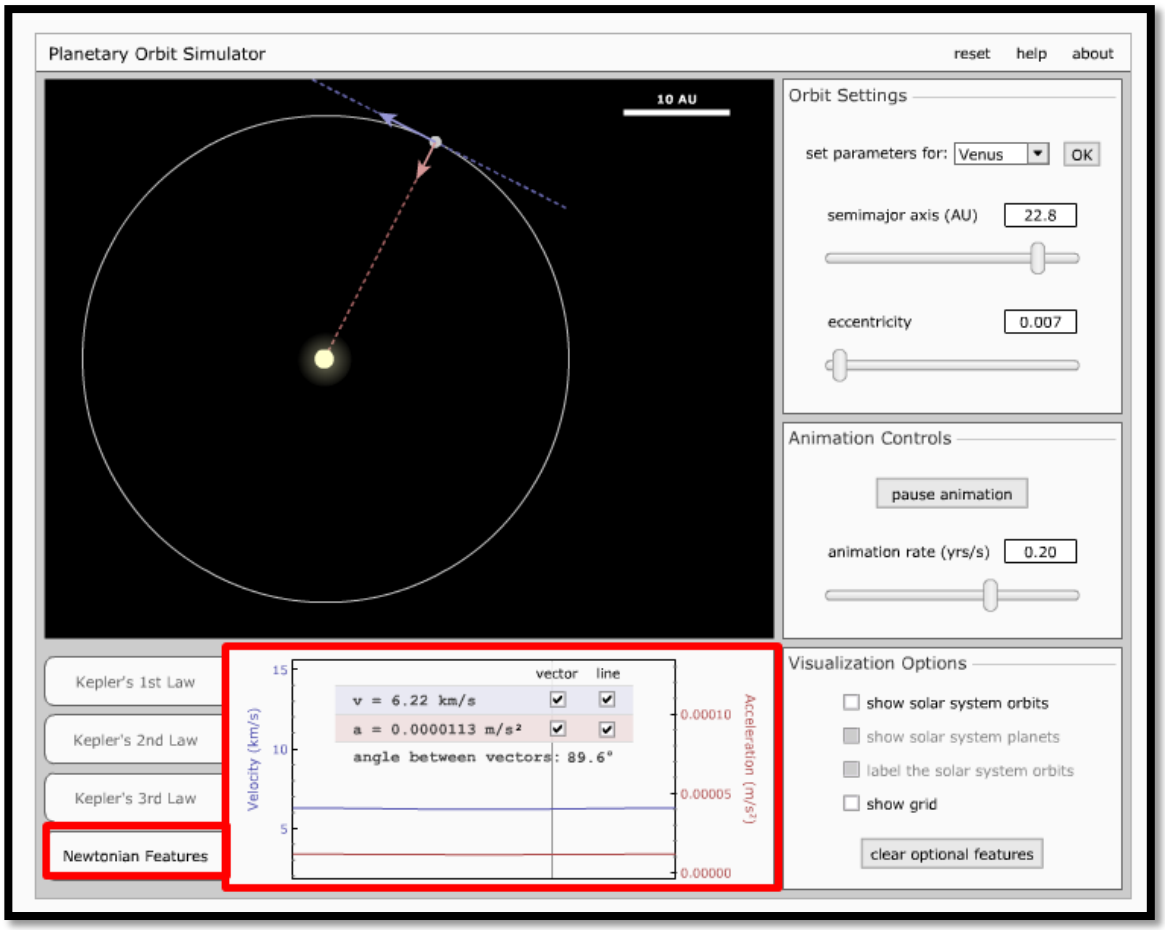


Fonte:http://astro.unl.edu/naap/pos/animations/kepler.html
Acesso em : 20 mar. 2014

Nessa aba há duas opções que podem ser selecionadas: Linear – mostra um gráfico com valores lineares para o período, representado pela letra P e para o semi eixo menor representado pela letra a. Logaritmo - mostra um gráfico com os valores do período e do semi eixo maior em uma escala logarítmica, o que lineariza a curva.

Finalizando a parte F temos por último a quarta aba com recursos de Newton (Newtonian Features).

Figura 11 – Quarta aba do simulador selecionada



Fonte:http://astro.unl.edu/naap/pos/animations/kepler.html
Acesso em : 20 mar. 2014

Nessa última aba do simulador como mostra a figura 11, exibe quatro opções para serem selecionadas. Nessas opções dá para habilitar a visualização dos vetores velocidade (vector) representado pela letra v e a aceleração representado pela letra a. Também é possível habilitar a visualização da direção de cada vetor na opção linha (line).

3.2 A METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia que utilizamos nessa pesquisa foi de caráter qualitativa, já que nossa pretensão foi a de avaliar como os alunos assimilaram o conteúdo durante a aplicação da pesquisa e de que maneira eles foram capazes de expor os conhecimentos adquiridos de forma escrita, para que pudéssemos notar se houve

aprendizagem significativa. Para Ausubel (1963, p. 58): “a aprendizagem significativa é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento.”

Para Minayo (2001, p.21-22) a pesquisa qualitativa “trabalha com o universo de significados, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos.”

Entende-se que o aluno tem suas particularidades e seu entendimento de mundo o que influencia na maneira como ele vai se expressar diante de um questionamento. Diante disso, durante a aplicação da nossa pesquisa consideramos que o aluno apresentou uma aprendizagem significativa quando ele pode se expressar de diferentes maneiras, mas sem que ocorressem desvios dos conceitos científicos.

A avaliação dos conhecimentos adquiridos pelos alunos partiu de um estudo comparativo entre duas turmas regulares do primeiro ano do Ensino Médio da Escola Estadual Professora Maria Lídia da Silva, em São Bento do Trairi/RN. Sendo uma turma do turno matutino, que nomeamos como Turma A e em outra do turno vespertino, que nomeamos de turma B. Ambas as turmas foram submetidas a uma pesquisa dividida em duas etapas:

a) Primeira atividade: Aula sobre as Leis de Kepler

b) Segunda atividade: Questionário avaliativo

Em uma das turmas lecionamos o conteúdo das Leis de Kepler com o auxílio de simulações computacionais, utilizando o simulador *planetary orbit* . Para falarmos da parte histórica da astronomia utilizamos slides projetados no quadro branco e ao darmos início aos conceitos das três Leis de Kepler, projetamos o simulador no quadro branco e íamos demonstrando cada uma das leis no simulador. Para cada lei, escolhíamos um planeta e mudávamos os parâmetros no simulador e comparávamos os resultados com os de outros planetas.

