

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



ESTUDO DE GRAVITAÇÃO NO ENSINO MÉDIO USANDO UMA MAQUETE INTEGRADA A UMA UEPs PARA PROMOÇÃO DE UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Maria Thaís França Coelho

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Regional do Cariri – URCA, polo 31, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof(a). Dra. Noelia Souza dos Santos

Co-orientador:

Prof. Dr. Cláudio Rejane Dantas da Silva

Juazeiro do Norte – Ceará

2021

ESTUDO DE GRAVITAÇÃO NO ENSINO MÉDIO USANDO UMA MAQUETE
INTEGRADA A UMA UEPs PARA PROMOÇÃO DE UMA APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA

Maria Thaís França Coelho

Orientadora e co-orientador:
Prof(a). Dra. Noelia Souza dos Santos
Prof. Dr. Cláudio Rejane Dantas da Silva

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Regional do Cariri – URCA, polo 31, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:



Dra. Noelia Souza dos Santos
(URCA – Orientadora)



Dra. Priscila Valdênia dos Santos
(Membro externo/ UFRB)

gov.br
Documento assinado digitalmente
Antonio Carlos Alonge Ramos
Data: 18/10/2021 07:30:52 -0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Dr. Antônio Carlos Alonge Ramos
(Membro interno/ UFCA)

Juazeiro do Norte

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade Regional do Cariri – URCA
Bibliotecária: Ana Paula Saraiva de Sousa CRB: 3/1000

Coelho, Maria Thaís França.

C672e Estudo de gravitação no ensino médio usando uma maquete integrada a uma UEPS para promoção de uma aprendizagem significativa/ Maria Thaís França Coelho. – Juazeiro do Norte-CE, 2021
140p

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF da Universidade Regional do Cariri – URCA
Orientadora: Profª. Dra. Noelia Souza dos Santos
Coorientador: Prof. Dr. Cláudio Rejane Dantas da Silva

1. Astronomia, 2. Maquetes, 3. Sequência, 4. UEPS; I. Título.

CDD: 520

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus por sempre me guiar, me proteger e oportunizar que eu alcançasse meus sonhos, até mesmo nos momentos de maior aflição. Aos meus pais Maria Lúcia e Francisco Eudo que sempre se esforçaram para me oferecer o melhor e por sempre me incentivar a nunca desistir nos momentos difíceis. Ao meu esposo, amigo e companheiro Kleber Teles que sempre me apoiou em todos os momentos. A minha filha Ana Sophia, minha razão de viver. Aos meus irmãos Thales, Tatiane e Demétrius que amo muito.

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora professora Noelia Souza dos Santos pela paciência, dedicação, acompanhamento, orientações e conselhos, sem os quais certamente não concluiria mais uma etapa da minha vida acadêmica.

Aos meus coorientador e professor Cláudio Dantas da Silva pela coorientação, pela disposição e pela parceria junto a árdua tarefa de desenvolver esse trabalho. Ao professor Antônio Carlos Alonge, pela colaboração e apoio, principalmente durante início dessa jornada.

À Universidade Regional do Cariri (URCA), à Sociedade Brasileira de Física (SBF), ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) e a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pela contribuição na minha formação profissional na área da educação, galgando conhecimentos sobre o mundo da Física e enriquecendo com inúmeras metodologias didáticas.

Ao Departamento de Física da Universidade Regional do Cariri – URCA, pelo apoio sempre que necessário e o comprometimento em fazer o programa de mestrado crescer em meios a vários desafios.

Aos professores Cláudio Dantas, Francisco Augusto, Carlos Emídio, Euclides Gomes, Jamil Saade, Wilson Hugo, Ivan Jardim, Francisco Eduardo e Antônio Carlos, pelos valiosos conhecimentos transmitidos ao longo das aulas do mestrado e pelas metodologias que serviram de expiração para minha atuação profissional.

As minhas amigas Maria Derlândia e Regilane Gonçalves que sempre me apoiaram e serviram de referência para a concretização desse objetivo. E ainda as minhas amigas Eveuma e Amanda Guedes pela colaboração e parceria.

Aos meus alunos participantes, pela ótima recepção da proposta e participação das aulas com bastante entusiasmo e dedicação. Aos colegas do mestrado que compartilharam conhecimento, metodologias inovadoras, amizade, alegria e descontração mesmo diante de obstáculos intelectuais, emocionais e financeiros que surgiram no percurso. Especialmente, à Raquel Viana e Isabel, pela amizade e cumplicidade.

A todos aqueles que de alguma forma colaboraram para realização deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

O ensino de Física na Educação Básica deve promover um conhecimento científico que capacite o aluno a reconhecer os fenômenos físicos a sua volta e que disponha de conhecimentos científicos para entenderem muitas aplicações tecnológicas em seu cotidiano. Além disso, o ensino de Física deve desenvolver habilidades que favoreçam a atuação construtiva do aluno na sociedade pertencente. É imprescindível que nós, professores de Física, rompamos a tênue linha que divide a teoria e a prática, e projetemos ações que possam despertar o interesse, a curiosidade e a iniciativa dos alunos no processo de busca da aprendizagem. Neste trabalho propomos a abordagem de tópicos de gravitação para alunos da primeira série do Ensino Médio, por meio de um minicurso online (adaptações feitas no contexto do isolamento social devido à pandemia da covid 19). O referencial teórico foi a teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel que valoriza os conhecimentos preexistentes dos estudantes. Com o propósito de explorar a ludicidade utilizamos, durante o minicurso, uma maquete do sistema Sol-Terra-Lua, construída com materiais de baixo custo, e planejamos uma sequência didática baseada nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) para validação do aparato com estudantes do Ensino Médio. O minicurso teve uma carga horária de 8 horas e foi ministrada para 8 alunos participantes residentes em diferentes municípios da região do Cariri, Sul do Ceará (Antonina do Norte, Tarrafas e Araripe). A pesquisa insere-se no contexto da abordagem qualitativa e a coleta de dados aconteceu mediante observação e registro dos fatos em diário de campo, além da aplicação de questionários. Os resultados evidenciaram que os participantes do minicurso puderam interagir de forma plena com seus pares, mesmo no formato à distância, construindo o próprio saber de forma coletiva e desenvolvendo junto ao professor questionamentos que enriqueceram sua aprendizagem. Nossos resultados mostraram a eficácia da maquete sistemática Sol-Terra-Lua em despertar o interesse e a curiosidade dos alunos para a iniciação ao estudo da Astronomia, bem como de favorecer ao processo de contextualização dos assuntos estudados.

Palavras-chave: Astronomia, Maquetes, Sequência, UEPS.

ABSTRACT

The teaching of Physics in Basic Education must promote scientific knowledge that enables students to recognize the physical phenomena around them and that has scientific knowledge to understand many technological applications in their daily lives. In addition, the teaching of Physics must develop skills that favor the constructive performance of the student in the society they belong to. It is essential that we, Physics teachers, break the fine line that divides theory and practice, and design actions that can arouse the interest, curiosity, and initiative of students in the process of seeking learning. In this work we propose the approach of Astronomy topics for first grade high school students, through an online short course (adaptations made in the context of social isolation due to the covid 19 pandemic). The theoretical framework was the deepening of concepts about skills and abilities suggested from the current educational guidelines (National Common Curriculum Base - BNCC). To explore playfulness, during the short course, we used a model of the Sol-Terra-Lua system, built with low-cost materials, and planned a didactic sequence based on Potentially Significant Teaching Units (UEPS) to validate the apparatus with high school students. The short course had a workload of 8 hours and was taught to 8 participating students residing in different municipalities in the region of Cariri, southern Ceará (Antonina do Norte, Tarrafas and Araripe). The research is part of the context of the qualitative approach and data collection took place through observation and recording of facts in a field diary, in addition to the application of questionnaires. The results showed that the mini-course participants were able to fully interact with their peers, even in the distance format, building their own knowledge collectively and developing with the teacher questions that enriched their learning. Our results showed the effectiveness of the systematic model Sol-Earth-Moon in arousing the interest and curiosity of students for the initiation to the study of Astronomy, as well as in favoring the process of contextualizing the subjects studied.

Keywords: Astronomy, Mockups, Sequence, UEPS.

LISTA DE SIGLAS

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

BTDEA- Banco de Teses e Dissertações sobre Educação em Astronomia

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CTS – Ciências, Tecnologia e Sociedade

DCNs – Diretrizes Curriculares Nacionais

ENEM - Exame Nacional para o Ensino Médio

LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

MNPEF - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PCN+ – Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais

PIBID – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

URCA - Universidade Regional do Cariri

SAEB - Sistema de Avaliação da Educação Básica

SARS-CoV2- *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2* (síndrome respiratória aguda grave de coronavírus 2)

TDIC - Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

UEPS – Unidades de Ensino Potencialmente Significativas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Um exemplo do modelo de medição feito por Erastóstenes.....	27
Figura 2: Modelo de circunferência C, com o ângulo central θ	28
Figura 3: Representação do sistema de epiciclos e deferente de Ptolomeu.....	30
Figura 4: Representação do Equante de Ptolomeu.....	31
Figura 5: O movimento retrógrado segundo a Teoria do Heliocentrismo de Nicolau Copérnico.....	33
Figura 6: Representação de uma órbita elíptica.....	34
Figura 7: Representação de uma órbita elíptica e seus elementos.....	35
Figura 8: Órbita circular de um planeta de Raio R.....	40
Figura 9: Bola de gude lançada da superfície da Terra.....	42
Figura 10: Representação da 2ª Lei de Kepler: a) No instante Δt , o segmento de reta r que liga o planeta ao Sol se desloca de um ângulo $\Delta\theta$, varrendo uma ΔA (sombreada). b) O momento linear \vec{P} do planeta e suas componentes.....	46
Figura 11: O problema de duas partículas.....	48
Figura 12: Um exemplo de mapa mental sobre movimentos da Terra.....	68
Figura 13: Registro feito no segundo encontro, em meio a explicação feita de forma virtual.....	83
Figura 14: Registro de alguns mapas mentais feitos pelos participantes antes do terceiro encontro.....	85
Figura 15: Registro de alguns mapas mentais feitos pelos participantes antes do terceiro encontro.....	85
Figura 16: Registro feito no momento do terceiro encontro, com os participantes.....	86
Figura 17: Registro feito no terceiro encontro, em meio a aplicação de atividade prática....	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resumo do capítulo 3 do livro “O Céu” do autor Rodolpho Caniato.....	74
Quadro 2 – Resumo da sequência didático-pedagógico aplicada.....	75
Quadro 3 – Respostas dos participantes quanto à pergunta 1 citada no Apêndice A.....	79
Quadro 4 – Respostas dos participantes quanto à pergunta 3 citada no Apêndice A.....	80
Quadro 5 – Respostas dos participantes quanto à pergunta 5 citada no Apêndice A.....	81
Quadro 6 – Respostas dos participantes quanto à pergunta 7 citada no Apêndice A.....	81
Quadro 7 – Respostas dos participantes quanto à pergunta 8 citada no Apêndice A.....	81
Quadro 8 – Respostas dos participantes quanto à pergunta 9 citada no Apêndice A.....	81
Quadro 9 – Respostas dos participantes quanto à pergunta 1 do questionário final, citada no Apêndice A.....	88
Quadro 10 – Respostas dos participantes quanto à pergunta 3 do questionário final, citada no Apêndice A.....	89
Quadro 11 – Respostas dos participantes quanto à pergunta 4 do questionário final, citada no Apêndice A.....	90
Quadro 12 – Respostas dos participantes quanto à pergunta 5 do questionário final, citada no Apêndice A.....	90
Quadro 13 – Respostas dos participantes quanto à pergunta 6 do questionário final, citada no Apêndice A.....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Excentricidade dos planetas, inclusive a de Plutão atualmente classificado como planeta anão.....	36
Tabela 2 – Tabela de demonstração de aplicação da 3ª Lei de Kepler.....	38

SUMÁRIO

PRIMEIRAS PALAVRAS.....	12
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 ASTRONOMIA (FOCANDO ESTUDO DA GRAVITAÇÃO) NO ENSINO DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA.....	20
2.1 Os documentos oficiais e o ensino de Astronomia	23
3 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E IMPLICAÇÕES PARA ESTE TRABALHO.....	28
3.1. A Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel	28
3.2 As Unidades de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)	31
4 ASTRONOMIA: ASPECTOS HISTÓRICOS E CONCEITUAIS.....	33
4.1 Contribuições para a Astronomia	33
4.1.1 Os povos antigos	33
4.1.2 Teoria astronômica	39
4.2 As Leis de Kepler.....	43
4.3 A Gravitação Universal	48
4.3.1 Propriedades da Força Gravitacional	51
4.3.2 Massa Reduzida.....	57
5 METODOLOGIA ADOTADA.....	62
5.1 A Natureza da Pesquisa e Espaço de Investigação	62
5.2 Instrumentos de coleta de dados (questionários, mapas mentais, diário de bordo)	66
5.3 Produto Educacional.....	68
5.4 A Sequência de Ensino inspirada nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas	69
6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	78
6.1 Primeiro Encontro	78
6.2 Segundo Encontro	82
6.3 Terceiro Encontro.....	84
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
8 REFERÊNCIAS	95
APÊNDICE A- QUESTIONÁRIOS PRÉVIO INICIAL APLICADO.....	101
APÊNDICE B - PLANOS DE AULAS APLICADOS – n° 1	103
APÊNDICE C: PRODUTO EDUCACIONAL	0

PRIMEIRAS PALAVRAS

Alicerçada em minha experiência enquanto discente¹ e depois como profissional, discorrerei inicialmente sobre minha formação docente e os motivos que me despertaram a abordar neste trabalho sobre a temática da Astronomia e o uso de ferramentas lúdicas e dinâmicas em sala de aula.

Percebi, prematuramente, quantas dificuldades e deficiências existiam em meio ao ensino de Física que vivenciei: escassez de materiais que propiciassem uma aprendizagem mais dinamizada, inexistência de laboratórios de Física, o uso de metodologias centradas na exposição exacerbada e imediatista de algebrismo matemático e fórmulas. Tais percalços apresentados poderiam ser suficientes para me desestimular, principalmente considerando seguir uma carreira nessa área, no entanto sempre fui apaixonada pelo trato do raciocínio lógico, cálculos e descoberta do novo, e tais pontos foram decisivos na escolha de seguir meus estudos na área da Física.

Oriunda da cidade de Milagres, uma pequena cidade no interior do Ceará, e estudante da rede pública ingressei, no ano de 2009, no curso de licenciatura Plena em Física, na Universidade Regional do Cariri -URCA na cidade de Juazeiro do Norte, na região do Cariri, no Ceará, e nessa ocasião tive a possibilidade de aprimorar os conhecimentos que outrora adquirira, compreendendo o real significado de entender como o mundo a minha volta se forma.

Durante minha graduação pude desenvolver meus conhecimentos e habilidades, pude abstrair novas metodologias e teorias que aplico constantemente em sala de aula, despertar para o trato com a pesquisa, conhecer a legislação que rege a educação básica, produzir trabalhos acadêmicos, desenvolver ferramentas próprias para o fazer docente, e perceber quão fundamental é poder despertar nos alunos a vontade, o prazer, em querer aprender mais sobre a Física incorporando a minha prática sempre metodologias que possibilitem essa busca pelo aluno.

No terceiro ano de faculdade, tive a oportunidade de participar do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) em Física. O programa nos incentiva a desenvolver e a aplicar atividades didático-pedagógicas em sala de aula, promovendo uma interligação entre a Universidade e a escola básica, sob um viés interdisciplinar e inovador.

¹ Como forma de introdução à problemática que despertou o desenvolvimento da presente pesquisa, a autora inicia tratando da sua experiência acadêmica e profissional. E ao longo do trabalho vai colocando as justificativas que tornaram possível o trato do tema escolhido.

Este foi o primeiro contato com a sala de aula e foi rico em vários aspectos: conhecer um ambiente escolar para atuar, a interação com os alunos, a percepção do gosto pelo saber, desenvolver temáticas de bastante significado como por exemplo, o uso de recursos das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), a Resolução de problemas em Física, o estudo da Física Moderna e o uso de experimentos de baixo custo como ferramenta de incentivo à aprendizagem em sala de aula.

Já no estágio supervisionado pude desenvolver um trabalho sobre a abordagem da Astronomia onde apresentamos para alunos do Ensino Fundamental de uma escola pública municipal aspectos desta área. Muito embora não dispor da oferta de uma disciplina que trate de Astronomia durante a minha graduação, trabalhar com o tema e aliar a prática ao uso de experimentos de baixo custo norteou minha atuação e me inspira até hoje quando penso em projetos futuros. Perceber no olhar do aluno a vontade de entender os fenômenos físicos através dos experimentos, e de forma surpreendente, o querer aprender mais sobre a Astronomia e pela percepção de que é um assunto intimamente tratado nos programas de Física na Educação Básica foi o que possibilitou a escolha do tema para esse trabalho.

No ano de 2018 e 2019 pude retomar o trato da temática da Astronomia quando lecionei a disciplina de Física nas três séries do Ensino Médio em uma Escola Estadual de Educação Profissional na cidade de Juazeiro do Norte no Ceará na modalidade de professora em regime de contrato temporário pela Secretaria de Educação do Estado do Ceará – SEDUC, tanto em meios às aulas ministradas como em momentos extraclasses como por exemplo em um clube de Astronomia criado na escola. O modelo de ensino nessas instituições é pautado fortemente no protagonismo juvenil, onde o aluno desenvolve sua autonomia no contexto de sua aprendizagem e o professor age como um provocador/mediador do conhecimento. Além de promover ao professor uma abertura para a aplicação de novas práticas e metodologias em sala de aula.

Em quase todas as minhas atuações profissionais pude desenvolver trabalhos direcionados à Feiras de Ciências, além de incentivar, orientar e participar junto aos alunos de Olimpíadas. Acredito que o aluno além de entender de uma forma mais abrangente sobre a Ciência, adquire mais conhecimento e desenvolvimento cognitivo e científico quando participa ativamente de atividades lúdicas e/ou de trabalhos de pesquisas científicas de forma mais investigativas.

Apesar de ainda ser notável, e inquietante, nos deparamos com cenários no qual alunos apresentam uma certa antipatia ou desinteresse quanto ao estudo da Física ou de áreas

relacionadas as ciências exatas sendo muitas vezes resultante da forma como os assuntos são apresentados, com a exigência exagerada do formalismo matemático ou mesmo uma descontextualização com a realidade. A partir de muitas experiências de atuação docente como professora de Física fui percebendo que é possível que o professor possa buscar novas formas de promover uma interação positiva do aluno em suas aulas. É imprescindível que busquemos sempre relacionar a teoria com a vivência dos alunos, promovendo um elo que possibilite entender o quão importante a ciência se faz em nossas vidas, principalmente no cenário atual de incertezas provocada pela pandemia que levou a uma valorização ainda maior pelo conhecimento científico para busca de soluções e ao mesmo tempo veio mostrar o quanto carecemos de maiores investimentos para alavancar a produção científica no Brasil.

1 INTRODUÇÃO

É importante lecionar partindo de uma estratégia de Ludicidade, pois frente as muitas experiências docentes fomos percebendo que esta abordagem permite aos alunos uma maior interação e uma participação mais ativa no processo de construção do conhecimento, reconhecendo que nesse cenário somos colaboradores, mediadores ou em outras palavras, o maestro que possibilita ferramentas para que a orquestra (os alunos) possa se desenvolver de forma única e significativa no sentido de aprenderem com disposição e compreensão. Sobre essa perspectiva Bretones (2014) coloca que:

“Podemos dizer que o ensino de ciências torna-se muito mais eficiente e produtivo, quando provocamos o aluno a construir o seu conhecimento através da observação e da pesquisa, e um dos fatores facilitadores na aprendizagem na sala de aula é o lúdico. O lúdico contribui para os processos de ensino e aprendizagem na medida em que, sendo necessário ao processo do desenvolvimento do indivíduo, ele possui uma função vital na forma de assimilação da realidade.” (BRETONES, 2014, p.23)

Perceber essa disposição no aluno em querer aprender e participar de uma aula proposta provoca no professor uma igual dedicação em querer fazer o melhor. Mesmo que a realidade em sala de aula seja permeada por diversos elementos desafiadores tais como, salas lotadas, inquietação, desinteresse e falta de atenção por parte dos alunos, quanto ao que o professor tenta repassar para eles e deficiências quanto a conteúdos básicos que eles trazem quando se deparam com a disciplina de Física. É possível ao professor a busca por novas ideias ou metodologias que promovam o engajamento dos alunos em suas aulas, haja visto que constantemente novas metodologias surgem no sentido de promover um melhoramento quanto ao processo de ensino-aprendizagem. Isso também é observado por Oliveira et al. (2007) ao afirmar que o currículo desatualizado e descontextualizado colabora diretamente para uma prática pedagógica limitada e desinteressante para professores e alunos, assim novas estratégias surgem no intuito de motivar os envolvidos e de desenvolver diálogos fortalecedores nas aulas de Ciências, especificamente nas de Física.

Há ainda a realidade de alguns docentes que não tiveram em sua formação a abordagem da Astronomia. É o que completa Langhi e Nardi (2009), quando coloca que formalmente o ensino de Astronomia nas escolas raramente ocorre, o que se aborda sobre o

tema é resultante da divulgação científica por meio do uso de planetários e observatórios em ambientes externos às escolas. Langhi e Nardi citam ainda que, em parte, a limitação na abordagem de tópicos de Astronomia nos ambientes educacionais formais (em sala de aula), se deve a escassez, ou não oferta, de disciplinas específicas ao longo das graduações, pós-graduações e cursos de extensões aos professores de Física, o que impossibilita o trato dessa temática junto à prática docente. É o que também corrobora Bretones (1999) colocando que no Brasil, somente alguns cursos de formação oferecem disciplinas específicas sobre Astronomia e, quando raro, somente parte dessas disciplinas são ofertadas em cursos de licenciaturas.

Todavia, os docentes que possuem paixão pela licenciatura conseguem superar tais adversidades e ajustar situações de forma a não comprometer sua missão de Ensinar. O professor que se preocupa com a aprendizagem dos seus alunos frequentemente busca adotar alternativas diversas que promovam um melhoramento nesse aspecto, como a participação em cursos à distância, o uso de recursos digitais/tecnológicos em meio a sua didática, ou ainda o uso de variados tipos de metodologias viáveis mesmo sob condições precárias.

É necessário professores que se preocupem em atenuar a linha que divide a sala de aula e o meio ao qual estamos inseridos, que usufruam de meios e/ou métodos que facilitem o entendimento científico aplicado a realidade do discente. Dessa forma, o trato com temas como o da Astronomia que promove interação, discussão crítica e proatividade nos alunos é o que sugere aprendizagens mais completas.

A escolha do tema Astronomia no nosso trabalho se justifica pelo potencial que a temática tem de proporcionar prazer e interesse aos alunos e pelo fato desta ser abordada ainda de forma muito tímida nas escolas.

Ribas e Guimarães (2004) afirmam que quando o discente sente prazer na atividade proposta pelo educador, a aprendizagem e o processo cognitivo de construção do conhecimento são estimulados. Segundo esses autores a construção dos conhecimentos significativos (no sentido do querer aprender) está atrelada a algo que nos chama atenção e que revelam coisas com a qual nos identificamos e que possam despertar nossas sensações ou emoções. Para eles a base de tal reflexão está associada ao estímulo da crítica e a vivência de cada um.

A Astronomia está presente desde o surgimento do homem aqui na Terra, por isso ela é considerada a ciência mais antiga. O céu, seu objeto de estudo, está presente desde os primórdios da humanidade. É consenso na literatura a afirmação de que a Astronomia tem a

capacidade de despertar sentimentos em todo o tipo de pessoa, desde crianças, a jovens e adultos, tanto no Brasil como em outros países.

Dias e Santa Rita (2008) defendem que o ensino da Astronomia tem um caráter interdisciplinar, ou seja, pode perpassar e integrar várias áreas do conhecimento (Física, Química, Biologia, História, Geografia, Educação Artística e outras mais). Para eles a aprendizagem da astronomia pelos estudantes é uma oportunidade de apresentar um conhecimento não fragmentado e pode servir de meio para despertar o interesse dos alunos para o mundo da ciência, no sentido de que a Astronomia sempre cativou a curiosidade de todos (crianças, jovens e adultos).

As afirmações vão muito além do despertar de sentimentos, encantamentos e curiosidades sobre o cosmo. Alguns sugerem o potencial da Astronomia na ampliação da visão de mundo. Há também aqueles que remontam a história para enaltecer o conhecimento e outros introduzem o potencial interdisciplinar de temas que a compõe. Todos, aparentemente, imbuídos por um desejo de elevar ou de reconhecer a importância da Astronomia na educação. Neste sentido, defendemos neste trabalho de dissertação, que o estudo de Astronomia pode servir de suporte para que o educando conheça mais do que conhece, uma vez que é um tema que pode despertar a vontade em aprender, aguçando sua curiosidade.

Desta forma pretendemos discorrer neste trabalho sobre uma proposta didático-pedagógica que foi desenvolvida em uma turma da primeira série do Ensino Médio da Rede Pública no formato de minicurso online, abordando tópicos de Astronomia sob um viés teórico e prático (é importante dizer que fizemos uma adaptação para o momento de aulas, de forma remota, devido a pandemia do Covid 19 que desde março de 2020 atinge toda população do Brasil e do Mundo, e têm provocado muitas mortes).

Com o propósito de explorar a ludicidade utilizamos, durante a abordagem dos conteúdos, uma maquete esquemática Sol-Terra-Lua construída com materiais de baixo custo. O minicurso foi ministrado tendo como base uma sequência didática baseada na metodologia das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS).

Procuramos investigar qual o potencial da proposta em promover uma participação mais efetiva dos alunos em meio as aulas e estimular a aquisição de novos conhecimentos. Almejamos ainda promover uma aprendizagem que apresente real significado para os participantes, segundo o que o pesquisador David Paul Ausubel sugere em sua Teoria

cognitivista denominada Aprendizagem Significativa. Além disso, propomos investigar a receptividade dos alunos quanto a proposta didática sugerida. Partindo inicialmente do intuito de desenvolver uma prática que promova uma melhoria, tanto em relação à prática docente em sala de aula, como de forma a possibilitar aos discentes uma interação ativa no processo de aprendizagem, e ainda, contribuir como uma proposta que possa ser replicada ou implementada por outros docentes em suas atuações em sala.

Durante a elaboração da proposta realizamos a estruturação do conteúdo da Astronomia escolhido à luz do que preconiza os documentos oficiais da Educação brasileira, a citar a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que apresenta os conhecimentos essenciais que todo aluno da educação básica do Brasil tem direito a aprender, devendo ser feito através de um ensino baseado em competência e habilidade. Esses conhecimentos são descritos em competências gerais ou específicas e habilidades que devem ser alcançadas ao longo da jornada escolar, com o objetivo de garantir que todos tenham acesso a uma formação integral.

Para um melhor direcionamento, estruturamos o nosso trabalho da seguinte forma: No capítulo 2, elucidaremos sobre alguns referenciais teóricos que corroboram para justificar a escolha do nosso tema em questão. Apresentamos uma breve revisão bibliográfica suscitando alguns trabalhos que apoiam a escolha da nossa abordagem.

No capítulo 3, faremos uma abordagem sobre alguns tópicos próprios de Física, de forma mais específica relacionados ao estudo da Astronomia, de forma a nortear e fornecer aos leitores subsídios de conteúdos básicos que podem ser utilizados durante uma aplicação dessa intervenção didático-pedagógica. Abordaremos sobre algumas contribuições deixadas por alguns povos antigos e algumas teorias que serviram para complementar e explicar fenômenos físicos tratados no tema Astronomia. Discorreremos ainda sobre alguns conceitos e Leis necessários para a compreensão da Astronomia que hoje conhecemos.

No capítulo 4 pontuamos ainda o que preconiza a BNCC e outros documentos oficiais publicados a partir do ano de 2017 tratando sobre a importância do estudo da Astronomia no Ensino Médio.

Já no capítulo 5, exploramos um pouco a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, bem como discorreremos sobre a metodologia de sequência de ensino teórico denominada Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). Esses temas

nortearão a estruturação e aplicação dos conteúdos escolhidos junto à nossa intervenção didático-pedagógica sugerida na ocasião.

No capítulo 6, trataremos de discorrer sobre a natureza da pesquisa, sobre o espaço de investigação, público-alvo participante, as ferramentas de coleta de dados e informações utilizados durante a aplicação da intervenção, além da estruturação da nossa sequência didática de ensino aplicada, assim como os recursos e métodos utilizados. Exploraremos ainda sobre o produto educacional, contemplando desde sua elaboração, montagem e aplicação durante a intervenção.

No capítulo 7, abordaremos sobre a intervenção didática, relatando detalhadamente como fora aplicado e as discussões concomitante dos resultados percebidos e observados. Relataremos também nossa análise de resultados mediante as respostas e percepções dos alunos e a avaliação da proposta.

No capítulo 8, tratamos das considerações finais a respeito de todo o trabalho apresentado, as conclusões e os comentários finais sobre a intervenção.

2 ASTRONOMIA (FOCANDO ESTUDO DA GRAVITAÇÃO) NO ENSINO DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Embora a Astronomia não seja abordada devidamente na Educação Básica, percebe-se que nos últimos anos os professores e pesquisadores têm se interessado mais por temáticas que visam a implementação da Astronomia no Ensino Médio. Além da preocupação em promover o desenvolvimento de ferramentas que possibilitem uma melhor compreensão e uma participação mais ativa dos discentes nas aulas de Física, o estudo dessa temática vem proporcionando um leque de experiências vivenciadas por vários docentes e em várias regiões do país.

Bazetto e Bretones (2011) realizaram uma pesquisa sobre o número de teses e dissertações que tratam de assuntos relacionados a Astronomia. Após um levantamento junto ao Banco de Teses e Dissertações sobre Educação em Astronomia (BTDEA-UFSCar) eles constataram que, entre os anos de 1973 e 2010, de 67 pesquisas produzidas, 11 destas tratam sobre Cosmologia, um dos temas presentes no estudo da Astronomia. Dos estados com instituições que mais publicaram sobre esse tema, destacam-se: São Paulo, Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul. Quanto ao nível escolar, a maioria, direcionadas ao estudo no nível de Ensino Médio. Como temas principais, estes trabalhos acadêmicos abordam em sua maioria o Big Bang e a Origem do Universo, existindo pouquíssimas pesquisas que tratem de explorar metodologias e/ou recursos didáticos que orientem a prática pedagógica de um docente.

Visando um quantitativo de trabalhos publicados tratando do nosso tema de interesse, realizamos uma busca virtual na mesma plataforma do Banco de Teses e Dissertações sobre Educação em Astronomia (BTDEA-UFSCar) mencionada, entre os anos de 2011 à 2018, e o que se percebe é um leque de aproximadamente 363 trabalhos acadêmicos, entre teses e dissertações que fazem referência ao termo Astronomia. Esses trabalhos acadêmicos têm diversos objetivos e alguns trazem propostas com possibilidades de serem agregados às práticas docentes. Dentre os conteúdos e propostas desses trabalhos destacam-se diversas sequências didáticas, trabalhos direcionados à cursos de formação, aperfeiçoamento ou extensão para docentes, trabalhos com análise de disciplinas ofertadas sobre o estudo da Astronomia em cursos superiores, aplicação de recursos pedagógicos e tecnológicos junto a sequências didáticas, abordagem de metodologias baseadas em correntes filosóficas, a interdisciplinaridade entre a Astronomia e outras disciplinas afins, trabalhos na perspectiva

de inclusão social, de abordagem das Ciências, Tecnologia e Sociedade (CTS) e das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), direcionada aos mais variados grupos e etapas escolares. No entanto alguns raros como Leão (2012), Silva (2014), Souza (2016), Assenzo (2017), Oliveira (2018), Ribeiro (2018), Prudente (2018), por exemplo tratam de explorar o tema de maneira lúdica, usufruindo de experimentos, jogos ou oficinas.

Mesmo diante de várias produções sobre o estudo da Astronomia, quando procuramos trabalhos direcionados a essa abordagem em escola de educação básica e o uso de experimentos de baixo custo vemos que há ainda uma carência nesse aspecto. Pacheco (2017), em sua pesquisa aponta dados colhidos no acesso eletrônico a algumas plataformas, dentre elas, CAPES, Sucupira e UFSCar. Pacheco (2017) usou o termo Astronomia para a pesquisa e obteve 140 publicações em espaços formais de ensino, sendo 16 teses e 124 dissertações, entre os anos 2004 a 2016, além de 9 publicações em espaços não formais de ensino referindo-se ao ensino de Astronomia. Segundo ele ainda, foram encontrados 36 trabalhos, correspondendo a 29% do total, que abordam a importância da produção de materiais didáticos, com a finalidade de prender a atenção dos estudantes contribuindo assim para sua aprendizagem.

No tocante ao ensino de Astronomia utilizando atividades experimentais, o levantamento feito por Pacheco (2017, p.39) mostra apenas três dissertações [...], que corresponde a 2,4% do total, sendo que um faz uso de kits experimentais construídos para demonstrar alguns fenômenos que ocorrem no espaço. Um levantamento recente de teses nesse mesmo portal apresentou um único trabalho do autor Leão (2012) que aborda resultados de uma intervenção pedagógica para alunos do Ensino médio, na disciplina de Física, fazendo o uso de um material didático chamado mini planetário, para tratar de conhecimentos relacionados ao movimento aparente das estrelas.

Recentemente, através do portal Scientific Electronic Library Online (SciELO), que é uma biblioteca eletrônica ou um repositório de busca que abrange coleções selecionadas de periódicos científicos brasileiros, realizamos uma busca por publicação de dissertações relacionadas ao tema “o ensino da Astronomia no Ensino Médio” e obtivemos um total de 15 dissertações que abordam parcial ou completamente o tema citado. Destes trabalhos como os de Iachel (2009), Costa et al (2018), Silva (2020) e Souza (2020) tratam da Astronomia como uma abordagem produzida em ambientes informais, como uma verificação de formações continuadas destinadas a docentes ou mesmo sugestionando a utilização de instrumentos de observação para promover divulgação. Já outros autores como Horvath

(2013), Fróes (2014) e Araújo (2017) relatam propostas de intervenções pedagógicas sobre o Ensino de Astronomia pensadas para alunos do Ensino Médio. No que se refere a publicações provenientes dos cursos de Pós-graduação do Mestrado Nacional e Profissional no Ensino de Física foi encontrado apenas um trabalho (Castro, 2019) que versa sobre a utilização do jogo enquanto recurso pedagógico e suas contribuições ao processo de ensino-aprendizagem de Astronomia, para alunos da primeira série do Ensino Médio. Dessa forma é perceptível que ainda são raras as publicações de trabalhos que abordem a temática proposta, e principalmente aliado ao uso de experimentos de baixo custo como uma proposta didático-pedagógica que auxilie a prática de outros docentes.