Na outra turma lecionamos o conteúdo das Leis de Kepler com o uso de slides para abordamos a parte histórica da astronomia e utilizamos imagens nos slides para demonstrar cada uma das leis. Em cada turma foi aplicado questionário avaliativo referente às leis de Kepler para avaliarmos e compararmos os resultados das duas turmas.

Marconi e Lakatos (2003, p.200) conceituam questionário como “instrumento de coleta de dados constituído por uma série de perguntas, que devem ser respondidas por escrito.”

Sendo assim, essa pesquisa buscou compreender de maneira qualitativa as respostas obtidas nas perguntas do questionário, considerando as várias maneiras dos alunos expressarem as suas respostas utilizando palavras sinônimas, sem que necessariamente fossem iguais a do gabarito das questões. O questionário foi de perguntas abertas, também chamadas de livres ou não limitadas, pois permitem ao informante responder livremente, usando linguagem própria, e emitir opiniões. (MARKATOS; LAKATOS, 2003).

As questões do questionário foram retiradas de um livro de ensino médio disponibilizado pela escola para ser usado pelos alunos e de uma página da *Internet.* No livro e também na página da *Internet* se encontram os gabaritos das questões, que serviram de norteamento para que pudéssemos fazer a avaliação e verificar os resultados.

A partir das respostas dos alunos classificamos as questões em quatro categorias: corretas, parcialmente corretas, incorretas e não respondeu.

4 CAPÍTULO III- REFLETINDO SOBRE OS RESULTADOS DO ENSINO DAS LEIS DE KEPLER UTILIZANDO O SIMULADOR *PLANETARY ORBIT*

No terceiro capítulo faremos a descrição dos momentos com as turmas durante a pesquisa e discutimos os resultados da pesquisa em termos comparativos, tendo como referência o questionário aplicado às turmas.

4.1 DESCREVENDO OS MOMENTOS COM A TURMA A

A aula na turma A durante o turno matutino aconteceu no dia 02 de dezembro de 2015. Iniciamos a primeira atividade de 7h e finalizamos às 7h: 55, participaram da aula 29 alunos, com idade entre 14 a 17 anos. Na turma A utilizamos o simulador *Planetary orbit.* Durante a aula a turma demonstrou curiosidade na imagem do céu estrelado que estava na introdução do slide. A turma fez perguntas sobre estrelas e planetas e foi aberto um espaço na aula para explicar como diferenciar e localizar planetas e estrelas no céu noturno, o que não estava previsto no nosso plano de aula, mas achamos importante a intervenção motivada pela curiosidade dos alunos. O plano de aula (Apêndice B) foi seguido, mas houve pequenas intervenções com perguntas que não tinham relação direta com o tema mas que eram pertinentes como por exemplo: “ professora , você acredita em vida em outros planetas?” , quando as dúvidas eram esclarecidas nós retornávamos ao ponto onde paramos e dávamos continuidade a aula de acordo com o plano. Fizemos questões aleatória no quadro branco, usando os dados do simulador, como por exemplo, comparando as áreas varridas pelos planetas e o valor das excentricidade dos planetas . Durante a segunda atividade distribuímos um questionário de perguntas abertas para cada aluno , contendo 4 questões, sendo a questão 2 com itens a, b e c, a questão 3 com os itens a e b, (Apêndice C). No momento dessa segunda atividade notamos que os alunos estavam inseguros em responder as questões, por isso precisamos fazer uma intervenção explicando para os mesmos que não iriamos criticar as questões que estivessem incorretas e que

eles não se intimidassem em responder o que realmente aprenderam. Em vários momentos fomos chamados até as carteiras dos alunos para tirar dúvidas sobre a interpretação das questões, principalmente da questão 3 item b (Apêndice C), pois percebemos que tiveram bastante dificuldade em diferenciar os conceitos de velocidade orbital e velocidade areolar. Em nenhum momento repassamos os gabaritos das questões, apenas incentivamos que eles deveriam responder o que achavam que estava correto.Recolhemos todos os questionários e encerramos a aula.

As questões 01, 02,03, do questionário do Apêndice C, foi retirada do livro: Física- Contexto e aplicações- Volume 1. 1º ano do Ensino Médio, dos autores: Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga, p. 179. editora: Scipione. Na questão 02 o item “c” foi elaborado pelo Elaborada pelo próprio autor a partir da consulta do site: http://www.if.ufrgs.br/cref/camiladebom/Aulas/Pages/8.html. A questão 04 foi retirada do site: http://osfundamentosdafisica2.blogspot.com.br/2013/11/cursos-do-blog-mecanica_2381.html. Os gabaritos das questões se encontram nas mesmas fontes de pesquisa.

4.2 DESCREVENDO OS MOMENTOS COM A TURMA B

A aula na turma B durante o turno vespertino aconteceu no dia 02 de dezembro de 2015. Iniciamos a primeira atividade de 13:00 às 13:45, participaram da aula 30 alunos, com idade entre 14 a 17 anos. Na turma B fizemos a abordagem do conteúdo sem a utilização do simulador *Planetary Orbit*, sem o uso de simulações computacionais. Durante a aula a turma permaneceu em silêncio a maior parte do tempo, não houve muito interatividade por parte da turma Ao abordados as três Leis de Kepler usamos imagens projetadas nos slides. O plano de aula conforme o Apêndice A, foi seguido sem eventuais interrupções. Os horários em que realizamos as atividades não estavam previsto no cronograma da escola, pois nesse horário a turma teria aula de matemática, no entanto, a professora de matemática inverteu os horários para que pudéssemos realizar as nossas atividades. A turma não pareceu se incomodar com a mudança dos horários das disciplinas. Conseguimos cumprir o plano de aula dentro do tempo previsto.

A segunda atividade teve início às 13:45, distribuímos um questionário de perguntas abertas para cada aluno. Percebemos que os alunos tinham dificuldade de responder o questionário sozinhos, principalmente no momento de interpretar as questões. Por isso foi necessário que nós fizéssemos uma leitura em voz alta do questionário, deixando claro o que estava sendo pedido nas questões. Na hora de responder o questionário a turma aparentou insegurança e sempre nos chamavam para que conferíssemos as respostas. Em nenhum momento foi dado o gabarito da questão, apenas frase como: "você está indo no caminho certo" ou " Confira novamente a resposta" e assim por diante. Recolhemos todos os questionários no final da atividade e encerramos a aula ás 14:30.