É nessa perspectiva, que fundamentamos nossa pesquisa para uma abordagem a partir do uso de maquete como um experimento de baixo custo para trabalhar junto aos alunos e proporcionar a estes uma participação mais efetiva e dinâmica durante uma aula sobre Astronomia. É válido frisar ainda que a nossa intenção foi realizar uma breve revisão de referenciais bibliográficos publicados que se aproximem do mesmo viés proposto nesse trabalho.

No capítulo 2 apresentamos um discurso da legislação brasileira sobre o ensino da Astronomia focando nos aspectos conceituais sobre o desenvolvimento de habilidades e competências que os estudantes precisam adquirir em seu processo de formação científica na educação básica.

2.1 Os documentos oficiais e o ensino de Astronomia

Nesta seção explanaremos sobre as considerações relevantes para o desenvolvimento desta pesquisa e sobre o que norteia os documentos oficiais voltados para educação básica que destacam a importância do ensino da Astronomia.

À uma necessidade inerente, durante o processo de ensino e aprendizagem, de estruturarmos a nossa prática para que seja possível alcançarmos objetivos traçados inicialmente. Nessa perspectiva, uma proposta seria ensinar a Física, e em especial Astronomia, a partir do desenvolvimento de competências e habilidades voltadas para a compreensão de conceitos da Astronomia.

Com a modernização e o avanço das tecnologias, se faz necessário o uso de metodologias que possam propiciar ao discente o contato com conteúdo contemporâneo e o papel de protagonista no próprio contexto de aprendizagem, adquirindo conhecimentos que visem seu desenvolvimento de forma integral. Essas metodologias têm como suporte as orientações estabelecidas pela atual Base Nacional Comum Curricular (BNCC):

“Reconhece, assim, que a Educação Básica deve visar à formação e ao desenvolvimento humano global, o que implica compreender a complexidade e a não linearidade desse desenvolvimento, rompendo com visões reducionistas que privilegiam ou a dimensão intelectual (cognitiva) ou a dimensão afetiva. Significa, ainda, assumir uma visão plural, singular e integral da criança, do adolescente, do jovem e do adulto – considerando-os como sujeitos de aprendizagem – e promover uma educação voltada ao seu acolhimento, reconhecimento e desenvolvimento pleno, nas suas singularidades e diversidades. Além disso, a escola, como espaço de aprendizagem e de democracia inclusiva, deve se fortalecer na prática coercitiva de não discriminação, não preconceito e respeito às diferenças e diversidades.” (BRASIL, 2017, p.14).

Em nossa opinião, é necessário que os jovens consigam manipular suas emoções a partir do conhecimento adquirido, saibam moldar o seu modo de agir, de se relacionar, de tomar decisões e de como relacionar-se com consigo. Nesse processo cabe ao professor estar aberto ao novo constantemente e mediá-los a novas descobertas. Em outras palavras, torna-se importante trabalhar tais competências para que estes sejam capazes de estimular e desenvolver suas capacidades.

Conforme Azevedo e Rowell (2009a), competência é a capacidade, desenvolvida pelo sujeito conhecedor, de mobilizar, articular e aplicar intencionalmente conhecimentos tanto sensoriais como conceituais, habilidades, atitudes e valores na solução pertinente, viável e eficaz de situações que se configurem problemas para ele. Já habilidade é um saber fazer, um conhecimento operacional, procedimental, uma sequência de modos operatórios,

de analogias, de intuições, induções, deduções, aplicações, transposições. Então quando se promove o afloramento do conhecimento nos alunos, o professor que incita momentos de discussões, por exemplo, está junto a eles construído o conhecimento, formando conceitos, trabalhando a criticidade, promovendo a adoção de atitudes e, portanto, desenvolvendo suas competências e habilidades.

A BNCC no tocante a esses aspectos indica que:

“As decisões pedagógicas devem estar orientadas para o desenvolvimento de competências. Por meio da indicação clara do que os alunos devem “saber” (considerando a constituição de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores) e, sobretudo, do que devem “saber fazer” (considerando a mobilização desses conhecimentos, habilidades, atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho), a explicitação das competências oferece referências para o fortalecimento de ações que assegurem as aprendizagens essenciais definidas na BNCC.” (BRASIL, 2017, p.13)

Ao definir tais competências, a BNCC reconhece que a educação deve afirmar valores e estimular ações que contribuam para a transformação da sociedade, tornando-a mais humana, socialmente justa e, também, voltada para a preservação da natureza.

Considerando as competências e habilidades que compõem a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017), para a abordagem da Astronomia na Física, como verificada na competência específica número 2, esta legislação estabelece que temos que construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis. E dentre as habilidades necessárias a serem alcançadas nessa etapa, duas delas reforçam a importância de se estudar conceitos e temas relacionados ao Universo:

“(EM13CNT201) Analisar e utilizar modelos científicos, propostos em diferentes épocas e culturas para avaliar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo. [...] (EM13CNT204) Elaborar explicações e previsões a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais.” (BRASIL, p. 543, 2017)

O desenvolvimento dessas habilidades estão presentes em documentos oficiais como na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional 9.394/96 (LDB) e nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) da Educação Básica de 2017, bem como nas concepções teórico-metodológicas já abordadas outrora nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (BRASIL, 2000).

Ensinar a partir do desenvolvimento de competências e habilidades é permitir que os discentes possam, em meio a adversidades, intervir, modificar e atuar diretamente no meio no qual estão inseridos. É também estimular a capacidade de adquirir familiaridade no modo de agir diante de situações inusitadas, compreendendo, conhecendo e interagindo de forma ativa no mundo que o cerca. Por isso é essencial que ao trabalhar a disciplina de Física, enquanto professores, possamos pensar em como promover no aluno o desenvolvimento dessas capacidades de lidar com o novo, com o inesperado, afluindo sempre o caráter crítico diante de situações-problemas que possam ser percebidas no cotidiano.

As Matrizes de Referências do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) para o Ensino Médio e o Exame Nacional para o Ensino Médio (ENEM) preconizam que para se resolver qualquer situação são necessários diversos recursos cognitivos, incluindo competências e habilidades. Então o que se espera é que o aluno possa ler e interpretar uma situação, de forma a modificar o mundo ou a sociedade na qual está inserido. Garcia (2005), salienta que a competência é a capacidade de utilizar mais de um recurso para resolver algo de forma inovadora, criativa e no momento necessário.

Convém ressaltar que tratando-se do ensino de Ciências, esse por vezes acaba deixando várias lacunas. O saber científico passado se torna, muitas vezes, uma mera repetição de conhecimento sem significado para o aluno. Para Terrazan (1997), seja qual for a interpretação dada, todos os aspectos básicos relativos à construção desta área do conhecimento humano precisam, necessariamente, ser contemplados no Ensino Médio.

A Física deve permitir aos estudantes pensar e interpretar o mundo que os cerca. Aqui, o cotidiano vivido pelos alunos assume um papel fundamental na definição das metodologias e dos conteúdos previamente definidos como relevantes. Essa linha de raciocínio fundamentada também nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN e PCN+) os quais já orientavam que, as escolas não devem mais preparar apenas para a carreira acadêmica e científica, mas, devem proporcionar ao estudante, no final da escolaridade básica, a obtenção de uma visão crítica e responsável da sociedade a qual pertence (BRASIL, 1999).

A escolha de abordar o tema Astronomia direcionada aos alunos do ensino médio, preferencialmente aos que cursam a primeira série, deve-se ao fato de que os documentos oficiais colocam que é nessa etapa que os alunos evidenciam as suas dificuldades e as lacunas deixadas muitas vezes na sua aprendizagem durante o ensino fundamental, possibilitando

assim uma consolidação desse tema ao ser novamente abordado nessa etapa. Esta orientação é uma normativa destacada pela Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017).

O Ensino Médio é a etapa final da Educação Básica, direito público subjetivo de todo cidadão brasileiro. Todavia, a realidade educacional do País tem mostrado que essa etapa representa um gargalo na garantia do direito à educação. Entre os fatores que explicam esse cenário, destacam-se o desempenho insuficiente dos alunos nos anos finais do Ensino Fundamental, a organização curricular do Ensino Médio vigente, com excesso de componentes curriculares, e uma abordagem pedagógica distante das culturas juvenis e do mundo do trabalho (BRASIL, P.461, 2017).

Nesse sentido, compreendemos que é no Ensino Médio que surgem condições de aprofundamento dos conceitos vistos no Ensino Fundamental, pois os educandos possuem mais condições de abstração e, portanto, podem compreender melhor os fenômenos presentes em seu entorno.

No ensino médio, deve-se valorizar os conhecimentos abstratos, priorizando as rupturas no processo de desenvolvimento das ciências, além da compreensão e a utilização dos conhecimentos científicos para explicar o funcionamento do mundo, resolver problemas, planejar, avaliar as interações homem natureza e desenvolver modelos explicativos para sistemas tecnológicos. É nessa etapa que se torna possível unificar conceitos, de modo que os estudantes compreendam de forma mais ampla os processos relacionados. Langhi e Nardi (2010), tratando-se da importância de abordar a Astronomia nessa etapa, afirmam que:

“[...] o ensino de astronomia para o EM deve ser tratado de tal maneira, que contemple temas transversais, privilegiando, assim a interdisciplinaridade inerente à astronomia, pois, por se tratar de um assunto que desperta a curiosidade dos estudantes, esta ciência poderá ser utilizada como um fator de motivação para a construção de conhecimentos de outras disciplinas relacionadas”. (LANGHI; NARDI, 2010, p.4405).

Além do encantamento que o estudo da Astronomia promove, é possível ainda considerar a complexidade relativa à origem, evolução e manutenção da Vida, como também às dinâmicas das interações gravitacionais. Permite ainda considerar modelos mais abrangentes ao explorar algumas aplicações das reações nucleares, a fim de explicar, por exemplo, processos estelares, datações geológicas e formação da matéria e da vida.

É notável, com base em percepções vivenciadas na atuação como professora de física da educação básica, que embora seja um tema provocador e bastante interessante são poucos os docentes que possuem uma formação nessa área. Verificamos também que diversos são os fatores que dificultam essa abordagem, desde a escassez de formação continuada, a cursos de graduação ou mesmo materiais atualizados que facilitariam esse estudo. De acordo com

Langhi (2009), podemos atribuir esta falta da Astronomia em sala de aula a alguns fatores, por exemplo, à má formação inicial dos docentes, a pouca ou quase nenhuma formação continuada, escassez de material didático de qualidade e livros didáticos que apresentam erros conceituais.

Mesmo diante dessa realidade é possível explorar o Universo e desvendar seus mistérios e assim transmitir aos alunos noções básicas sobre Física. O docente que se dispõe a trabalhar a Astronomia em sala de aula pode recorrer a vários meios para alcançar êxito nessa tarefa, por exemplo, a observação do espaço através de diversos instrumentos e lugares adequados, fazer uso de simuladores computacionais e programas que remontam visões próximas da realidade cotidiana dos alunos. Outra sugestão seria produzir experimentos de baixo custo ou ferramentas didáticas, por exemplo uma maquete esquemática, utilizando materiais simples e reutilizáveis sendo um dos focos deste trabalho. Essa estrutura poderia ser utilizada para estudar o movimento de planetas, estrelas, astros celestes, viabilizando o estudo de forma simples.

Considerando ainda que outro ponto crucial que confere sucesso diante do processo de aprendizagem e, conseqüentemente, a qualidade no fazer pedagógico é o planejamento prévio, devemos prezar por uma metodologia que permita evidenciar como se desenvolve o percurso de construção do conhecimento junto ao discente, e é nessa perspectiva que elucidamos no capítulo seguinte as teorias metodológicas que fundamentam a construção da nossa proposta.

3 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E IMPLICAÇÕES PARA ESTE TRABALHO

Um dos pontos importantes do fazer pedagógico do professor está no planejamento das ações/atividades a serem adotadas e na proposição da metodologia aplicada. Nessa perspectiva, no intuito de delinear o percurso de planejamento metodológico que nos baseamos, descrevemos neste capítulo um resumo sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel.

3.1. A Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel

Para que se obtenha êxito no fazer docente, é interessante que a metodologia aplicada seja acessível e instigante aos discentes a ponto de permitir uma melhor compreensão, promovendo a aquisição do conhecimento de uma forma significativa.

A aprendizagem significativa proposta por David Paul Ausubel, é uma teoria cognitiva à medida que procura explicar o processo de aprendizagem e como o ser humano compreende, transforma, armazena e usa as informações, e ainda construtivista ao ponto que permite ao ser humano aprender a partir daquilo que já sabe.

A Teoria de David Ausubel parte da premissa de que aprendemos a partir do que sabemos, assim os conhecimentos prévios do discente (os conceitos subsunçores que já se fazem presentes no cognitivo do discente resultante de suas próprias vivências) servem de ancoradouro para que o novo conceito estabeleça uma relação lógica com o que está sendo apresentado. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva.

O processo de apropriação do novo conhecimento na estrutura cognitiva acontece de forma não arbitrária, onde há uma relação lógica e explícita entre a nova ideia e algumas outras já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo; e ainda de forma não literal quando, uma vez aprendido determinado conteúdo desta forma, o indivíduo conseguirá explicá-lo com as suas próprias palavras, permitindo que um mesmo conceito possa ser expresso em uma linguagem sinônima. E ainda parte do pressuposto de que o material a ser aprendido deve ser relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, potencialmente significativo. Moreira (1999) define essa aprendizagem significativa da seguinte forma:

[...] a aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação ancora-se em conhecimentos especificamente relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva. Ou seja, novas ideias, conceitos, proposições podem ser aprendidos significativamente (e retidos) na medida em que outras ideias, conceitos, proposições relevantes e inclusos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, dessa forma, como ancoradouro para os primeiros (MOREIRA, 1999, p.11).

David Ausubel aponta que para ocorrer a aprendizagem é necessário dispor de material potencialmente significativo, considerando que o material deve ter significado lógico, os conceitos subsunçores devem estar disponíveis na estrutura cognitiva e que o aprendiz deve manifestar uma disposição para relacionar de maneira substantiva e não arbitrária o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva. Belmont e Lemos (2008) colocam que:

O aprendiz que possui disposição para aprender e vivenciar um ensino potencialmente significativo, pode se apropriar do conhecimento de forma não literal e com isso adquirir condições a autonomia para utilizá-lo em situações novas e contextos diferentes dos quais o mesmo foi compartilhado. (BELMONT e LEMOS, 2008, p.130)

Para facilitar a aprendizagem significativa, Ausubel recomenda o uso de organizadores prévios, que são materiais a serem propostos antes da utilização do material de aprendizagem, servindo de ponte entre o conhecimento prévio e o assunto que se pretende ensinar. Aponta ainda a ocorrência de dois aspectos relevantes na aprendizagem significativa: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. Na diferenciação progressiva, o novo conhecimento é absorvido, modificando o conceito prévio e o tornando mais abrangente fazendo com que o aluno adquira novos significados. Já na reconciliação integradora, as ideias já presentes na estrutura cognitiva do aluno e que não estabeleciam relação passam a ser percebidas e relacionadas assumindo uma nova organização com novos significados para os conceitos já existentes.

Além da diferenciação progressiva, da reconciliação integrativa e dos organizadores prévios Ausubel recomendava também o uso dos princípios da organização sequencial e da consolidação para facilitar a aprendizagem significativa. Utilizando-se do princípio da organização sequencial, é possível transpor os tópicos de estudos de forma sequenciada em termos de dependências hierárquicas naturais, de modo que certos tópicos dependam naturalmente daqueles que os antecedem conferindo ao aluno uma facilitação quanto a organização dos seus subsunçores.

Quanto a consolidação concerne o domínio de conhecimentos prévios antes da introdução de novos conhecimentos. Segundo Ausubel, essa consolidação é uma consequência imediata da teoria posto que o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aquisição significativa de novos conhecimentos, e naturalmente necessita estar acomodado ao cognitivo antes de se apresentar novos conhecimentos.

Contrapondo-se à aprendizagem significativa, Ausubel salienta que na aprendizagem mecânica a nova informação é armazenada de maneira arbitrária e literal, porém, coloca ainda que estes dois tipos de aprendizagem se complementam à medida em que a segunda pode levar à primeira. Nesse caso, a aprendizagem mecânica é necessária, pois ela ocorrerá até que alguns elementos de conhecimento relevantes em uma determinada área existam na estrutura cognitiva e possam servir de subsunçores. Assim, com o passar do tempo, a aprendizagem torna-se significativa, esses subsunçores ficam mais complexos e são capazes de servir de “âncora” para novos conhecimentos.