4.3 REFLETINDO SOBRE OS RESULTADOS

Para análise relativa ao desempenho dos alunos nos questionários, realizamos um tratamento percentual para compararmos a média dos acertos das questões entre as diferentes turmas. Para nos certificarmos se as diferenças de desempenho eram significativas. Na comparação dos resultados não iremos discutir sobre cada uma das categorias para todas as questões, mas aquelas que apresentam um resultado que se destaca entre as outras em termos estatísticos.

A questão 01 traz a relação entre os trabalhos de Tycho Bhahe e Kepler, remete de maneira breve para a história da ciência e tem como objetivo fazer com o que aluno compreenda a importância das observações de Tycho Brahe e de como essas observações somadas com o espírito investigativo de Kepler foram fundamentais para o descobrimento das suas leis. As contribuições de Tycho Brahe foram mencionadas durante a aula no slide que utilizamos na turma. O gabarito da questão é: "As tabelas de dados colhidos por Tycho Brahe" Alvarenga; Máximo (2014, p. 314). Foram consideradas respostas corretas as que se aproximaram das respostas sem que ocorresse desvio conceitual. Exemplos: "A partir das informações deixadas por Tycho Brahe." Consideramos que o aluno respondeu por incompleto quando ele apenas mencionou o nome de Tycho Brahe. Consideramos que o aluno respondeu incorretamente as respostas que se desviaram dos conceitos que não se

associam ao gabarito. Exemplo: “ A partir das leis de Tycho Brahe.” Na Tabela 1 o resultado do percentual da questão 01 para a turma A e para a turma B.

Tabela 01- Resultados em porcentagem da questão 01

	Turma A		**Turma B**	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Corretas	22	(75,86%)	8	(26,66%)
Parcialmente Corretas	3	(10,34%)	13	(43,33%)
Incorretas	3	(10,34%)	4	(13,33%)
Não Respondeu	1	(3,44%)	5	(16,66%)

Fonte: Elaborada pelo Elaborada pela própria autora

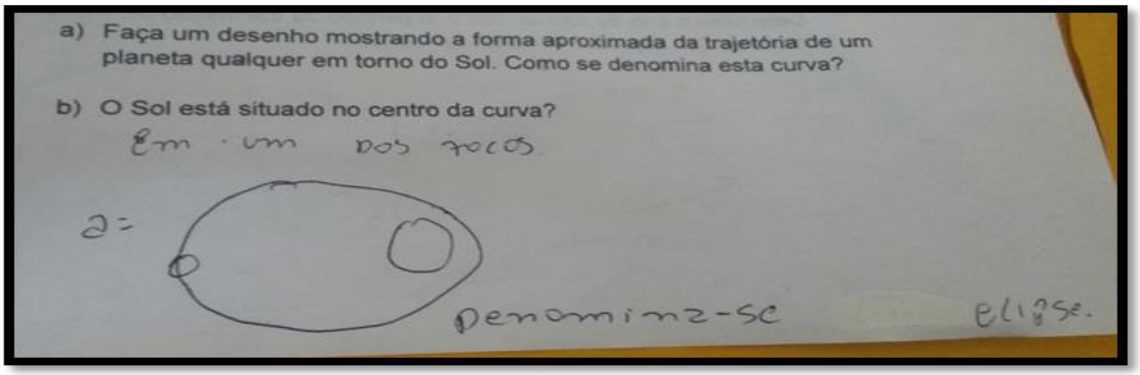
Podemos observar que na questão 01 a porcentagem de alunos da turma A que responderam corretamente a questão foi superior a porcentagem de alunos da turma B. Embora o número de alunos seja diferente em cada uma das turmas, não consideramos um grande desvio de percentual em termos de comparação, pois a diferença da quantidade de alunos de uma turma para outra é de apenas 01 aluno.

A turma B apresentou um maior número de alunos que responderam a questão parcialmente correta, ou seja, parte do que foi ensinado na sala de aula fixou de alguma forma, mas eles não conseguiram formular a resposta da maneira como esperávamos, de acordo com o gabarito da questão. Outro dado que observamos é que na turma B um número maior de alunos se recusaram a resolver a questão. Associamos isso ao fato deles estarem inseguros em relação às respostas que deveriam escrever.

A questão 02 tem como objetivo avaliar se o aluno compreendeu os principais conceitos que são discutidos para a compreensão da primeira lei de Kepler. Nessa questão é importante que o aluno tenha em mente as imagens ou simulações que foram demonstradas na sala de aula, pois o item “a “ pede para que ele desenhe a órbita de um planeta. Consideramos como resposta correta aquela

que o aluno desenhou uma órbita mais excêntrica , com o planeta orbitando o sol e situado em um dos focos, sem que fosse exatamente um círculo,(Não foi cobrado do aluno o nível de excentricidade da elipse, mesmo termos mencionado que as órbitas dos planetas do sistema solar se aproximam de um círculo, com a excentricidade bem pequena) com o planeta orbitando o sol e situado em um dos focos. O aluno ao desenhar, deveria também nomear o nome da curva: " Elipse" (ALVARENGA;MÁXIMO, 2014, p. 314).Consideramos que o aluno respondeu incorretamente quando ele mencionou outras curvas cônicas como : " Hipérbole" e " parábola". Nesse item o aluno deveria reconhecer e diferenciar um círculo de uma elipse. No item b esperávamos que os alunos respondessem : " Não. Está situado em um dos focos." (ALVARENGA;MÁXIMO, 2014, p. 314). Consideramos como resposta correta os alunos que ao invés de responderem em um dos focos, mencionaram :" em um dos pontos." Na figura 12 mostra a questão com a resposta correta elaborada por um aluno de uma das turmas.

Figura 12- Resposta da 1ª Lei de Kepler para os itens "a" e "b" elaborada por aluno do 1º ano do ensino médio



Fonte: Elaborada pela própria autora

No item "c" o aluno deveria responder: Periélio: ponto em que o planeta está mais próximo do sol. Afélio: ponto em que o planeta está mais distante do sol. O planeta apresenta maior velocidade no periélio. Nesse item objetivamos avaliar se o aluno compreendeu a influência do sol na velocidade orbital dos planetas. Consideramos que o aluno respondeu incorretamente quando ele mencionou : " Periélio: ponto mais afastado do planeta. Afélio: ponto mais próximo do planeta. " Consideramos que a resposta estava parcialmente correta quando ele mencionou apenas que o ponto em que o planeta apresenta maior velocidade é o periélio, mas

não conceituou. A seguir a Tabela 02, Tabela 03 e Tabela 04 que mostram os resultados e as categorias da questão 02 e os itens “a”, “b” e “c”

Tabela 02 – Resultados e categorias da questão 02. Item a.