Vale salientar que a aprendizagem significativa não é, como se possa pensar, aquela que o indivíduo nunca esquece. O processo de esquecimento é natural nessa aprendizagem, porém se trata de um esquecimento parcial (não total), ao qual David Ausubel denomina como assimilação obliteradora. Se o esquecimento for total, como se o indivíduo nunca tivesse aprendido um certo conteúdo é provável que aprendizagem tenha sido mecânica, e, portanto, não significativa.

Quando falamos da avaliação desse tipo de aprendizagem sugerida por Ausubel, redarguindo a ideia base da aprendizagem mecânica que explicita em muitos casos a necessidade do “estar certo ou errado”, “saber ou não saber” determinado assunto, a avaliação da aprendizagem significativa implica outro enfoque, na qual é avaliada a compreensão, a captação de significados, a capacidade de transferência do conhecimento mediante situações não-conhecidas (não-rotineiras), devendo ser predominantemente formativa e recursiva, ao passo que permita ao aprendiz refazer, mais de uma vez se for o caso, as tarefas de aprendizagem. É importante que o aluno externalize os significados que está captando, que explique e que justifique suas respostas. Embora não seja uma tarefa fácil, é necessário buscar evidências da aprendizagem significativa, ao invés de querer determinar se ocorreu ou não.

3.2 As Unidades de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)

Apesar de vários esforços que visam implementar ou até mesmo reformular metodologias no processo ensino e aprendizagem, ainda é perceptível que alguns sistemas de ensino se utilizam de uma abordagem mecânica em sala de aula, onde o conhecimento é repassado, memorizado, reproduzido em avaliações e depois esquecido pelos discentes. Objetivando sucesso nesse processo alguns docentes buscam novas alternativas de ensino, várias pesquisas surgem no panorama atual com propostas que facilitem nesse processo, processo esse em que o conhecimento deve ser construído pelo discente de forma significativa. As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) são sequências de ensino, bastante fundamentada em teorias, que visam promover tal aprendizagem significativa.

A construção de uma UEPS tem por objetivo desenvolver unidades de ensino potencialmente facilitadoras da aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento declarativo e/ou procedimental. Para tal alguns princípios fundamentais são dispostos: a) o imprescindível conhecimento prévio, b) o bem estar do ser que aprende, para facilitar o querer aprender significativamente, c) organizadores prévios que mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios, e/ou situações-problemas, que devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade, d) modelos mentais funcionais, e) diferenciação progressiva e reconciliação integradora, f) professor mediador, g) interação social (estudos e discussões em grupo), h) relação harmoniosa entre professor, aluno e material de ensino, i) aprendizagem significativa e crítica, estimulada pela busca de respostas (questionamentos) ao invés da memorização de respostas conhecidas.

A metodologia da UEPS sugere uma sequência de ensino pautada em alguns passos pré-estabelecidos a serem seguidos, segundo Moreira (2012) uma UEPS deve apresentar

“ I) a definição do assunto a ser abordado, II) criação de situações para verificação do conhecimento prévio do aluno, III) sugerir problemas de nível introdutório para servir de organizador prévio, IV) apresentação do conhecimento através de aspectos mais gerais e inclusivos, V) evoluir a apresentação dos conhecimentos aumentando sua complexidade, através de novos exemplos ou textos, normalmente realizando trabalhos em equipes, VI) concluir o assunto através de uma nova apresentação dos significados visando uma reconciliação integrativa, VII) avaliação da aprendizagem significativa dos alunos, VIII) avaliação da UEPS, através dos indícios de aprendizagem significativa dos alunos.”(MOREIRA, pg 4, 2012)

No que concerne os aspectos transversais, Moreira (2012) coloca que

“• em todos os passos, os materiais e as estratégias de ensino devem ser diversificados, o questionamento deve ser privilegiado em relação às respostas prontas e o diálogo e a crítica devem ser estimulados; • como tarefa de aprendizagem, em atividades desenvolvidas ao longo da UEPS, pode-se pedir aos alunos que proponham, eles mesmos, situações-problema relativas ao tópico em questão; • embora a UEPS deva privilegiar as atividades colaborativas, a mesma pode também prever momentos de atividades individuais.”(MOREIRA, pg. 6, 2012)

Para facilitar os estudos colaborativos em uma UEPS, Moreira (2012) propõe que é interessante utilizar alguma ferramenta para diagramar esta aprendizagem, logo é sugerido o Diagrama V ou o Mapa Conceitual.

No próximo capítulo desenvolvemos uma discussão sobre aspectos conceituais e históricos da Astronomia que consideramos como fundamental para apoiar a construção da sequência de ensino baseada em um aparato experimental.

4 ASTRONOMIA: ASPECTOS HISTÓRICOS E CONCEITUAIS

Neste capítulo, apresentaremos ao leitor um panorama histórico sobre como a Astronomia se desenvolveu ao longo de alguns anos, tratando de tópicos da Física relevantes para o entendimento de conceitos astronômicos, sem a pretensão de fidelidade quanto a ordem cronológica dos temas citados, colocando as descobertas e as contribuições que filósofos, astrônomos e estudiosos propiciaram para o desenvolvimento do saber científico. Delinearemos ainda sobre as descobertas, aprimoramentos e formulações de teorias e leis importantes para o estudo da Física. Este capítulo consideramos relevante para nortear conceitualmente a construção da proposta sobre estudo da Astronomia por meio da problematização de uma maquete para a compreensão do sistema solar no Ensino Médio.

De forma breve, nosso intuito é propiciar ao leitor um conteúdo básico e indispensável tanto a compreensão da Astronomia, no que corresponde ao trato de Leis e teorias bastante abordadas na disciplina de Física; assim como oferecer aos docentes que manifestarem interesse, uma gama de tópicos de conteúdos que possam servir de subsídio à uma possível reaplicação durante suas atuações em sala de aula, haja visto que como já mencionado, nem todos os professores de ciências, em particular os que lecionam Física, dispõem de formação continuada na área da Astronomia.

4.1 Contribuições para a Astronomia

Na busca por significado de existência e do fascínio em entender o mundo a nossa volta sempre tentamos remontar a história, o princípio das coisas. O florescer da Ciência possibilitou o desenvolvimento do conhecimento humano, principalmente quando reconhecemos as marcas impressas por homens nessa evolução. Nessa seção permearemos, em um âmbito histórico, as ideias, leis e as contribuições de alguns físicos que alicerçaram, com sólidas bases, a ciência Astronomia que reconhecemos hoje.

4.1.1 Os povos antigos

Quando nos debruçamos sobre o estudo da natureza que nos cerca, da nossa origem enquanto seres vivos e quando tentamos solucionar indagações sobre como tudo a nossa volta se formou, estamos de alguma forma tratando de pontos que a própria Astronomia busca estudar e explicar.

O suceder dos dias e das noites, a divisão do tempo em horas, minutos e segundos, o calendário com o ano de 365 dias, seus meses e semanas, as estações do ano, as marés, as auroras polares, e até mesmo a vida em nosso planeta – sustentada pela energia que recebemos do Sol – são temas exaustivamente estudados e, às vezes, determinados, pela Astronomia. Questionar a validade e utilidade da Astronomia hoje é como questioná-la na época dos antigos gregos, ou na época das Grandes Navegações. Se nossos ancestrais não tivessem se dedicado à Astronomia, provavelmente sequer estaríamos aqui agora. (OLIVEIRA, pg. 1, 2014)

As primeiras contribuições para o estudo da Astronomia datam de tempos remotos, quando os primeiros nômades passavam horas contemplando o grandioso céu repleto de pontos brilhantes e se questionavam o que seriam eles e o que mais poderíamos saber sobre essa imensidão que nos rodeia. Possivelmente, se perguntavam sobre a formação dos dias e as noites, as estações que mudavam frequentemente; a formação dos eclipses, os cometas e os movimentos da Lua (conhecidas hoje como as fases da Lua), por exemplo. É provável também que várias evidências históricas, como monumentos antigos, possam ter servido de observatórios de fenômenos astronômicos, sendo deixadas para as gerações futuras, colaborando para o pensamento de que desde a pré-história já se estudava sobre Astronomia.

O fato é que com o passar do tempo novas civilizações foram aparecendo e deixando contribuições para a compreensão do mundo a nossa volta. Muitos baseavam-se em astros, deuses e animais para expressar sua compreensão de mundo. Stonehenge², hoje, está identificado como um observatório astronômico. Esse monumento de pedras é o único testemunho da antiga determinação que eles manifestaram de sondar o céu, possivelmente vigiando o deslocamento aparente do Sol, associado a cultos religiosos.

As pirâmides no Egito, contemporâneas de Stonehenge, sugestionam um alinhamento de acordo com a disposição de estrelas como as que formam o cinturão de Órion. As tábuas de argila cozida, com os caracteres cuneiformes, registram constelações bem definidas e reconhecíveis ainda hoje.

Newgrange³, na Irlanda, que data de 3.000 a.C., anteriormente utilizado como cemitério, é outro indício de que já se faziam observações astronômicas. Segundo o autor

² Stonehenge está localizado na planície de Salisbury, no condado de Wiltshire, próximo a Londres, na Inglaterra. É um dos mais conhecidos pontos turísticos do país. O santuário de Stonehenge é formado por imensos blocos de pedras dispostos em forma circular e construídos a partir de 3100 a.C. e é entendido como um local de observação astronômica, principalmente na época dos solstícios de verão e inverno, já que as pedras parecem ter sido dispostas de acordo com a posição do Sol nestas épocas do ano. Há indícios de que o local era utilizado para a realização de rituais religiosos.

³ Newgrange, construída por volta de 3200 a.C., é uma tumba do Conjunto Arqueológico do Vale do Boyne, no Condado de Meath, na Irlanda, sendo um dos mais famosos sítios pré-históricos do mundo e o mais famoso desse país. Newgrange foi construído de modo que, ao nascer do sol do dia mais curto do ano (solstício de inverno), um fino raio de sol ilumina por pouco tempo o piso da câmara no final de um longo corredor.

Picazzio (pág. 47, 2011) a sugestão é de que tal monumento histórico era destinado a observação do Sol para fins de definição das estações do ano.

Os povos mesopotâmicos, mais especificamente os babilônios, foram ainda mais longe quando sentiram a necessidade de elaborar algo que promovesse a medição do tempo, estabelecendo a duração do ano em 360 dias, com 12 meses compostos de 30 dias e concebendo ainda que um dia completo tinha uma duração de 24 horas. Milone et al (2003) coloca que além da utilização de relógios de Sol para demarcar o tempo, estes foram os primeiros povos a registrar a presença dos cinco planetas visíveis a olho nu (Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno), possivelmente sob a influência cultural dos sumerianos.

Os egípcios, em meio as suas necessidades de saber as épocas propícias ao plantio e a colheita de uma determinada cultura contribuíram com a previsão da antecipação das estações de cheia e vazante de um rio, estabelecimento de datas das celebrações religiosas e organizaram a divisão do dia em dois períodos: dia e noite; criaram um calendário onde o Ano era baseado no movimento da estrela Sirius⁴ composto por 12 meses de 30 dias (também chamado de calendário lunar) e 05 dias adicionais somando um total de 365 dias, o mais próximo do que utilizamos atualmente. Além desses vários outros povos como os Caldeus, os Chineses, Polinésios, os Maias e outros, também favoreceram a evolução da nossa percepção de mundo. Não é nossa intenção aqui delinear uma cronologia ou linha temporal rígida, mas elucidar que desde a antiguidade a Astronomia já era trabalhada sem que fosse assim denominada.

Talvez um dos ápices da ciência antiga, com as contribuições mais relevantes para a Astronomia, foram a dos Gregos que buscaram promover um conhecimento científico, mais abstrato e racional. Ressalta-se que não só essa área, mas como cita Rocha (2002), a Filosofia, a Matemática, a Poesia, o Teatro, a Política, a Oratória, os esportes, enfim, todas as diversas áreas do pensamento e da criatividade humana, chegaram, com os gregos, ao seu ponto culminante.

Segundo Caniato (2011), desde o apogeu da antiga Grécia, a explicação do mecanismo do universo possibilitou ao homem reunir toda a sua inteligibilidade e engenho

⁴ Estrela Sírius, também chamada de alfa Canis Majoris, é uma estrela dupla e pode ser observada no céu noturno visível a olho nu como a mais brilhante apresentando uma magnitude aparente de -1,46 e sendo uma das estrelas mais próximas da Terra sob uma distância aproximada de 2,6 parsecs. Na antiguidade, a partir das suas crenças mitológicas politeístas, os egípcios afirmavam que os astros eram a representação visível de divindades. Assim, no período em que a estrela Sírius, já conhecida pelos egípcios segundo consta registrado nos anais astronômicos mais antigos, atingia maior proximidade com a Terra evidenciando o seu intenso brilho os egípcios associavam o evento à proximidade do período das cheias do Rio Nilo, permitindo a criação de uma calendário egípcio e conseguiam predizer também as condições climáticas do período subsequente.

para o conhecimento de fenômenos. O autor cita ainda que dentre as várias descobertas, a mais revolucionária foi a pequena e recém-inventada luneta de Galileu, que promoveu uma facilidade quanto a observação, por exemplo, das montanhas e crateras da Lua, das fases de Vênus, das manchas solares, dos satélites de Júpiter, entre outros, permitindo a organização de uma outra visão sobre o universo que culminou com o fim do paradigma defendido pelos aristotélicos principalmente da defesa de que os corpos celestes eram homogêneos como será discutido na sequência.

Considerando as contribuições dos povos gregos, o primeiro nome que surge é o de Tales de Mileto (~624 a.C. - 546 a.C.) que foi responsável por introduzir os fundamentos da Geometria e da Astronomia, trazidos do Egito. Tales pensava que a Terra era um disco plano em uma vasta extensão de água e previu, em 585 a.C., um eclipse.

Anaximandro (~610 a.C. – 546 a.C.), discípulo de Tales, acreditava que o princípio de tudo e o elemento das coisas existentes era o “Ápeiron”. Ele também foi responsável por medir a inclinação da eclíptica da Terra em relação ao Equador.

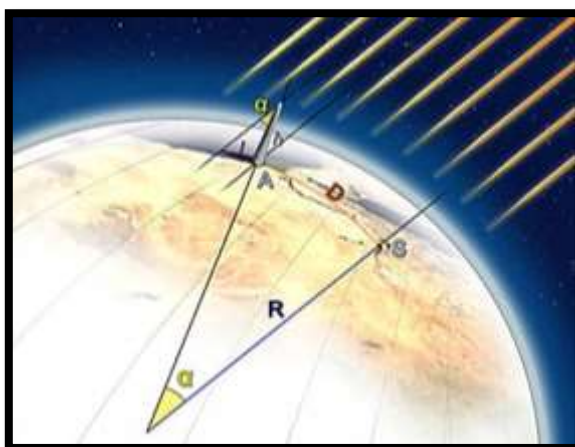
Pitágoras de Samos (540 a.C.- 495 a.C.) partindo do seu apreço por cálculos afirmou que todas as coisas do mundo eram números inteiros. Segundo Rocha (2002), para Pitágoras, os períodos planetários deveriam guardar entre si uma relação de pequenos números inteiros, e o cosmos todo executaria, assim, uma fantástica música universal - a música das esferas. Filho e Saraiva (2003) acrescenta que Pitágoras também acreditava na esfericidade da Terra, da Lua e de outros corpos celestes. Segundo os autores citados, Pitágoras acreditava que os planetas, o Sol, e a Lua eram transportados por esferas separadas das que carregavam as estrelas.

Platão de Atenas (428 a.C. - 348 a.C.) argumentou que o domínio celeste está ordenado segundo uma perfeita figura geométrica, a esfera, com os planetas se movendo numa figura plana perfeitamente simétrica, o círculo e, ainda com um movimento uniforme. Platão foi o iniciador da ideia dos movimentos circulares uniformes para os planetas com a Terra no centro, um dos pilares do Sistema Geocêntrico. Seus discípulos Eudoxo de Cnido (408 a.C. – 355 a.C.) e Aristóteles de Estagira (384 a.C. - 322 a.C.) , assim como a maioria das teorias na época, baseavam-se em um modelo Geocêntrico (um modelo cosmológico baseado na Terra como centro do Universo), explicavam suas visões de mundo a partir de um complicado sistema constituídos de esferas ocas e homogêneas e transparentes que tinha a Terra imóvel no centro destas.

A matemática foi uma das áreas que mais contribuíram para o campo da Astronomia, particularmente através da Geometria, e dois nomes se destacam nesse cenário: Euclides de Alexandria (~300 a.C.) e Erastóstenes (276 a.C.-196 a.C.). Euclides conseguiu medir a circunferência da Terra com precisão notável em relação ao estabelecido hoje, e Erastóstenes foi o responsável por conseguir medir, com bastante precisão, o raio da Terra.

Erastóstenes imaginou que a Terra era como uma esfera. Considerando que o raio de uma esfera (a Terra) era igual ao raio de qualquer de seus círculos (Equador ou meridiano) propôs a calcular o raio da Terra partindo do princípio de que o Sol não ficava a uma mesma altura no céu, simultaneamente em duas cidades do Egito Antigo (Alexandria e Siena, atual Assuã), situadas aproximadamente no mesmo meridiano terrestre. Ele observou que ao meio-dia de um solstício de verão (22 de junho, no hemisfério norte), enquanto o Sol iluminava o fundo de um poço artesiano em Siena sem deixar sombra, um gnômon⁵ projetava uma pequena sombra em Alexandria. Dessa forma, para calcular o raio da Terra (R) era necessário saber a medida do ângulo formada junto ao centro da Terra entre as cidades de Alexandria (A) e Siena (S), ou seja (o ângulo $A\hat{O}S$), e a distância entre elas, como demonstrada na figura (1):

Figura 1: Um exemplo do modelo de medição feito por Erastóstenes.



Fonte: Procedimento de Eratóstenes para cálculo da curvatura da Terra.
Abílio Castro Gurgel (2012)/Ilustrado pela autora.

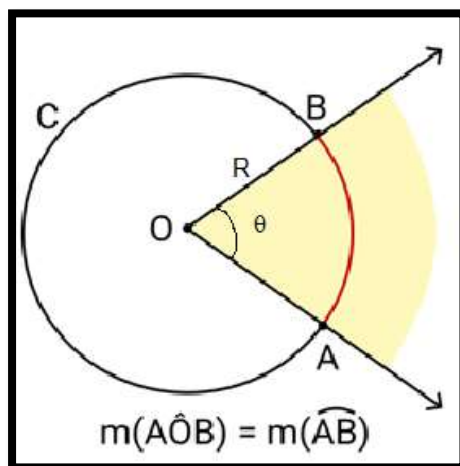
Considerando a circunferência C , na figura (2) abaixo, para cada arco existente na circunferência (AB) temos um ângulo central coplanar correspondente, ou seja, um ângulo

⁵ O Gnômon trata-se basicamente de uma haste vertical que quando exposto ao Sol gera uma sombra projetada que promove a percepção da hora nos relógios solares.

cujo vértice é o centro de C, assim $\text{med}(\widehat{AOB}) = \text{med}(\widehat{AB})$. Portanto, para qualquer circunferência os arcos são proporcionais aos ângulos. Assim,

$$R = \frac{\text{ARCO (AB)}}{\widehat{\text{Ângulo } \theta}}$$

Figura 2: Modelo de circunferência C, com o ângulo central θ .



Fonte: Ilustração da autora

Erastóstenes admitiu ainda que a distância de Alexandria até Siena era de 5000 estádios, sendo que 1 estádio mede aproximadamente 185 metros e, como ângulo obtido através do Gnômon o valor de aproximadamente $\theta = 7,2^\circ$. Assim, a distância $d(AS) = 5000$ estádios $\times 185\text{m} = 925\,000\text{m}$ e a medida de uma circunferência de $2\pi R = 360^\circ$.

Resolvendo através de uma regra de três, é possível encontrar o valor do raio da Terra de 7 365 km que Erastóstenes obteve, como demonstrado abaixo. Esse valor é razoável em comparação ao valor atual de 6 378km obtido sobre a linha do Equador. Dessa forma:

$$\frac{360^\circ}{7,2^\circ} = \frac{2\pi R}{925\,000}$$

$$7,2 \times 2\pi R = 360 \times 925\,000$$

$$R = \frac{360 \times 925\,000}{7,2 \times 2\pi}$$

$$R = \frac{333\,000\,000}{45,216}$$

$$R \cong 7\,364\,649,6\text{ m} \approx 7\,365\text{ km}$$

Aristarco de Samos (310 a.C. – 230 a.C.) em contrariedade ao que se acreditava na época, foi pioneiro em propor que a Terra girava em torno do Sol, se referindo ao que

denominamos de Sistema Heliocêntrico (modelo que posteriormente se consolidou como um novo paradigma que substituiu a mecânica aristotélica sobre o universo como será visto nas seções que seguem), sistema no qual o Sol se encontra no centro. Aristarco calculou ainda as distâncias entre a Terra e o Sol, e entre a Terra e a Lua, mostrando que a primeira distância era maior que a segunda. Além disso, estimou os tamanhos da Terra e da Lua e, de forma surpreendente, o volume de Universo compatível ao aceito pela ciência moderna entre os anos 1920 e 1930, época essa caracterizada pela consolidação da cosmologia.

Seguindo esse panorama surge Hiparco de Nicéia (160 a.C. – 125 a.C.), sendo o primeiro a utilizar modelos precisos do movimento do Sol e da Lua. Segundo Picazzio (2011), Hiparco também descobriu uma estrela nova, em 134 a.C., no interior da constelação do Escorpião, o que possibilitou a elaboração de um catálogo completo de estrelas, - posteriormente perdido -, que o levou a perceber a precessão dos equinócios⁶.

Em meio as descobertas e estudos realizados por alguns destes já citados, duas teorias perduraram por bastante tempo quando se tratava de descrever movimentos dos astros no sistema solar, sendo estes: os modelos denominados Geocentrismo e Heliocentrismo, que será abordado posteriormente.

4.1.2 Teoria astronômica

Grandes foram as discussões sobre como era constituído o movimento dos astros principais que compõem o sistema solar, ou o “Universo” que era um termo utilizado por muitos estudiosos para se referir ao Sistema Solar na época. Durante décadas hipóteses/ideias foram discutidas e aceitas, e inconsistências foram sendo explicadas à medida que novas teorias surgiam.

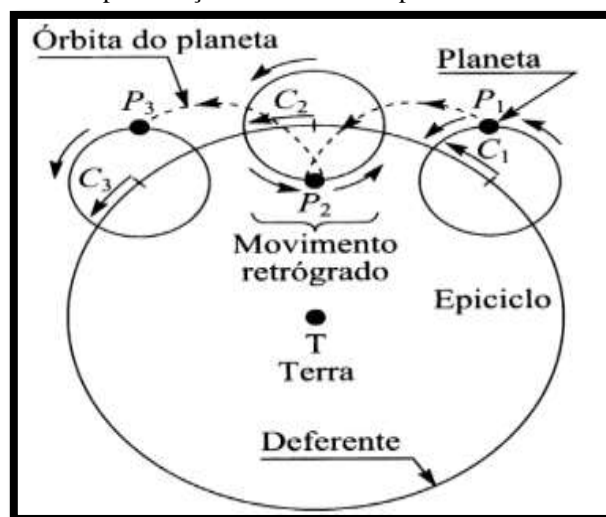
Dentre as ideias defendidas, as de Platão apresentou uma contradição séria. Segundo Nussenzveig (2002), Platão acreditava que o Universo deveria ser explicável por meio de formas e figuras “perfeitas”, como círculos e esferas, e de movimentos uniformes. No entanto, contrapondo-se a ideia de esfera a uma distância fixa da Terra, se percebeu posteriormente que o brilho aparente dos planetas varia à medida que traçavam suas órbitas,

⁶ O equinócio é um fenômeno astronômico que marca o início da primavera e do outono. É um evento que ocorre duas vezes no ano e que promove aproximadamente uma mesma duração do dia e da noite. Ele ocorre quando há a variação da direção do eixo de rotação da Terra devido a influência gravitacional da Lua e do Sol, o que permite que os dois hemisférios da Terra recebam igual quantidade e intensidade de luz solar.

descrevendo o que chamamos de trajetória retrógrada, onde os mesmos em dado momento se aproximavam e se afastavam da Terra.

Como proposta de resolução dessa problemática surge, no século II aproximadamente, Cláudio Ptolomeu de Alexandria (~100 d.C. – 168 d.C.) propondo explicações para tal contradição. Segundo Nussenzveig (2002), a ideia básica era que a órbita descrita pelos planetas em torno da Terra era resultante de dois movimentos acoplados chamados de epiciclo e deferente, como representado na figura (3).

Figura 3: Representação do sistema de epiciclos e deferente de Ptolomeu.



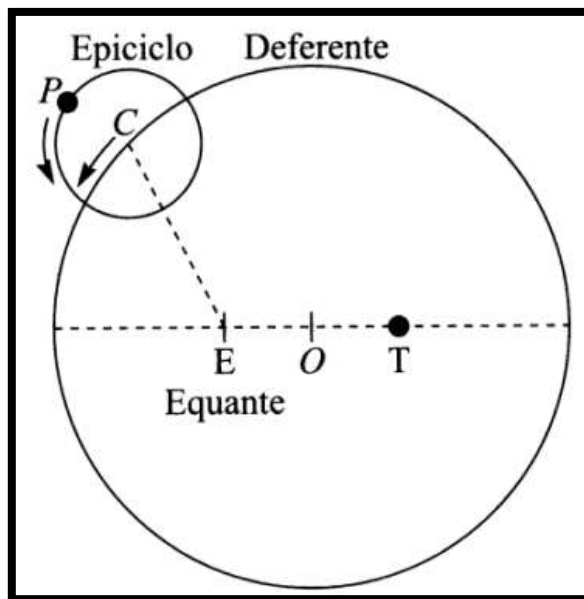
Fonte: Curso de Física Básica I.H.M. Nussenzveig (2002)/ Ilustrado pela autora.

Nesse sistema, o planeta (representado na figura 3 pelos pontos P_1 , P_2 e P_3 , em sua trajetória sucessiva) realiza movimentos circulares denominados de Epiciclos, que tem como centros os pontos C_1 , C_2 e C_3 , respectivamente. Os centros dos epiciclos realizam um movimento circular do qual a Terra é o centro. Esse círculo maior, formado pelo movimento dos centros dos epiciclos é chamado de Deferente. À medida que os epiciclos vão se realizando em alguns momentos, os planetas ocupam posições mais próximas ou mais afastadas da Terra. Esse movimento, que é chamado de retrógrado ou de movimento de laçada, explica a variação do brilho aparente dos planetas tendo em vista que o brilho é mais intenso quando o planeta está mais próximo da Terra.

Ptolomeu ainda acrescentou explicações adicionais em casos de anomalias (interpretado como um problema em que não é resolvido pela teoria em vigor) como, por exemplo, quando a posição da Terra não condiz com o centro do Deferente. Segundo Ptolomeu o movimento retrógrado sofre variações quanto ao seu aspecto e duração, podendo ocorrer o deslocamento da posição da Terra para outro ponto chamado de Equante, como na

figura (4), por exemplo. Essas e outras considerações feitas por Ptolomeu foram registradas em uma das suas maiores obras, o livro denominado de *Almagesto*.

Figura 4: Representação do *Equante* de Ptolomeu.



Fonte: Curso de Física Básica I.H.M. Nussenzveig (2002)/ Ilustrado pela autora.

De maneira geral as contribuições desse período foram suficientes para compor uma teoria, que perdurou por aproximadamente 1300 anos, intitulada de Teoria do Geocentrismo ou teoria Geocêntrica. O Geocentrismo teve grande apoio por parte da Igreja católica, visto que o catolicismo apoiava fervorosamente a ideia de que “o homem” era a maior e mais sublime criação de Deus que se fazia na Terra e que, baseado em passagens bíblicas, a Terra deveria ser o centro do “Universo”. Convém ressaltar que, segundo Rocha (2002) e Caniato (2011), qualquer um que pregasse ideias contrárias a essas era considerado um herege.

Mais tarde, no início do século XVI, houve um período chamado de Renascimento. Nesse período a inovação ascendeu em vários campos permitindo o descobrimento de novos continentes, as trocas de mercadorias, a criação de bancos, a circulação de bens e dinheiro gerando uma nova classe social chamada burguesia. Essa ascensão gerou a necessidade de criar rotas marítimas que permitissem a comercialização do período e foi nessa perspectiva que grandes navegadores tiveram a percepção da imprecisão de dados e erros quanto a geografia de Ptolomeu, exigindo correções cada vez mais complicadas.

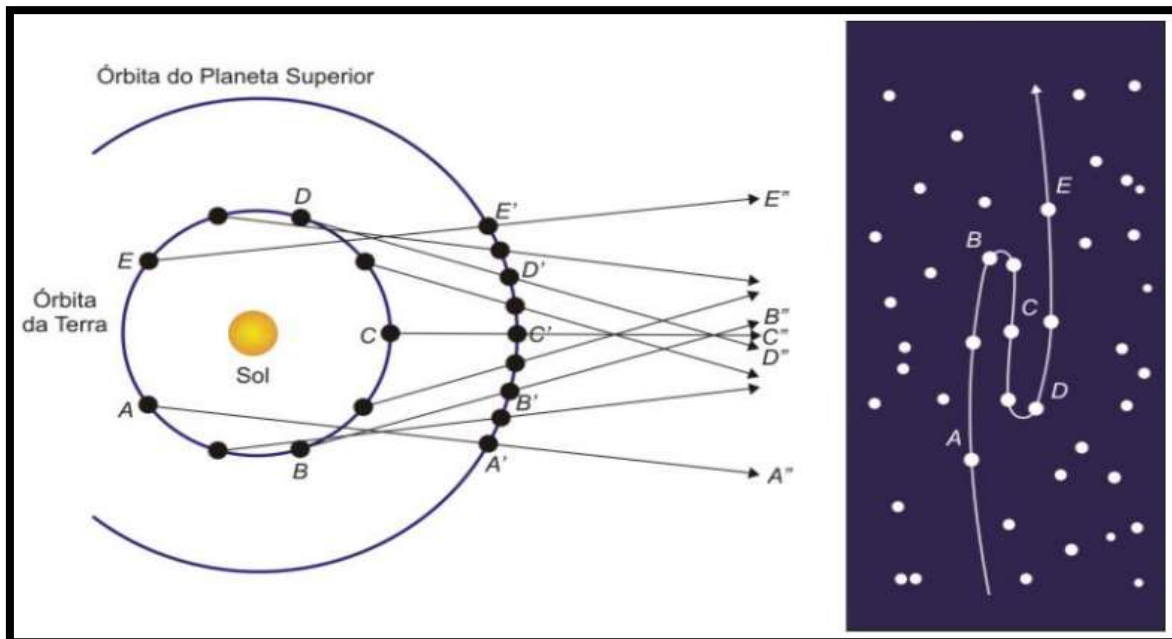
A percepção dessas inconsistências já havia sido realizada também por Aristarco de Samos. Aristarco propôs uma explicação para o movimento dos planetas na qual o Sol encontrava-se no centro, diferentemente do que afirmava Ptolomeu. Entretanto a ideia de Aristarco fora rejeitada na época.

Nesse contexto do Renascimento surge Nicolau Copérnico (1473-1543), um astrônomo polonês com inclinação para a matemática. Após ler sobre as ideias de Aristarco, Copérnico acabou reafirmando a teoria Heliocêntrica, ou Teoria do Heliocentrismo a partir da formulação da sua obra “*De Revolutionibus Orbium Coelestium* (Sobre as Revoluções das esferas Celestes)”. Em termos práticos, a ideia era de que o Sol deveria estar no centro do sistema solar e não a Terra. Por sua vez, a Terra deveria realizar dois tipos de movimentos, um chamado de rotação (movimento que a Terra faz em torno do seu próprio eixo) e outro de translação (movimento que a Terra faz em torno do Sol), que permitiam explicar como ocorriam os dias, as noites e o período anual. Copérnico acreditava também que a Terra seria o centro apenas da órbita da Lua e que os planetas se organizavam na seguinte ordem: Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter e Saturno (Urano, Netuno e o planeta anão Plutão, descobertos depois).

O Heliocentrismo explicava de uma forma bem mais simples o complexo sistema de epiciclos e deferente criado por Ptolomeu, considerando que os planetas possuíam uma velocidade orbital que variava à medida que se aproximava ou se afastava do Sol. Nussenzveig (2002) acrescenta que, segundo a explicação heliocêntrica, o movimento retrógrado ocorria quando um planeta externo⁷ a posição da órbita da Terra, considerando as órbitas presentes no Sistema Solar, se movia mais lentamente quando a Terra passava entre o Sol e o planeta com maior rapidez, dessa forma a órbita aparente do planeta projetada sobre a esfera celeste descreve um movimento retrógrado. Assim, posteriormente, quando o planeta está mais próximo da Terra fica evidente o aumento do seu brilho aparente. Representamos esse movimento na figura (5).

⁷ Segundo o autor Nussenzveig (2002), os termos planetas externos e internos são utilizados para exemplificar as posições das órbitas dos planetas do Sistema Solar em relação ao Sol, a partir da órbita de referência da Terra. A exemplo podemos considerar que o planeta Vênus é um planeta interno, haja visto que sua posição no Sistema solar é compreendida entre a Terra e o Sol, e no caso do planeta Júpiter teremos um planeta externo considerando que a sua posição de órbita está compreendido posteriormente a órbita da Terra em relação ao Sol.

Figura 5: O movimento retrógrado segundo a Teoria do Heliocentrismo de Nicolau Copérnico.



Fonte: Astronomia e Astrofísica. Kepler de Sousa. (2003) / Ilustrado pela autora.

Apesar do sucesso quanto a explicação razoável de como funcionava o movimento dos planetas no sistema solar, Copérnico ainda manteve o uso das esferas e das órbitas circulares para o movimento dos planetas em torno do Sol, assim como a utilização de epísclos, como Ptolomeu fizera antes. No entanto tal explicação ainda não satisfazia completamente alguns estudiosos como Johannes Kepler, Galileu Galilei e Isaac Newton que, em sucessão a essa época, colaboraram de forma a promover um aprimoramento e/ou uma completude mais sólida ao sistema cosmológico.

4.2 As Leis de Kepler

Com a morte de Copérnico em 1543, os dois modelos citados ainda geravam grande repercussão: qual modelo estaria mais correto o Geocentrismo, apoiado pela Igreja Católica de forma férrea e pela obra *Almagesto*, ou o Heliocentrismo, apoiado na obra *De Revolutionibus*?