	Turma “A”		**Turma “B”**	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Corretas	14	(48,27%)	18	(60%)
Parcialmente Corretas	13	(44,82%)	5	(16,66%)
Incorretas	2	(6,89%)	2	(6,66%)
Não Respondeu	0	(0%)	5	(16,66%)

Fonte: Elaborada pela própria autora

O item “ a” da questão 02 podemos observar por meio da Tabela 02 que a turma B obteve um melhor desempenho na categoria das questões corretas. Enquanto que na categoria: Não respondeu, o desempenho foi abaixo da turma A. Ou seja, na turma B uma quantidade maior de alunos deixaram de responder a questão.

Tabela 03 – Resultados e categorias da questão 02. Item b.

	Turma “A”		**Turma “B”**	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Corretas	25	(86,20%)	24	(80%)
Parcialmente Corretas	1	(3,44%)	1	(3,33%)
Incorretas	3	(10,34%)	1	(13,33%)
Não Respondeu	0	(0%)	4	(3,33%)

Fonte: Elaborada pela própria autora

No item “b” da questão podemos observar que as duas turmas tiveram o desempenho bastante parecido, o que demonstra que a as duas turmas obtiveram um bom desempenho e conseguiram associar o conteúdo de maneira proveitosa.

Tabela 04- Resultados e categorias da questão 02. Item c.

	Turma “A”		**Turma “B”**	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Corretas	17	(58,62%)	7	(23,33%)
Parcialmente Corretas	8	(27,58%)	20	(66,66%)
Incorretas	4	(13,79%)	2	(6,66%)
Não Respondeu	0	(0%)	1	(3,33%)

Fonte: Elaborada pela própria autora

No item “c” da questão 02 observamos por meio da Tabela 04 que a turma A obteve um melhor desempenho na categoria das respostas corretas, isso indica que os alunos conseguiram definir os conceitos sem desvio científico e associaram de maneira correta os conteúdos. A turma B obteve um valor relativamente alto na categoria das respostas parcialmente corretas, o que indica que tentaram resolver a questão, mas as respostas não foram formuladas como esperávamos, de acordo com o gabarito.

A questão 03 traz os itens “a” e “b” e aborda a 2ª lei de Kepler e busca a compreensão dos alunos sobre os conceitos de velocidade areolar e a velocidade orbital de cada planeta. No item a, consideramos que o aluno respondeu corretamente para a resposta : “ 1 ano para cada um. “ (ALVARENGA;MÁXIMO, 2014, p. 314). O item b, consideramos que o aluno respondeu corretamente para a resposta: “$V_1 > V_2 = V_4 > V_3$” (ALVARENGA;MÁXIMO, 2014, p. 314). A seguir as Tabelas 05 e 06 apresentam as categorias e os resultados das duas turmas em relação a questão 03 com os itens a e b respectivamente.

Tabela 05 – Resultados e categorias da questão 03. Item a

	Turma "A"		**Turma "B"**	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Corretas	29	(100%)	18	(60%)
Parcialmente Corretas	0	(0%)	0	(0%)
Incorretas	0	(0%)	9	(30%)
Não Respondeu	0	(0%)	3	(10%)

Fonte: Elaborada pela própria autora

No item "a" da questão 03 todos os alunos da turma conseguiram compreender o conceito de velocidade areolar. Enquanto que no turma B o número de alunos foi inferior, mostrando assim que o desempenho da turma A nessa questão foi superior em relação turma B.

Tabela 06 – Resultados e categorias da questão 03. Item B.

	Turma "A"		**Turma "B"**	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Corretas	4	(13,79%)	0	(0%)
Parcialmente Corretas	0	(0%)	0	(0%)
Incorretas	25	(86,20%)	27	(90%)
Não Respondeu	0	(0%)	3	(10 %)

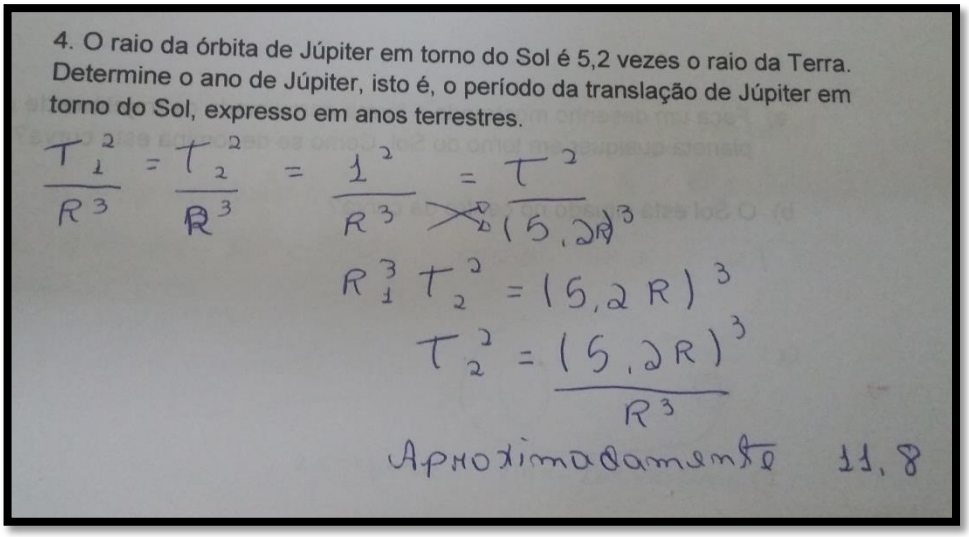
Fonte: Elaborada pela própria autora

No item B da questão 03 os rendimentos das turmas foram parecidos, um número elevado de alunos não conseguiram resolver a questão de maneira correta. Mas o número de alunos que resolveram de maneira correta da turma A foi superior em relação a turma B, que não teve nenhum questionário com a questão correta.

A questão 04 refere-se à terceira lei de Kepler e é necessário o domínio da matemática básica para resolvê-la. O objetivo da questão é que o aluno compreenda que quanto mais distante o planeta estiver do sol, maior será o seu período de translação. O

gabarito da questão está disponível no link: http://osfundamentosdafisica2.blogspot.com.br/2013/11/cursos-do-blog-mecanica_2381.html. A figura 16 mostra a resposta correta dada por um dos alunos das turmas. A Tabela 07 mostra com os resultados e as categorias da questão 04 das turmas A e B.