É nesse contexto que surge Tycho Brahe (1546 – 1601), um astrônomo brilhante que realizava observações cuidadosas quanto as posições dos planetas, das constelações e da passagem de cometas. Brahe ficou conhecido pela alta precisão das suas medidas a qual era pelo menos 2 vezes superior a precisão das medidas realizadas anteriormente. Dentre as grandes medidas realizadas por Brahe destaca-se as da órbita de Marte.

O sucesso das medidas de Brahe se deve em grande parte, ao rico acervo de instrumentos sofisticados e do uso do seu Observatório Uraniborg, situado na ilha de Ven, também escrita como Hven, em Oresund, localizado entre os países da Dinamarca e da Suécia. Convém destacar que essas ferramentas não tinham sido empregadas por outros astrônomos.

O modelo proposto por Brahe era um modelo intermediário aos de Ptolomeu e Copérnico. Segundo esse modelo todos os planetas, exceto a Terra, giravam ao redor do Sol, e o Sol, por sua vez, girava em torno da Terra. Próximo a sua morte, Brahe contratou um assistente chamado Johannes Kepler (1571-1630), que acabou herdando todas as suas observações e seus dados catalogados.

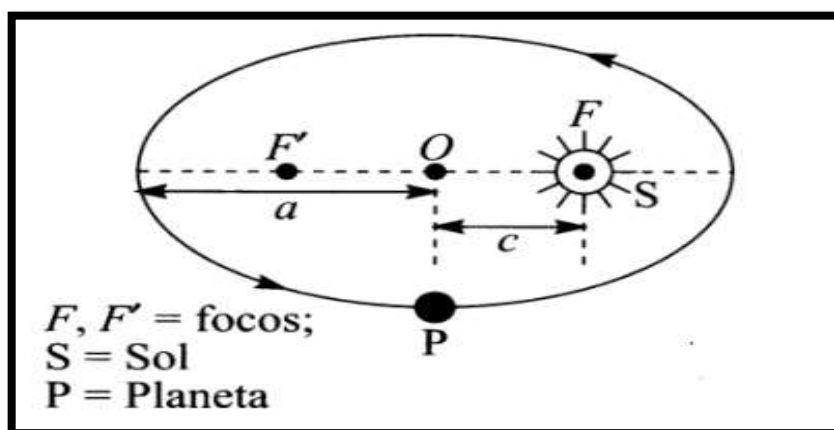
Após anos de estudo exaustivo e análise minuciosa dos dados deixados por Brahe, Kepler concluiu que as órbitas dos planetas eram elípticas e não circulares. Assim, a partir dessa descoberta foi possível a Kepler escrever e generalizar a primeira de suas três Leis que trataremos a seguir.

1ª LEI DE KEPLER (LEI DAS ÓRBITAS- 1609)

A primeira Lei de Kepler afirma que “Todos os planetas descrevem trajetórias que são elipses ao redor do Sol, e que o Sol ocupa um dos focos da elipse.”

Assim diferentemente do que se acreditava na época, o movimento dos planetas ocorria ao redor do Sol e seguia um formato de elipse com o Sol em um dos focos da elipse e não no centro como se supunha. Uma consequência da forma elíptica da órbita é que a distância do Sol ao planeta varia ao longo de sua órbita. Na figura (6) abaixo, temos um exemplo da órbita elíptica.

Figura 6: Representação de uma órbita elíptica



Fonte: Curso de Física Básica 1.H.M. Nussenzveig (2002)/ Ilustrado pela autora.

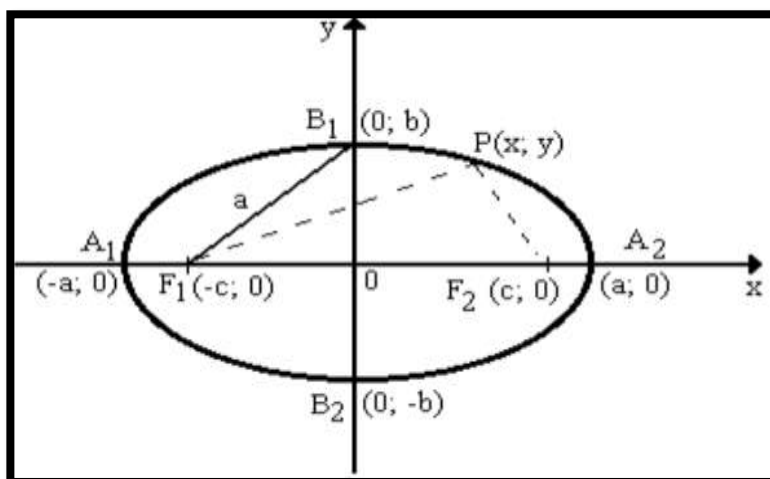
Vejamos agora algumas considerações sobre a Elipse. Na figura (7) abaixo temos dois pontos fixos que chamamos de focos F_1 e F_2 em um plano, onde o Sol assume a posição em um destes, tais que a distância entre estes focos seja igual a $2c > 0$, denomina-se elipse, à curva plana cuja soma das distâncias de cada um de seus pontos P à estes pontos fixos F_1 e F_2 é igual a um valor constante $2a$, onde $a > c$. Assim é que temos por definição:

$$d(PF_1) + d(PF_2) = (2a)$$

Verificamos ainda na figura (7) algumas componentes como: o eixo maior da elipse representada no eixo A_1A_2 de medida $2a$, o eixo menor da elipse representado no eixo B_1B_2 de medida $2b$, o semieixo maior representado pela letra a e o semieixo menor representado pela letra b . A distância focal da elipse é representada por F_1F_2 e o quociente c/a é conhecido como excentricidade da elipse e , ou seja,

$$e = \frac{c}{a} \quad \text{Eq. 1}$$

Figura 7: Representação de uma órbita elíptica e seus elementos.



Fonte: Elipse de centro na origem (0,0) do plano cartesiano. Paulo Marques (1999). [Internet]. Acesso em: <https://www.paulomarques.com.br/arq6-7.htm>, às 20:56 hs. Ilustração da autora.

Seja $P(x, y)$ um ponto qualquer de uma elipse e sejam $F_1(c,0)$ e $F_2(-c,0)$ os seus focos, podemos escrever de acordo com a definição acima:

$$d(PF_1) + d(PF_2) = (2a)$$

Usando a fórmula da distância entre dois pontos, temos:

$$\sqrt{(x - c)^2 + (y - 0)^2} + \sqrt{(x + c)^2 + (y - 0)^2} = 2a$$

Observe que $x - (-c) = x + c$.

Elevando toda a expressão acima ao quadrado, vem:

$$(\sqrt{(x - c)^2 + (y - 0)^2} + \sqrt{(x + c)^2 + (y - 0)^2})^2 = (2a)^2$$

Desenvolvendo a expressão acima e fazendo $a^2 - c^2 = b^2$, chegaremos a seguinte simplificação:

$$b^2 \cdot x^2 + a^2 \cdot y^2 = a^2 \cdot b^2$$

Dividindo agora, ambos os membros por $a^2 \cdot b^2$ chegamos à equação simplificada da elipse:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

Para a semidistância focal c , teremos que

$$c^2 = a^2 - b^2 \Rightarrow c = (\sqrt{a^2 - b^2})^2.$$

Logo, podemos reescrever a equação da excentricidade da elipse da seguinte forma:

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{\sqrt{a^2}}$$

$$e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}}$$

$$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$$

Eq. 2

Assim percebemos que como o valor de a será sempre menor que c , teremos que a excentricidade de uma elipse é um número compreendido entre 0 e 1 ($0 \leq e \leq 1$), assim quando a excentricidade e apresenta um valor mais próximo de zero, a elipse se aproximará de uma circunferência, uma vez que, para uma circunferência a excentricidade é nula ($e = 0$) e os dois focos se reduzem a um único ponto central. Conforme a tabela 1, o planeta anão Plutão é o que possui a órbita de maior excentricidade seguido dos planetas Mercúrio, Marte e Saturno.

TABELA 1: Excentricidade dos planetas, inclusive a de Plutão atualmente classificado como planeta anão.

Planetas	Mercúrio	Vênus	Terra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Netuno	Plutão
Excentricidade (e)	0,20	0,007	0,02	0,09	0,05	0,06	0,05	0,009	0,25

Fonte: Astronomia: ensino fundamental e médio. Nogueira; João Canalle (2009)

2ª LEI DE KEPLER (LEI DAS ÁREAS – 1609)

A segunda Lei de Kepler afirma que “O raio ou segmento de reta que une um planeta ao sol ‘varre’ ou cobre áreas iguais em tempos iguais”. Em outras palavras a taxa de variação da área em função do tempo dA/dt (velocidade areal ou areolar) é constante. Isso acontece porque a área percorrida pelo planeta em torno do Sol tem o formato de um arco cujo comprimento diz respeito à velocidade com que o planeta se move, porém seus lados são determinados pelas distâncias inicial e final do planeta em relação ao Sol.

Já no que confere a velocidade orbital temos que esta muda de acordo com a distância entre o planeta e o Sol. Quando um planeta orbitando o Sol, se encontra em um ponto mais afastado deste, considerando o eixo principal que os ligam, passa a apresentar a menor velocidade de translação de toda sua órbita caracterizando o que chamamos de Afélio. No caso de um corpo orbitando qualquer outro objeto celeste que não o Sol, utilizamos genericamente o termo Apoastro.

Na situação inversa em que um planeta orbitando o Sol, se encontre no ponto mais próximo deste, ele apresentará a maior velocidade de translação de toda a sua órbita, caracterizando o Periélio. Quando o corpo em questão estiver orbitando outro objeto celeste que não o Sol, genericamente denominamos de periastro. Isso significa que o movimento em torno do Sol (velocidade orbital) não é uniforme, mas varia de forma regular.

3ª LEI DE KEPLER (LEI DOS PERÍODOS – 1619)

Desde a sua juventude Kepler buscou uma relação entre as órbitas dos planetas, ou algum tipo de regularidade nesse movimento entre os raios médios dessas órbitas e os seus respectivos períodos de revolução em torno do Sol.

Após alguns anos, desde a concepção das suas duas Leis, Kepler desenvolveu uma outra lei. A terceira Lei de Kepler ou Lei dos períodos diz “O quadrado dos períodos das órbitas dos planetas é proporcional ao cubo de suas distâncias médias ao Sol”. Isto significa, matematicamente, que quanto mais afastado do Sol, mais tempo o planeta leva para percorrer a sua órbita completa. Assim, considerando dois períodos de revolução de dois planetas quaisquer, T_1 e T_2 , com órbitas cujos raios médios são respectivamente R_1 e R_2 , então a terceira Lei de Kepler será representada da seguinte forma:

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3 \quad \text{Eq. 3}$$

Como veremos na sessão 4.3, esta lei é uma consequência direta da força gravitacional variar com o inverso do quadrado da distância. Abaixo na tabela 2, vemos os valores obtidos da terceira Lei de Kepler para os planetas do nosso sistema solar.

Tabela 2: Tabela de demonstração de aplicação da 3ª Lei de Kepler.

PLANETAS	Semieixo maior r (10^{10} m)	Período T (anos)	T^2 / r^3 (10^{-34} anos ² / m ³)
Mercúrio	5,79	0,241	2,99
Vênus	10,8	0,615	3,00
Terra	15,0	1,00	2,96
Marte	22,8	1,88	2,98
Júpiter	77,8	11,9	3,01
Saturno	143	29,5	2,98
Urano	287	84,0	2,98
Netuno	450	165	2,99

Fonte: Fundamentos da Física 2, Halliday;Walker (2011) / Ilustração da autora

4.3 A Gravitação Universal

A ideia de os físicos de sempre relacionar, complementar ou até unificar fenômenos sempre foi algo atrativo para eles. As descobertas feitas por Kepler serviram de impulso para que novos estudos fossem feitos à medida que novas tecnologias foram aparecendo.

Nesse mesmo período outro grande físico astrônomo surgiu, corroborando para que as Leis de Kepler, e de outros, fossem confirmadas. Galileu Galilei (1564-1642) se destacou em diversas áreas do conhecimento, na Astronomia foi o primeiro a desenvolver o método científico, introduzindo o método da experimentação para estudo de um fenômeno. Diferentemente da maneira filosófica de tratar fenômenos naturais, passou a tratar com conceitos objetivos assuntos como velocidade, aceleração e força.

Galileu forneceu muitas contribuições à Astronomia, entre elas, destaca-se o aprimoramento do telescópio o qual passou a ser chamado de luneta. O aprimoramento do telescópio potencializou a descoberta de novos objetos no sistema solar e isso levou a comprovações de que havia muitos aspectos do sistema solar desconhecidos na época potencializando ainda mais as descobertas quanto ao estudo do Universo.

No mesmo ano em que Galileu morreu, nasceu outro físico que contribuiu grandiosamente para a área da Astronomia. Imbuído das ideias defendidas por Galilei, Isaac Newton (1642-1727) formulou suas Leis sobre o movimento. Dentre vários feitos relacionou que a aceleração que um corpo adquire ocorre quando sobre ele atua uma força.

Partindo da compreensão de uma de suas Leis do movimento, chamada de Lei da Inércia, Newton percebeu que para que um corpo realize uma curva é necessário que haja uma força que o “obrigue” a isso, e na ausência desta força o corpo realiza um movimento retilíneo e uniforme indefinidamente.

Aplicando esse conceito ao movimento dos planetas Newton indagou sobre a necessidade da atuação de uma força para manter o movimento dos planetas tal como descreviam as Leis de Kepler. Assim, Newton admitiu que a força responsável por atrair os planetas para o Sol, bem como a força que faz a Lua orbitar a Terra, se devia à gravidade. Além disso, através das contribuições de Galileu, foi possível a Newton considerar que dois corpos de massas diferentes caem com a mesma aceleração quando estão livres da resistência do ar. Logo, ambas as situações deveriam estar relacionadas a um mesmo fenômeno. Dessa forma Newton chegou a expressão matemática que fundamenta a teoria da Gravitação Universal e que do ponto de vista físico, exprime que a matéria atrai a matéria na razão direta de suas massas e na razão inversa do quadrado das distâncias que as separam. Matematicamente essa Lei é expressa por:

$$\vec{F}_G = G \frac{M_S M_P}{R^2} \hat{r} \quad \text{Eq. 4}$$

onde M_S e M_P são as massas dos corpos envolvidos (do Sol e do planeta envolvido), o R é a distância entre os dois corpos e G é a constante gravitacional cujo valor é de

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{N.m}^2/\text{kg}^2 = 6,67 \times 10^{-11} \text{m}^3/\text{kg.s}^2$$

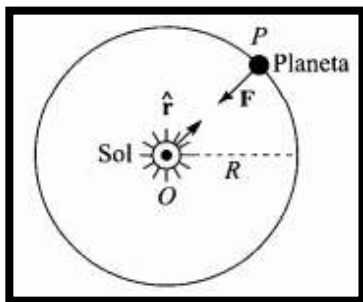
Essa lei foi deduzida por Newton a partir da 3ª Lei de Kepler ou Lei dos períodos. Newton também mostrou que todas as outras leis de Kepler podem ser deduzidas de sua equação e muitos outros fatos podem ser explicados através dela por exemplo, o movimento dos cometas e das marés.

As célebres descobertas de Isaac Newton mudaram favoravelmente o cenário da Ciência. Foi possível através delas generalizar as leis físicas tanto para corpos terrestres como para os corpos celestes.

A seguir deduziremos a Lei da Gravitação Universal de Newton a partir da 3ª Lei de Kepler (lei dos Períodos), e de algumas aproximações.

Como vimos na tabela 1 exposta na seção 4.2, a excentricidade da órbita elíptica dos planetas são valores pequenos, em consequência disso é possível tratá-las como órbitas circulares sem perdas daquilo que se deseja estudar. Além disso o tratamento matemático das órbitas elípticas não é tão simples. Considerando uma órbita circular de raio R de um planeta que está orbitando o Sol, como representado na figura (8) abaixo, a 2ª Lei de Kepler afirma que o movimento é uniforme e, sabemos que nesse tipo de órbita existe a atuação da aceleração centrípeta.

Figura 8: Órbita circular de um planeta de Raio R .



Fonte: Curso de Física Básica I.H.M. Nussenzveig (2002)/ Ilustrado pela autora.

Assim, considerando que a velocidade angular é dada por $\omega = 2\pi/T$, a aceleração centrípeta será dada pela seguinte expressão:

$$\vec{a} = \omega^2 \cdot R \hat{r}$$

$$\vec{a} = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot R \hat{r}$$

$$\vec{a} = \left(\frac{4\pi^2}{T^2}\right) \cdot R \hat{r} \quad \text{Eq. 5}$$

onde \hat{r} é um vetor unitário na direção radial.

Aplicando a 2ª Lei de Newton ao movimento do planeta, temos que

$$\vec{F}_c = m \cdot \vec{a}$$

Substituindo a Eq. 5 teremos

$$\vec{F}_c = M_p \cdot \left(\frac{4\pi^2}{T^2}\right) \cdot R \hat{r}$$

$$\vec{F}_c = \frac{4\pi^2 M_p R}{T^2} \hat{r} \quad \text{Eq. 6}$$

Perceba que essa força centrípeta equivale a própria força de atração gravitacional entre o planeta e o Sol, logo usando a Eq. 4 da força de atração gravitacional vemos que,

$$\vec{F}_G = G \frac{M_s M_p}{R^2} \hat{r}$$

Então, podemos dizer que

$$\begin{aligned}\vec{F}_C &= \vec{F}_G \\ \frac{4\pi^2 M_p R}{T^2} &= \frac{G M_s M_p}{R^2} \\ \frac{4\pi^2 M_p R}{T^2} &= \frac{G M_s M_p}{R^2}\end{aligned}$$

Reorganizando ficaremos com

$$\frac{R^3}{T^2} = \frac{G M_s}{4\pi^2}$$

Com isso concluímos que como G , M_s e $4\pi^2$ são constantes. Logo

$$\frac{G M_s}{4\pi^2} = \text{constante}$$

Então,

$$\frac{R^3}{T^2} = \text{constante}$$

Eq. 7

Isso demonstra que a Lei da Gravitação é válida para todos os planetas, desde o pequenino mercúrio como para o gigante Júpiter, ou mesmo para a Lua que orbita a Terra.

4.3.1 Propriedades da Força Gravitacional

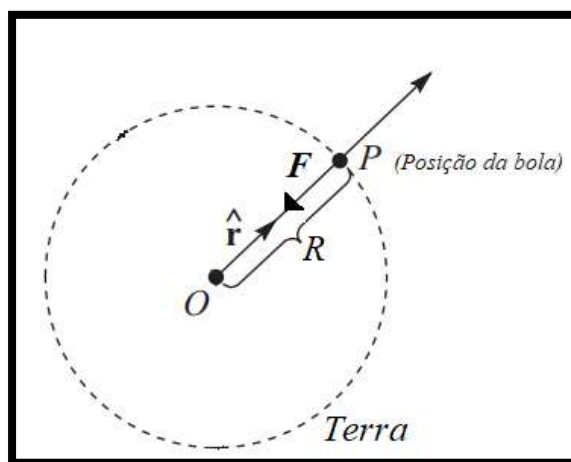
Dentre os quatros tipos de interações fundamentais da natureza, a força de interação gravitacional é considerada umas das mais fracas, porém é também a mais importante quando nos deparamos com aplicações na Astronomia, como cita Nussenzveig (pág. 82, 2002), haja visto que do ponto de vista das escalas astronômicas, nesse tipo de interação as massas dos corpos que interagem são extremamente grandes, atua mesmo em corpos eletricamente neutros e a interação é sempre atrativa.

A princípio enquanto termo físico a Força Gravitacional foi utilizada por Newton quando enunciou a Lei da Gravitação Universal. Newton percebeu que tanto para a situação de uma pedra abandonada a partir de uma certa altura em relação ao solo ou da Lua orbitando a Terra, deveria existir um tipo de força que particularmente deveria ser diretamente proporcional ao produto das massas dos corpos e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles, podendo ainda ser universalmente válida para diversas outras situações.

O estudo sobre a Força Gravitacional nos permite compreender alguns fenômenos ligados diretamente a sua manifestação enquanto ação física. Algumas propriedades, que consideramos relevantes, são facilmente compreendidas a partir da definição de trabalho e energia. Demonstraremos que a conservação da Energia e o momento Angular são consequências direta das Leis de Newton.

Objetivando encontrar uma expressão para a energia potencial e a energia mecânica total de um sistema suponhamos, como na figura (9), uma bola de gude de massa m , sendo lançada verticalmente para cima a partir de um ponto P localizado na superfície da Terra, até uma distância infinitamente grande.

Figura 9: Bola de gude lançada da superfície da Terra.



Fonte: Ilustrado pela autora.

Devido ao formato esférico da Terra, sua atração gravitacional sobre uma partícula ou corpo de massa m externo a sua superfície é a mesma que se toda massa M da Terra estivesse concentrada em seu centro O , tomaremos essa definição para facilitar o trato com os limites de integração.

Por definição, o trabalho realizado pela força gravitacional para fazer uma partícula subir sob ação da força gravitacional será expresso por:

$$W = \int_P^\infty \vec{F}(r) \cdot d\vec{r} \quad \text{Eq. 8}$$

Expandindo o termo que compreende o produto escalar $\vec{F}(r) \cdot d\vec{r}$, teremos:

$$\vec{F}(r) \cdot d\vec{r} = F(r) \cdot dr \cdot \cos\phi$$

onde ϕ é o valor que representa o ângulo entre $\vec{F}(r)$ e $d\vec{r}$.

Como podemos perceber na figura (9) o valor do ϕ corresponderá a 180° . A força considerada é a própria força gravitacional (ver Eq. 4) onde r será a distância entre o centro de massa O no centro da Terra e o ponto no infinito, R é o raio da Terra, M é a massa da Terra e m é a massa da bola de gude em questão. Para um lançamento vertical para cima a gravidade assume um valor negativo, então:

$$\vec{F}(r) \cdot d\vec{r} = -\frac{GMm}{r^2} \cdot dr \quad \text{Eq. 9}$$

Substituindo a Eq. 8 na Eq. 9, temos:

$$W = \int_R^\infty \left[-\frac{GMm}{r^2} \cdot dr \right]$$

$$W = - \int_R^\infty \left[\frac{GMm}{r^2} \cdot dr \right]$$

$$W = -GMm \int_R^\infty \left[\frac{1}{r^2} \cdot dr \right]$$

$$W = - \left[-\frac{GMm}{r} \right]_R^\infty$$

$$W = - \left[0 + \frac{GMm}{R} \right]$$

$$W = -\frac{GMm}{R} \quad \text{Eq. 10}$$

Perceba que o trabalho realizado pela força gravitacional sobre a bola dependerá somente das posições inicial e final assumida por ela, em outras palavras o trabalho realizado

entre dois pontos é independente do caminho. Dessa forma, quando em um movimento unidimensional uma força só depende da posição da partícula chamamos esse tipo de força de conservativa. Assim, a força gravitacional é uma força conservativa.

Outra observação é que de acordo com o trabalho que só dependerá de r , à medida que representamos vetorialmente a força gravitacional partindo da origem no centro da Terra em direção a um ponto qualquer no infinito, eis que o vetor da Força Gravitacional passa pelo centro da trajetória paralelamente ao vetor deslocamento \vec{r} , caracterizando esse tipo de força como uma Força central.

Em termos da equação da energia potencial, para um movimento vertical de queda livre dirigido para cima com o deslocamento entre dois pontos representado por Δh , encontramos a seguinte expressão:

$$W = -m \cdot g \cdot \Delta h$$

$$W = - \Delta U$$

$$\Delta U = - W$$

$$U_{\infty} - U_p = \frac{GMm}{r}$$

Como a energia potencial no infinito é nula, logo a energia potencial, no ponto P na superfície da Terra será:

$$U_p = - \frac{GMm}{R} \quad \text{Eq. 11}$$

Considerando a expressão da energia mecânica total para a situação proposta em que uma partícula de massa está sob a ação de uma força conservativa, temos:

$$E_M = \Delta K + \Delta U = \text{constante}$$

Na superfície do planeta as energias cinética e potencial apresentarão os valores:

$$K_p = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad \text{e} \quad U_p = - \frac{GMm}{R}$$

Já quando o objeto atinge uma distância infinita ele para e, ambas a energias cinética e potencial apresentarão valores nulos. Logo a energia total da bola de gude no infinito é zero.

$$E_M = \frac{m.v^2}{2} - \frac{GMm}{R} = 0$$

Geralmente quando lançamos um corpo de massa m a partir da superfície da Terra para cima, a tendência desse corpo é assumir uma determinada altura, a depender de sua velocidade de lançamento, e em seguida voltar, caindo em direção a Terra. O corpo só subirá indefinidamente, escapando da atração gravitacional da Terra, se conseguir ultrapassar uma certa velocidade limite mínima. Essa velocidade limite mínima, que por definição é aquela com o qual o corpo chega com velocidade zero no infinito, denominamos de Velocidade de Escape. Encontraremos agora uma expressão para a velocidade de escape.

Em um campo conservativo, a energia mecânica total (cinética e potencial) é conservada, logo

$$E_{M\text{planeta}} = E_{M\text{infinito}}$$

$$K_p + U_p = K_\infty + U_\infty$$

$$\frac{m.v^2}{2} - \frac{GMm}{R} = 0$$

$$\frac{m.v^2}{2} = \frac{GMm}{R}$$

$$v^2 = \frac{2GMm}{mR}$$

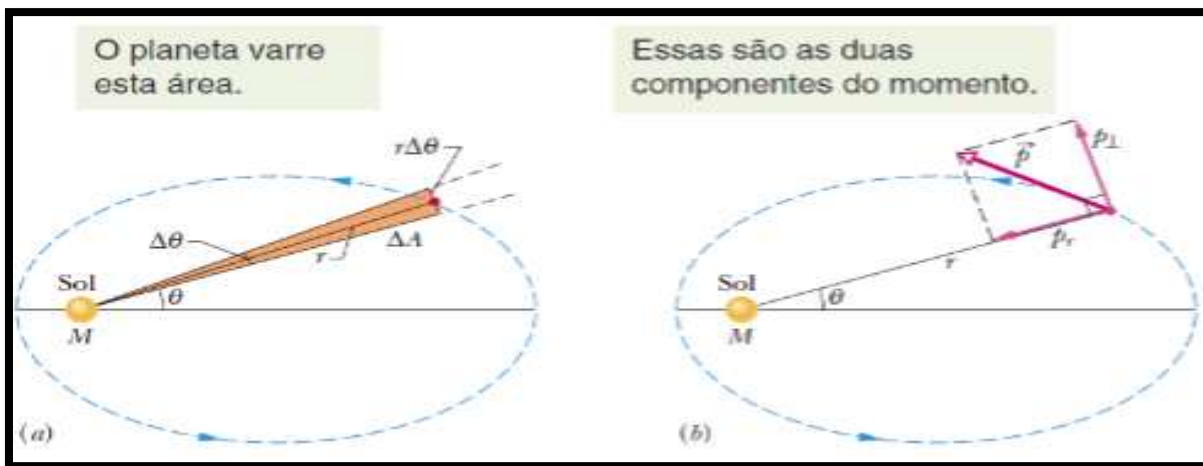
$$v^2 = \frac{2GM}{R}$$

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \quad \text{Eq. 12}$$

Chegando à expressão da velocidade de escape que queríamos obter.

O trato teórico e matemático da Lei da Gravitação Universal de Newton e das Leis do Movimento, possibilitou a percepção de algumas consequências que se derivam delas. Além da utilização da conservação da Energia como uma solução matemática para algumas equações, temos que em um campo de força central, o momento angular também se conserva. Podemos demonstrar isso através da segunda Lei de Kepler, considerando a figura 10 que segue:

Figura 10: Representação da 2ª Lei de Kepler: a) No instante Δt , o segmento de reta r que liga o planeta ao Sol se desloca de um ângulo $\Delta\theta$, varrendo uma ΔA (sombreada). b) O momento linear \vec{P} do planeta e suas componentes.



Fonte: Fundamentos da Física 2, Halliday;Walker (2011) / Ilustração da autora

A área da figura 10-a) sombreada é semelhante a área varrida no intervalo de tempo Δt pela reta que une o Sol ao planeta, separados por uma distância r . Já a área ΔA é muito próxima a área de um triângulo de base $r\Delta\theta$ e altura r . Sabendo que a área de um triângulo é a metade da base vezes a altura então

$$\Delta A = \frac{1}{2} r^2 \cdot \Delta\theta$$

considerando que Δt e, portanto, $\Delta\theta$ se aproxime de zero.

A taxa instantânea de variação é

$$\frac{dA}{dt} = \frac{1}{2} r^2 \cdot \frac{d\theta}{dt}$$

$$\frac{dA}{dt} = \frac{1}{2} r^2 \cdot \omega$$

Eq. 13

onde ω é a velocidade angular da reta que une o Sol ao planeta.

Considerando agora o momento linear, na figura 10-b), é representado o momento linear \vec{P} do planeta junto as suas componentes radiais e perpendicular. Assim, o módulo do momento angular do planeta em relação ao Sol é dado pelo produto entre r e P_{\perp} . Partindo da equação do momento angular, para um planeta de massa m , temos

$$L = r.P_{\perp}$$

$$L = r.(m. v_{\perp})$$

$$L = r.(m. \omega r)$$

$$L = m. \omega r^2$$

$$\omega r^2 = \frac{L}{m} \quad \text{Eq. 14}$$

Substituindo a Eq. 14 na Eq. 13 teremos,

$$\frac{dA}{dt} = \frac{1}{2} \frac{L}{m} \quad \text{Eq. 15}$$

Assim vemos que a taxa de variação da área (a segunda Lei de Kepler) é equivalente a lei de conservação do momento angular que se conserva.

Vale salientar que Newton a partir da aplicação da Lei da Gravitação Universal possibilitou explicar como calcular as órbitas dos cometas e a massa dos planetas em termos de massa da Terra, o achatamento do planeta Terra devido a sua rotação, explicar movimentos como a precessão dos equinócios e, ainda, fenômenos decorrentes da interação gravitacional entre a Terra e a Lua como o efeito das marés, como cita Filho e Saraiva (2003).

4.3.2 Massa Reduzida

Quando nos deparamos com problemas que ilustram um movimento relativo com dois corpos sob a ação da força gravitacional é necessário que, ao desenvolvermos os cálculos, estabeleçamos um referencial.

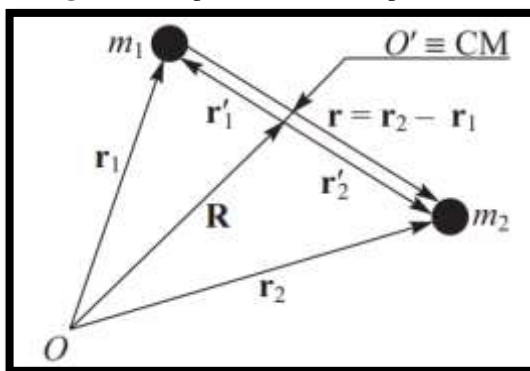
Se considerarmos o exemplo de um planeta como a Terra que gira em torno do Sol com órbitas bem próximas das circulares, existirão várias interações internas relacionadas a cada um e que influenciam o comportamento de ambos, mas devido a enorme diferença entre as massas dos dois geralmente tomamos a posição do Sol como um ponto referencial de

origem, tendo em vista que o centro de massa do sistema que envolve a Terra e o Sol está mais próximo do centro do Sol. No entanto, o mesmo não ocorre quando nos deparamos com a situação de dois corpos que apresentem massas de mesma ordem de grandeza. Vejamos como corrigir isso.

Para o problema de dois corpos que apresentem uma pequena diferença entre as quantidades de massas, podemos utilizar o conceito de massa reduzida para viabilizar o desenvolvimento dos cálculos de forma trivial. Vejamos a situação de duas partículas de massas quaisquer, m_1 e m_2 , que interagem através de força central.

Tomaremos um sistema isolado, como na figura (11), onde não há forças externas atuando sobre o sistema e o centro de massa se move com velocidade constante. Por conveniência, tomaremos a origem do sistema de coordenadas no centro de massa do sistema, levando em conta que a posição do centro de massa é um referencial inercial.

Figura 11: O problema de duas partículas.



Fonte: Curso de Física Básica 1.H.M. Nussenzveig (2002)/ Ilustrado pela autora

Por definição o vetor posição do centro de massa (CM) do sistema é dado por:

$$\vec{R} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2}{m_1 + m_2},$$

chamaremos $M = m_1 + m_2$, como a massa total do sistema.

Considerando que $\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$ e que o movimento interno do sistema é descrito pelos deslocamentos relativos das duas partículas em relação ao CM, teremos como vetores coordenadas relativas:

$$\vec{r}'_1 = \vec{r}_1 - \vec{R} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 - m_1 \vec{r}_1 - m_2 \vec{r}_2}{m_1 + m_2} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} (\vec{r}_1 - \vec{r}_2) = \frac{m_2}{M} (\vec{r}_1 - \vec{r}_2)$$

e

$$r'_2 = \vec{r}_2 - R = \frac{m_1 \vec{r}_2 + m_2 \vec{r}_2 - m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2}{m_1 + m_2} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} (\vec{r}_2 - \vec{r}_1) = \frac{m_1}{M} (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)$$

Ou seja,

$$r'_1 = -\frac{m_2}{M} \vec{r} \quad \text{e} \quad r'_2 = \frac{m_1}{M} \vec{r} \quad \text{Eq. 16}$$

Para as equações do movimento no CM, com base na terceira Lei do movimento de Newton, para as partículas 1 e 2 teremos:

$$m_1 \frac{d^2 r'_1}{dt^2} = \vec{F}_{1(2)} \quad \text{e} \quad m_2 \frac{d^2 r'_2}{dt^2} = \vec{F}_{2(1)} \quad \text{Eq. 17}$$

A Lei da Gravitação Universal de Newton exprime que as forças de interação gravitacional entre duas partículas 1 (massa m_1) e 2 (massa m_2) cujo deslocamento relativo é \vec{r} , como:

$$\vec{F}_{2(1)} = -G \frac{m_1 m_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12} = -\vec{F}_{1(2)}$$

onde $r_{12} = |\vec{r}|$ é a distância entre as partículas, e $\hat{r}_{12} = \vec{r}/|\vec{r}|$ é o vetor unitário da direção que vai de 1 para 2.