Figura 16- Resposta da 3ª Lei de Kepler elaborada por aluno do 1º ano do Ensino Médio



Fonte: Elaborada pelo própria autora

Tabela 07 - Resultados e Categorias da questão 04

	Turma "A"		**Turma "B"**	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
Corretas	4	(13,79%)	16	(53,33%)
Parcialmente Corretas	0	(0%)	0	(0%)
Incorretas	24	(82,75%)	12	(40%)
Não Respondeu	1	(3,44%)	2	(6,66 %)

Fonte: Elaborada pela própria autora

Na questão 04 a turma B obteve um melhor rendimento em relação a turma A. Como podemos observar não foi considerada nenhum questão respondida parcialmente, pois por se tratar de uma questão com cálculos matemáticos, a resposta só foi considerada correta se o aluno obedecesse corretamente todo o passo a passo. Alguns questionários mostraram a resposta final correta, porém desvio no desenvolvimento do cálculo, portanto consideramos como resposta incorreta.

Diante das Tabelas apresentados nesta seção notamos pelos resultados e pelas categorias de cada turma que a turma A, em que foi usado o simulador obteve um melhor desempenho em 3 das 4 questões. A turma B obteve um melhor desempenho apenas em uma das questões.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do levantamento bibliográfico acerca das Leis de Kepler, partindo dos primórdios da astronomia ao ensino da física atual, foi possível reconhecer a sua importância na construção e no desenvolvimento da ciência, bem como a possibilidade que essas leis tem em ampliar a visão sobre a dinâmica do universo. Ao consultarmos os principais nomes que contribuíram para o aprimoramento da astronomia, concluímos que a ciência se faz e se refaz ao longo do tempo e que conhecer ao tentarmos explicar como as coisas funcionam faz parte do nosso espírito investigativo que a ciência desperta em todos nós. A nossa maior dificuldade e preocupação no levantamento bibliográfico foi encontrar e reconhecer as fontes seguras de informações acerca da história da ciência.

A partir das análises investigativas consideramos que a pesquisa empírica realizada com duas turmas do Ensino Médio foi satisfatória, pois a partir dela foi possível chegarmos a resultados conclusivos. Os resultados mostraram que o uso de simulações auxiliou no processo de ensino e de aprendizagem, pois no processo de aprendizagem a turma conseguiu observar as dinâmicas dos movimentos relacionados aos planetas ao redor do sol e as principais características das suas órbitas. No processo de ensino, demonstrar cada uma das leis usando o simulador foi prático e dinâmico, já que não foi necessário nos prendermos apenas aos conceitos ou valores fixos, pois no simulador alteramos os parâmetros e até mesmo pedimos que os alunos sugerissem valores, despertando a curiosidade para saber o que iria acontecer com os novos valores. O uso de simulações se mostraram eficientes para as questões teóricas, mas não foi eficiente para a questão que exigiu cálculos matemáticos. Por isso a maior dificuldade encontrada nesse momento da pesquisa foi conciliar o tempo para fazer uma breve explicação matemática , já que os alunos apresentaram dificuldades em conteúdos matemáticos como a regra de três simples.

A partir do uso de novas tecnologias no Ensino de Física, no enfoque das simulações computacionais, concluímos que houve uma maior interatividade por parte da turma em que utilizamos o simulador *planetary orbit* e um maior despertamento na curiosidade, já que acabou sendo uma novidade para os mesmos. Com isso os

resultados das turmas foram diferentes, mesmo sendo o mesmo conteúdo e o mesmo intervalo de tempo.

O uso de simulações pode ser feito por qualquer professor de física das escolas de Ensino Médio do Brasil, pois são gratuitas e de fácil acesso, além do mais não é necessário ter uma rede de *Internet* na escola, já que boa parte dos simuladores podem ser executados sem auxílio da internet. Portanto, essa é uma proposta metodológica que mostrou resultados positivos e que ao ser utilizada, auxilia tanto o aluno quanto o professor. Além disso, é notória a busca pelos professores de Física por metodologias que atinjam os objetivos esperados na sala de aula. O processo de ensino precisa acompanhar a realidade dos alunos, que estão cada vez mais envolvidos com o mundo digital e por isso as novas tecnologias no Ensino de Física permite que a escola esteja inteirada com o dia a dia dos alunos. A interação da escola com o aluno permite que ele esteja em constante formação acadêmica, social e ética, que ensina o cidadão a pensar e também a ter um bom relacionamento com o meio em que vive.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, Beatriz. MÁXIMO, Antônio. **Física- Contexto e aplicações**- Vol.1 São Paulo, Editora: Scipione. 2014.
Avritzer, Dan. **Geometria analítica e álgebra linear: uma visão geométrica**.Belo Horizonte : Editora UFMG, 2009.

ANJOS, Antônio. Jorge Sena dos. As novas tecnologias e o uso dos recursos telemáticos na educação científica: a simulação computacional na educação em física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física.** v. 25, n. 3. Dez, 2008. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2008v25n3p569. Acesso em: Dez. 2014.

AUSUBEL, David Paul. **The psychology of meaningful verbal learning**. Editora: New York, Grune and Stratton, 1963. Disponível em: http://www.worldcat.org/title/psychology-of-meaningful-verbal-learning/oclc/183907. Acesso em jan. 2016

BECKER, WIlyan Ronald; STRIEDER, Dulce Maria. **O uso de simuladores na astronomia**. *In:* II ENINED**-**Encontro Nacional de informática e Educação. Cascavél/PR, 2011.

BRENNAN, Richard.; **Gigantes da Física: Uma história da Física moderna através de oito biografias.** Editora Zahar. Edição revista. Tradução: Maria Luiza X. de A. Borges.Editora: Zahar, Rio de janeiro, 2003.

CONTADOR, Paulo Roberto Martins. **Kepler, o legislador dos céus**. 2ª. ed. São Paulo. Editora: Livraria da física,2013.

COUPER, Heather; HENBEST, Nigel. **A história da Astronomia**. 1ª ed. São Paulo, Laurosse do Brasil, 2009.

FARIA, Romildo Póvoa (Org.) et al. **Fundamentos de Astronomia**. 3ª. ed. Campinas, SP: Papirus, 1987.

FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências física, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol.25, nº3. Jul, 2003.

FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas: com Aplicações em Arena**. 2ª. ed. Florianópolis: Visual Books Ltda.2008.

GLEISER, Marcelo. **A dança do Universo - dos mitos de criação ao Big-Bang**. São Paulo: Companhia das Letras, 1997.

GOMES, Cleber Fernando. Recursos midiáticos na escola para uma sala de aula interativa. **II Congresso Ibero-americano de estilos de aprendizagem, tecnologias e inovações na educação**. Brasília, 2005. Disponível em: http://www.academia.edu/5102308/RECURSOS_MIDI%C3%81TICOS_NA_ESCOLA_PARA_UMA_SALA_DE_AULA_INTERATIVA. Acesso em: 03 de mar. de 2016.

GOMES, Maria José. E-Learning: reflexões em torno do conceito. In Paulo Dias e Varela deFreitas (orgs.), Actas da **IV Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação**, Challenges05, Braga: Centro de Competência da Universidade do Minho,2005.

HALLIDAY,David; RESNICK,Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. Vol. 2.: gravitação, ondas e termodinâmica. 9ª ed. Rio de Janeiro, Editora LTC, 2013.

MACÊDO, Josué Antunes de. **Simulações computacionais como ferramenta auxiliar ao ensino de conceitos básicos de eletromagnetismo**: Elaboração de Um Roteiro de Atividades para Professores do Ensino Médio. 2009. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Belo Horizonte. Disponível em: http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/EnCiMat_MacedoJA_1.pdf. Acesso: Dez. 2014

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 7ª. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARICONDA, Pablo Rubén; Claudemir Roque TOSSADO. **O método da Astronomia segundo Kepler**. v.8.n.3.p.346.São Paulo.Set.2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-31662010000300003. Dez.2016.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento**: pesquisa qualitativa em saúde. 8ª ed. São Paulo: Hucitec, 2004.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza; SARAIVA Maria de Fátima Oliveira. **Astronomia e Astrofísica**. Porto Alegre: Departamento de Astronomia, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

PIRES, Antônio Sérgio Teixeira. **Evolução das ideias da física**. 1ªed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008.

PLANETARY ORBIT. Disponível em: <http://astro.unl.edu/naap/pos/animations/kepler.html > Acesso em 20 mar. de 2014.

RANGEL, Flaminio de Oliveira; SANTOS,Leonardo Sioufi Fagundes dos; RIBEIRO, Carlos Eduardo. ENSINO DE FÍSICA MEDIADO POR TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física.** v. 29. Set. 2012. Disponível

em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29nesp1p651/22938. Acesso em: Dez. 2014.

APÊNDICE A- PLANO DE AULA SEM O USO DO SIMULADOR

PLANO DE AULA

I – Tema: Leis de Kepler

Johannes Kepler (1571-1630) foi astrônomo, matemático e astrólogo alemão. Seu fascínio e sua curiosidade pelos céus fez dele um homem dedicado ao estudo da matemática, física e astronomia. Kepler trabalhou muitos anos com o astrônomo Tycho Brahe (1546-1601) que deixou como herança dados astronômicos colhidos durante vinte anos de observação, entre eles, os referentes ao movimento do planeta Marte. As observações e a precisão nos dados referentes ao movimento de Marte foram fundamentais para os estudos de Kepler, contribuindo para a formulação das três leis (empíricas) que levam o seu nome. 1ª Lei de Kepler- conhecida também como Lei das Órbitas: Cada planeta descreve uma órbita elíptica em torno do Sol, que ocupa um dos focos da elipse. 2ª Lei de Kepler- conhecida também como Lei das Áreas: O vetor posição do planeta (com origem no Sol) varre áreas proporcionais aos intervalos de tempo dos percursos. Podemos escrevê-la do seguinte modo: $A1/.\Delta t1 = A2/\Delta t2$ em que A é a área varrida pelo vetor posição do planeta, , e Δt é o intervalo de tempo gasto. 3ª Lei de Kepler- conhecida também como Lei Harmônica (ou Lei dos Períodos): O quadrado do período de translação de cada planeta em torno do Sol é proporcional ao cubo do semieixo maior de sua órbita. Podemos escrevê-la do seguinte modo: $T^2 = K.a^3$, em que T é o período de translação do planeta, ou seja, o tempo para ele dar uma volta completa em torno do Sol, K é uma constante de proporcionalidade que depende do corpo que está sendo orbitado e r é o semieixo maior da elipse correspondente à órbita do planeta.

II- Conteúdo

1- Breve história do surgimento da astronomia
2- Modelos planetários de Ptolomeu e Copérnico
3- Leis de Kepler
4- Breve introdução à lei da gravitação universal de Newton

III- Objetivo

1 - Objetivo geral

A partir dos conteúdos abordados, mediar conhecimentos visando com que o aluno relacione a Física ao universo em que ele vive e compreenda a importância do estudo desta ciência para os avanços científicos e tecnológicos.

2– Objetivos específicos

2.1 Discutir de maneira sucinta a história da Astronomia;
2.2 Conceituar a 1ª Lei de Kepler para possibilitar que os alunos aprendam como identificar os elementos básicos de uma elipse;
2.3 Conceituar e discutir a 2ª lei de Kepler
2.4 Conceituar e discutir a 3ª lei de Kepler

IV- Metodologia da Aula

Aula expositiva dialogada acerca dos conteúdos já especificados, utilizando a história dos cientistas como forma de abordagem do conhecimento.

V – Procedimentos Metodológicos

A aula será iniciada com um glossário com conceitos de elipse, órbita, movimento de translação, movimento de rotação e movimento retrógrado. Após o glossário será feito a seguinte pergunta: Você já observou o céu à noite de um local bastante escuro? A pergunta será acompanhada de uma imagem de um céu estrelado para chamar a atenção dos alunos, após interroga-los se já olharam para o céu a noite e viram diversos pontos brilhantes e se são capazes de identificar o que são aqueles pontos no céu, pediremos para que se imaginem a milhares e milhares de anos atrás, longe de qualquer tecnologia, das luzes das cidades, em um tempo remoto, e os indagaremos sobre como fariam para sobreviver. A partir das respostas mencionaremos que observar a natureza foi um meio do homem primitivo sobreviver e desenvolver os próprios meios de sobrevivência. A partir disso, citaremos que os fenômenos celestes por serem na maioria das vezes periódicos, como exemplos: a trajetória aparente do sol, as fases da lua e o movimento aparente das constelações, ajudaram o homem a marcar o tempo, se localizar na esfera terrestre, identificar o momento certo para plantar e colher entre outros benefícios. Continuaremos nossa aula falando que a busca por conhecimento fizeram com que os homens imaginassem o que causava os fenômenos naturais e que no decorrer do tempo muitos filósofos, matemáticos e astrônomos criaram seus próprios modelos de como seria a Terra e outros planetas, de um modo geral, criaram modelos para o nosso Sistema Solar, e então mencionaremos e mostraremos através de imagens os modelos planetários de Ptolomeu e Copérnico. Logo em seguida, apresentaremos uma breve história sobre *Tycho Brahe*, Galileu, e Kepler, enfatizando mais sobre a vida de Kepler e o descobrimento de suas leis de modo empírico, desenvolvidas com base nos critérios de observação, previsão e confirmação de características a respeito do movimento do planeta Marte, nesse momento mostraremos uma imagem que mostra o movimento aparente do planeta marte e discutiremos sobre seu movimento retrógrado e o movimento de translação da terra. Em seguida, mencionaremos e detalharemos cada uma das leis exemplificando através de imagens no projetor multimídia como elas se aplicam aos planetas e os satélites usados nos dias atuais, do ponto de vista da cinemática, pois as leis de Kepler não nos diz o que causa os movimentos dos planetas em torno do sol, Kepler suspeitava que fosse uma força de origem magnética. Lembraremos aos alunos que a cinemática é a área da Física que descreve os movimentos sem se preocupar com o que os causam. Para finalizar a aula mencionaremos que as Leis de Kepler contribuíram para que anos depois Isaac Newton concluísse que os planetas e o sol interagem a distância, com forças chamadas gravitacionais. Assim, com grande conhecimento matemático Isaac Newton foi capaz de estabelecer a lei da gravitação universal, que pode ser representada por F= G$\frac{Mm}{r^2}$, generalizando a quaisquer corpos com massa. Com os estudos de Isaac Newton é que se pode então conhecer a causa dos movimentos, mencionaremos que esse ramo da física que estuda os movimentos e a suas causas é a dinâmica. Enfatizaremos que as contribuições ao longo da história fizeram a ciência que hoje conhecemos e que continua sendo explorada dia após dia. Finalizaremos dizendo que Kepler ficou conhecido como o legislador dos céus por todas as suas contribuições tanto para astronomia quanto para a física.

VI – Recursos utilizados

Projetor multimídia, notebook, quadro branco, marcador para quadro branco.

VII – Tempo Previsto

2 aulas de 45 minutos

VIII- Avaliação da aprendizagem

Questionário no fim da aula sobre as Leis de Kepler

IX – Referências

CONTADOR, Paulo Roberto Martins. **Kepler, o legislador dos céus**. 2.ed. 2013.São Paulo. Editora: Livraria da física,2012.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl**. Fundamentos de física: Gravitação, ondas e termodinâmica.** 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. v 2.

RAMALHO JUNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Os fundamentos da física**. 9ª ed. São Paulo: Moderna, 2007. v1.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Curso de física**. Scipione, 2000.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Física: Contexto & aplicações**.1 ed. São Paulo: Scipione, 2014

OIIVEIRA FILHO, K. S. e Saraiva, M. F, **Astronomia e Astrofísica**, 2. ed. Livraria da Física, 2004.

PARANÁ, Djalma Nunes da Silva. **Física Mecânica**. 9. ed. São Paulo: Ática, 1999.

Fonte: Elaborado pela própria autora

APÊNDICE B- PLANO DE AULA COM O USO DO SIMULADOR

PLANO DE AULA

I – Tema: Leis de Kepler

Johannes Kepler (1571-1630) foi astrônomo, matemático e astrólogo alemão. Seu fascínio e sua curiosidade pelos céus fez dele um homem dedicado ao estudo da matemática, física e astronomia. Kepler trabalhou muitos anos com o astrônomo Tycho Brahe (1546-1601) que deixou como herança dados astronômicos colhidos durante vinte anos de observação, entre eles, os referentes ao movimento do planeta Marte. As observações e a precisão nos dados referentes ao movimento de Marte foram fundamentais para os estudos de Kepler, contribuindo para a formulação das três leis (empíricas) que levam o seu nome. 1ª Lei de Kepler- conhecida também como Lei das Órbitas: Cada planeta descreve uma órbita elíptica em torno do Sol, que ocupa um dos focos da elipse. 2ª Lei de Kepler- conhecida também como Lei das Áreas: O vetor posição do planeta (com origem no Sol) varre áreas proporcionais aos intervalos de tempo dos percursos. Podemos escrevê-la do seguinte modo: $A1/.\Delta t1 = A2/\Delta t2$ em que A é a área varrida pelo vetor posição do planeta, , e Δt é o intervalo de tempo gasto. 3ª Lei de Kepler- conhecida também como Lei Harmônica (ou Lei dos Períodos): O quadrado do período de translação de cada planeta em torno do Sol é proporcional ao cubo do semieixo maior de sua órbita. Podemos escrevê-la do seguinte modo: $T^2 = K.a^3$, em que T é o período de translação do planeta, ou seja, o tempo para ele dar uma volta completa em torno do Sol, K é uma constante de proporcionalidade que depende do corpo que está sendo orbitado e r é o semieixo maior da elipse correspondente à órbita do planeta.

II- Conteúdo

1- Breve história do surgimento da astronomia
2- Modelos planetários de Ptolomeu e Copérnico
3- Leis de Kepler
4- Breve introdução à lei da gravitação universal de Newton.

III- Objetivo

1 - Objetivo geral: A partir dos conteúdos abordados, mediar conhecimentos visando com que o aluno relacione a Física ao universo em que ele vive e compreenda a importância do estudo desta ciência para os avanços científicos e tecnológicos.

2– Objetivos específicos:

2.1 Discutir de maneira sucinta a história da Astronomia;
2.2 Conceituar a 1ª Lei de Kepler para possibilitar que os alunos aprendam como identificar os elementos básicos de uma elipse;
2.3 Conceituar e discutir a 2ª lei de Kepler
2.4 Conceituar e discutir a 3ª lei de Kepler

IV- Metodologia da Aula

Aula expositiva dialogada com auxílio do uso de simulações por meio do simulador *planetary orbit* acerca dos conteúdos já especificados, utilizando a história dos cientistas como forma de abordagem do conhecimento.

V – Procedimentos Metodológicos

A aula será iniciada com a tela do planetary orbit projetada no projetor para explicar os conceitos de elipse, órbita, movimento de translação, movimento de rotação e movimento retrógrado. Após esse momento, será feita a seguinte pergunta: Você já observou o céu à noite em um local bastante escuro? A pergunta será

acompanhada de uma imagem de um céu estrelado para chamar a atenção dos alunos. Após interroga-los se já olharam para o céu a noite e viram diversos pontos brilhantes e se são capazes de identificar o que são aqueles pontos no céu, pediremos para que se imaginem a milhares e milhares de anos atrás, longe de qualquer tecnologia, das luzes das cidades, e os indagaremos sobre como fariam para sobreviver. A partir das respostas mencionaremos que observar a natureza foi um meio do homem primitivo sobreviver, desenvolvendo meios próprios para tal. A partir disso, citaremos que os fenômenos celestes, por serem, na maioria das vezes, periódicos, (por exemplo, a trajetória aparente do Sol, as fases da lua e o movimento aparente das constelações) ajudaram o homem a marcar o tempo, a se localizar, a identificar o momento certo para plantar e colher, entre outros benefícios. Continuaremos nossa aula falando que a busca por conhecimento fez com que os homens imaginassem as causas dos fenômenos naturais e que no decorrer do tempo muitos filósofos, matemáticos e astrônomos criaram seus próprios modelos de como seriam a Terra e os outros planetas, ou seja, criaram modelos para o nosso Sistema Solar. Então, mencionaremos e mostraremos através de imagens os modelos planetários de Ptolomeu e Copérnico. Logo em seguida, apresentaremos uma breve história sobre *Tycho Brahe*, Galileu, e Kepler, enfatizando mais sobre a vida de Kepler e o descobrimento de suas leis de modo empírico, com base na observação, descrição e previsão de características a respeito do movimento do planeta Marte. Nesse momento, mostraremos uma imagem do movimento aparente do planeta Marte e, em seguida, discutiremos sobre seu movimento retrógrado e sobre o movimento de translação da Terra. Em seguida, simularemos e detalharemos cada uma das leis com o uso do simulador *planetary orbit* que será exibido no projetor. Durante as simulações pediremos que os alunos deem sugestões de planetas, tamanhos de semi eixo e excentricidade, já que esses parâmetros do simulador podem ser alterados. A partir disso pretendemos que eles relacionem esses parâmetros com as leis de Kepler. Durante as simulações destacaremos como elas se aplicam aos planetas e os satélites usados nos dias atuais, do ponto de vista da cinemática, uma vez que as leis de Kepler não tratam da causa dos movimentos dos planetas em torno do Sol. Kepler, inclusive, suspeitava que fosse uma força de origem magnética. Lembraremos aos alunos que a cinemática é a área da Física que descreve os movimentos sem se preocupar com as suas causas. Para finalizar a aula, mencionaremos que as Leis de Kepler contribuíram para que, anos depois, Isaac Newton concluísse que os planetas e o Sol interagem à distância, com forças chamadas gravitacionais. Assim, com grande conhecimento matemático, Isaac Newton foi capaz de estabelecer a lei da gravitação universal, que pode ser expressa matematicamente por $F= G\frac{Mm}{r^2}$ e aplicada a quaisquer partículas que possuam massa. Com os estudos de Isaac Newton, se pode então conhecer as causas dos movimentos planetários. Mencionaremos que esse ramo da Física, que estuda os movimentos e a suas causas, é chamado de dinâmica. Enfatizaremos que as contribuições ao longo da história fizeram a ciência que hoje conhecemos e que continua sendo explorada dia após dia. Finalizaremos dizendo que Kepler ficou conhecido como o legislador dos céus por todas as suas contribuições tanto para Astronomia quanto para a Física.

VI – Recursos utilizados: Projetor multimídia, notebook, quadro branco, marcador para quadro branco.

VII – Tempo Previsto:2 aulas de 45 minutos

VIII- Avaliação da aprendizagem: Questionário no fim da aula sobre as Leis de Kepler

IX – Referências

CONTADOR, Paulo Roberto Martins. **Kepler, o legislador dos céus**. 2.ed. 2013.São Paulo. Editora: Livraria da física,2012.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl**. Fundamentos de física: Gravitação, ondas e termodinâmica.** 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. v 2.

RAMALHO JUNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Os fundamentos da física**. 9ª ed. São Paulo: Moderna, 2007. v1.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Curso de física**. Scipione, 2000.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Física: Contexto & aplicações**.1 ed. São Paulo: Scipione, 2014

OLIVEIRA FILHO, K. S. e Saraiva, M. F, **Astronomia e Astrofísica**, 2. ed. Livraria da Física, 2004.

PARANÁ, Djalma Nunes da Silva. **Física Mecânica**. 9. ed. São Paulo: Ática, 1999.

PLANETARY ORBIT SIMULADOR http://astro.unl.edu/naap/pos/animations/kepler.html

Fonte: Elaborado pela própria autora

APÊNDICE C- QUESTIONÁRIO AVALIATIVO

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE

Escola: Estadual Prof.ª Maria Lídia da Silva- São Bento do Trairi/RN

Disciplina: Física

Turma: 1° ano **Turno**:

Aluno: _____

Data: __/__/____

O ENSINO DAS LEIS DE KEPLER COM O USO DO SIMULADOR PLANETARY ORBIT

Aluna: Kedma Dantas da Silva

QUESTIONÁRIO N° ____

1. Qual foi a principal fonte de informações que possibilitou a Kepler descobrir suas leis?

2. Lembrando-se da primeira lei de Kepler:

a) faça um desenho mostrando a forma aproximada da trajetória de um planeta qualquer em torno do sol. Como se denomina esta curva?

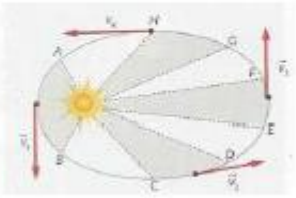
b) O sol está situado no centro da curva?

c) Defina afélio e periélio. Em qual dessas posições o planeta apresenta maior velocidade?

3. Suponha que a elipse mostrada a seguir na figura deste exercício representa a trajetória de Júpiter em torno do sol. As áreas sombreadas são todas iguais entre si.

a) Se Júpiter gasta 1 ano para percorrer o arco *AB*, qual será o tempo gasto por ele para percorrer cada um dos arcos *CD*, *EF*, *GH*?

b) Sejam $\vec{V}_1$, $\vec{V}_2$, $\vec{V}_3$, e $\vec{V}_4$, as velocidades de Júpiter em cada uma das posições mostradas na figura . Coloque essas velocidades em ordem decrescente de seus valores.



4. O raio da órbita de Júpiter em torno do Sol é 5,2 vezes o raio da Terra. Determine o ano de Júpiter, isto é, o período da translação de Júpiter em torno do Sol, expresso em anos terrestres.

Fonte: Elaborado pela Própria autora