Substituindo as Eq. 16 nas Eq. 17, perceberemos que elas se reduzem a:

$$\frac{m_1 \cdot m_2}{M} \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{F}_{2(1)} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r}$$

$$\mu \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{F}_{2(1)} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r} \quad \text{Eq. 18}$$

onde $\vec{F} = \vec{F}_{2(1)}$, e só depende de \vec{r} e

$$\mu = \frac{m_1 \cdot m_2}{M} = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2}$$

que representa a *massa reduzida*.

Com o exposto na Eq. 18, nos é mostrado que o problema de dois corpos foi transformado no problema de um corpo de massa reduzida μ , com vetor posição \vec{r} e sujeito a força \vec{F} .

Para uma situação na qual uma das massas é muito maior que a outra, por exemplo, se a massa m_2 for muito maior que m_1 ($m_2 \gg m_1$), então a massa reduzida se aproximará do

valor de massa do menor corpo. E ainda se ambas as massas forem iguais, $m_1=m_2=m$, então teremos $\mu = m/2$.

Considerando uma situação em que a partícula execute um movimento circular então da Eq. 18 obteremos

$$\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \vec{F} = -G \frac{m_1 m_2}{\mu r^2} \hat{r}$$

$$\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \vec{F} = -G \frac{m_1 m_2 (m_1 + m_2)}{m_1 m_2 \cdot r^2} \hat{r}$$

$$\boxed{\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \vec{F} = -G \frac{(m_1 + m_2)}{r^2} \hat{r}} \quad \text{Eq. 19}$$

Levando em conta que a equação da aceleração centrípeta vale:

$$\boxed{\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = -4\pi^2 \frac{r}{T^2} \hat{r}} \quad \text{Eq. 20}$$

Logo encontraremos das Eq. 19 e Eq. 20:

$$\frac{r^3}{T^2} = \frac{G}{4\pi^2} (m_1 + m_2)$$

O que nos permite corrigir a 3ª Lei de Kepler e ainda ser válida para casos de órbitas elípticas.

Esse capítulo é de suma importância para nossa intervenção pedagógica, haja visto que apresenta vários aspectos históricos relacionado a construção da Astronomia ao longo dos anos e um breve histórico dos principais físicos que contribuíram efetivamente para essa construção, pontos esses que servirão de subsídio para a produção das apresentações em Power point e que serão discutidos e apresentados teoricamente durante a proposta. No referente aos temas como as três Leis de Kepler e a Lei da Gravitação Universal, nos guiará principalmente nos momentos em que faremos o emprego do nosso produto educacional, a maquete esquemática Sol-Terra-Lua, quando na ocasião trataremos da aplicação e ilustração destas. Vale salientar que durante a nossa intervenção não utilizaremos o formalismo matemático adotado para dedução de algumas leis, uma vez que o nosso público-alvo são alunos da primeira série do Ensino Médio e estes não possuem conhecimentos básicos próprios do cálculo diferencial.

No capítulo 5 trataremos de expor de forma detalhada como transcorreu a aplicação da nossa intervenção didático-pedagógica, exporemos os métodos utilizados, as ferramentas empregadas e os instrumentos de coleta de dados que usamos nesta investigação.

5 METODOLOGIA ADOTADA

Nesse capítulo trataremos sobre os materiais e os métodos utilizados durante a intervenção pedagógica. No primeiro momento discutiremos acerca da natureza da investigação que consiste na abordagem da investigação qualitativa. Seguindo-se de uma descrição do público-alvo, o local da pesquisa, os instrumentos de coleta de dados, a construção da sequência e uma explanação geral sobre o produto educacional utilizado como ferramenta didática durante a intervenção direcionada aos estudantes da primeira série do Ensino Médio provenientes de algumas escolas de ensino público da região do Cariri, no interior do Ceará.

5.1 A Natureza da Pesquisa e Espaço de Investigação

O presente trabalho, produto de uma intervenção didática, deriva-se dos pressupostos metodológicos pautados em uma abordagem de pesquisa de natureza qualitativa. O nosso principal intuito é investigar o uso de uma maquete esquemática no estudo da Astronomia, enquanto tópico importante no Ensino de Física, se distanciando dos moldes em que se prioriza apenas em dados coletados mediante ao uso de instrumentos padronizados e amostrais. Sendo assim, a ideia principal da pesquisa é observar, registrar, compreender e interpretar o objeto estudado pelo professor pesquisador da aplicação do projeto. (MOREIRA, 2011).

Considerando a pesquisa de natureza qualitativa, Stake (2011) coloca que ocorre quando há a valorização das percepções humanas, dos aspectos subjetivos dos participantes e das opiniões das pessoas sobre fenômenos sociais. Para Bogdan e Biklen (1994), a investigação qualitativa procura entender fenômenos do dia a dia escolar em toda sua complexidade, incertezas e em seu contexto natural onde acontece. Nessa perspectiva consideramos que nossa proposta perpassa pela investigação qualitativa, enquanto referência norteadora, quando enfatizamos o processo de aquisição do conhecimento e não somente os resultados ou produtos dessa intervenção.

Na área da Educação, a pesquisa qualitativa se baseia no fato de que o professor age como o próprio pesquisador. Para Bogdan e Biklen (1994), a abordagem qualitativa tem como características:

- (i) o investigador como principal instrumento de pesquisa, por estar imerso no ambiente natural do contexto escolar;
- (ii) exige um detalhamento descritivo e abundante dos dados obtidos;

- (iii) possui interesse mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados e produtos;
- (iv) ela é interpretativa, indutiva e experimental valorizando o processo de observação;
- (v) possui interesse de entender a forma como os envolvidos dão significados às suas ações, e é naturalística, no sentido do pesquisador ser fiel aos dados e não interferir neles;

Percebemos também que a nossa proposta apresenta traços e características de pesquisa-ação e de pesquisa participante. Segundo Thiollent (2011) a pesquisa-ação é uma estratégia metodológica da pesquisa social na qual:

“a) há uma ampla e explícita interação entre pesquisadores e pessoas implicadas na situação investigada; b) desta interação resulta a ordem de prioridade dos problemas a serem pesquisados e das soluções a serem encaminhadas sob forma de ação concreta; c) o objeto de investigação não é constituído pelas pessoas e sim pela situação social e pelos problemas de diferentes naturezas encontrados nesta situação; d) o objetivo da pesquisa-ação consiste em resolver ou, pelo menos, em esclarecer os problemas da situação observada; e) há, durante o processo, um acompanhamento das decisões, das ações e de toda a atividade intencional dos atores da situação; f) a pesquisa não se limita a uma forma de ação (risco de ativismo): pretende-se aumentar o conhecimento dos pesquisadores e o conhecimento ou o "nível de consciência das pessoas e grupos considerados.” (THIOLLENT, 2011, p. 22-23).

Cohen e Manion (1990, Apud Richardson, 2019), apontam três possibilidades para a Pesquisa-Ação: o professor individual que trabalha em uma sala de aula para produzir determinadas mudanças ou melhorias no processo de ensino-aprendizagem; a pesquisa feita por um grupo que trabalha solidariamente, assessorados ou não por um pesquisador externo e, em último lugar, um professor ou professores que trabalham com um pesquisador ou uma equipe de pesquisa com um relacionamento permanente. A nossa pesquisa-ação se classifica como sendo o primeiro tipo citado anteriormente.

Thiollent (2000) ressalta que toda pesquisa-ação é do tipo participante, porém, nem toda pesquisa participante é uma pesquisa-ação. Segundo Thiollent (2000),

“A pesquisa participante é, em alguns casos, um tipo de pesquisa baseado em uma metodologia de observação participante, na qual os pesquisadores estabelecem relações comunicativas com pessoas ou grupos da situação investigada com o intuito de serem mais bem aceitos. Neste caso, a participação é, sobretudo, participação dos pesquisadores, e consiste em aparente identificação com os valores e os comportamentos que são necessários para a sua aceitação pelo grupo considerado.” (THIOLLENT, 2000, p.15).

Dessa forma, a nossa pesquisa-ação é do tipo participante visto que nela o professor participa ativamente do processo, planeja os objetivos, executa, observa, registra, tudo com o intuito de promover melhorias no processo de ensino-aprendizagem a qual se destina. De acordo com Lüdke e André (1986) a observação ocupa um lugar privilegiado em pesquisas educacionais, seja ela o principal método de investigação ou esteja ela associada a outras

técnicas de coleta, pois permite ao pesquisador um contato pessoal e estreito com o fenômeno investigado.

Por diversas razões a nossa proposta de trabalho sofreu várias reformulações diante do cenário de pandemia e necessário isolamento social iniciado no ano de 2020, tanto no que se refere ao modo de aplicação, aos objetivos traçados, a metodologia empregada, como em relação ao espaço de intervenção.

A princípio pensamos em aplicar a nossa proposta em uma escola que dispusesse de alunos da primeira, segunda e terceira série do Ensino Médio em tempo integral. A ideia seria de criar uma disciplina própria de Astronomia, na condição de disciplina eletiva (termo presente na estrutura curricular das escolas de tempo integral), com o professor detendo autonomia para traçar o plano de ensino. A disciplina deveria ser ofertada de forma geral para os alunos que se interessassem, por adesão. Entretanto, em virtude de a pesquisadora deste trabalho ser a professora da turma em regime de contrato temporário, precisou ser realocada para uma escola profissionalizante do Ensino Médio e nessa escola, assumir, como professora responsável, das primeiras séries do Ensino Médio. Por essa razão, a intervenção foi repensada e ajustada para que os alunos da primeira série, pudessem ter esse contato com a proposta a partir da aplicação em um grupo que já existia na escola, o clube de Astronomia. O clube de Astronomia funcionava sob supervisão de outro professor de Física da escola, nos pós turno, como uma décima aula visto que no tempo normal as aulas tinham duração de nove aulas diárias entre os horários de 7h10min da manhã até as 16h40 min da tarde. Devido a pouca participação dos alunos o grupo parou de funcionar por um tempo e, mais uma vez foi necessário repensar a proposta, agora, direcionando-a aos alunos da primeira série.

Neste primeiro ano de desenvolvimento do mestrado profissional houve muitas outras mudanças no processo de investigação, por exemplo, a reorganização quanto a orientação e, novamente, foram feitos ajustes quanto ao tema proposto e a metodologia a ser aplicada. Além disso, por questões contratuais tivemos que desenvolver o estudo com outro público-alvo (alunos do 1º ano do ensino médio). Assim, preparei uma nova intervenção dessa vez com um olhar diferenciado e direcionado para os alunos da segunda série.

No mês de março de 2020, a proposta de trabalho passou novamente por outra modificação, mas, desta vez, a razão ia muito além das questões contratuais ou acadêmicas. Em meados de março de 2020 iniciou-se o período epidemiológico em todo o Brasil e, a pandemia do Novo Coronavírus (SARS-CoV2) nos forçou a fazer mudanças profundas em

nossas rotinas diárias. A Covid19, doença causada pelo SARS-CoV2, ataca prioritariamente o sistema respiratório e tem alta infectividade. Essa característica da Covid19, somada a insuficiência imunológica da população e a inexistência da vacina levou a suspensão das atividades presenciais de ensino em todas as instituições do país (no Ceará a partir de março de 2020). Dessa forma foi impossibilitada a aplicação da intervenção presencialmente como foi planejado desde o início, assim tivemos que realizar novas adaptações na proposta para ser desenvolvida de forma digital, pois as atividades de ensino aconteciam por meio de aulas remotas. Para quem pôde vivenciar esse período na área de ensino, percebeu que foi necessário nos reinventarmos quanto as nossas práticas em sala de aula e que tivemos que adotar uma nova forma de lecionar, utilizando-se de ferramentas digitais (todos fomos pegos de surpresa).

Com a nova mudança houve dificuldades de ajustes de horários e a nova rotina tornou inviável a aplicação da proposta nos moldes anteriores. Repensando, surgiu a possibilidade de ministrar um minicurso, à distância, de Astronomia, para a adesão de alunos de outras escolas de Ensino Médio da região do Cariri cearense. Nessa nova proposta mantivemos o público-alvo e estabelecemos um limite máximo de 20 participantes. Após a divulgação, tivemos a princípio 10 inscritos, que eram alunos de escolas localizadas nas cidades Antonina do Norte, Tarrafas e Araripe no Ceará. Entretanto, apenas 8 alunos se mantiveram no minicurso sendo 3 residentes em Antonina do Norte, 4 em Tarrafas e 1 em Araripe. A faixa de idade dos participantes era de 14 a 16 anos, sendo 2 do sexo masculino e 6 do sexo feminino.

As atividades virtuais síncronas⁸ foram realizadas através da plataforma Google Meet. Além dessa ferramenta, utilizamos também um grupo de bate-papo no aplicativo WhatsApp, de cunho unicamente educativo para trocas de informações, avisos ou envio de materiais referentes ao minicurso. O minicurso teve uma carga horária total de 8hs, sendo destinado 6hs para as atividades virtuais síncronas e 2hs para as atividades assíncronas⁹.

A seguir são apresentados os instrumentos de coletas utilizados durante a aplicação do minicurso.

⁸ Na educação à distância, o termo síncrono é utilizado quando as aulas ocorrem em tempo real, havendo uma interação e/ou comunicação simultânea entre o professor e o aluno.

⁹ No contexto de educação à distância, utilizamos o termo assíncrono quando nas aulas a comunicação ocorre de forma atemporal, quando o emissor (o professor) envia a mensagem, mas não necessariamente o receptor (o aluno) irá recebê-la imediatamente. A interação entre os envolvidos não ocorre ao mesmo tempo.

5.2 Instrumentos de coleta de dados (questionários, mapas mentais, diário de bordo)

Durante a aplicação do minicurso proposto utilizamos os seguintes meios de coleta de dados:

- ✓ diário de bordo. O diário de bordo foi utilizado tanto pelo professor como pelos participantes. A utilização desse meio tinha como objetivo registrar as impressões, as críticas, as dúvidas e as sugestões sobre as etapas da aplicação da metodologia.
- ✓ Aplicação de questionários. No decorrer da realização do minicurso aplicamos 2 questionários aos participantes. Um dos questionários foi aplicado no momento inicial e tinha como finalidade identificar os conhecimentos prévios e as expectativas dos participantes sobre o tema do minicurso. O segundo questionário foi aplicado no final do minicurso e seu propósito era de verificar as experiências vividas pelos participantes no decorrer do curso e a receptividade da proposta metodológica.

E ainda utilizamos a proposta de pesquisa individual, que segundo Jung (2003), é o processo através do qual as pessoas adquirem um novo conhecimento sobre si mesmo ou sobre o mundo em que vivem, com a finalidade de responder a um questionamento, resolver um problema ou satisfazer uma necessidade. Esse processo vai ser atrelado a aplicação do recurso denominado mapa mental¹⁰. O mapa mental (Mind Map), uma ferramenta também sugerida pela metodologia das UEPS, pode ser considerado um recurso rico e potencialmente significativo para um processo de ensino-aprendizagem visto que ele pode ser muito útil para melhorar e facilitar nossa forma de localizar, selecionar, organizar, memorizar, relembrar, sintetizar, aprender e criar conhecimentos. Pelo fato de sua elaboração ser livre, acaba promovendo um processo intenso de criação pelos envolvidos. Moreira (2012) afirma que

Mapa mental: é uma função natural da mente humana – é o pensamento “irradiado” livremente a partir de uma imagem central, ou de uma palavra-chave, como se fossem ramificações (branches); tópicos menos importantes também são representados como ramificações ligadas a outras de mais alto nível; as ramificações formam uma estrutura nodal conectada (Buzan e Buzan, 1994; Ontoria et al., 2004). No mapa mental as associações são completamente livres, enquanto no mapa conceitual são aquelas aceitas no contexto da matéria de ensino. (MOREIRA, pg. 10, 2012).

¹⁰ Idealizada pelo inglês Tony Buzan com Graduação em psicologia, inglês, matemática e ciências, o mapa mental (Mind Maps) ou “mapa da mente” é um tipo de ferramenta de representação simbólica, que começa de uma ideia central e evolui para ramos ou linhas completando assim o diagrama que se quer representar, facilitando o entendimento de conteúdos e propiciando uma maior concentração sobre determinados temas, por parte de quem os utilizam. Assim permite que o aluno possa utilizar associações de imagens-chaves e palavras-chave para ajudar a criar ideias novas e acessar a memória de longo prazo.

Cabe enfatizar ainda que nosso intuito não é encontrar significados próprios de como funciona a mente do aluno ao apreender certos conhecimentos, e admitimos que esta tarefa não é fácil, distante também do que a Neurociência ou áreas afins estudam ou consideram, em nossa proposta adotaremos o termo “mapa mental” como uma ferramenta diferenciada e como uma metodologia que possa evidenciar de maneira puramente representativa do conhecimento produzido e construído junto aos alunos.

Para a elaboração de um mapa mental é preciso ter em mãos uma folha em branco, sem pauta, a ser utilizada na posição horizontal (paisagem), para dispor de um campo visual maior. Além disso, utiliza-se lápis e canetas de cores diferentes para desenhar o mapa. Segundo Buzan (2005), a construção de um mapa mental envolve as seguintes etapas:

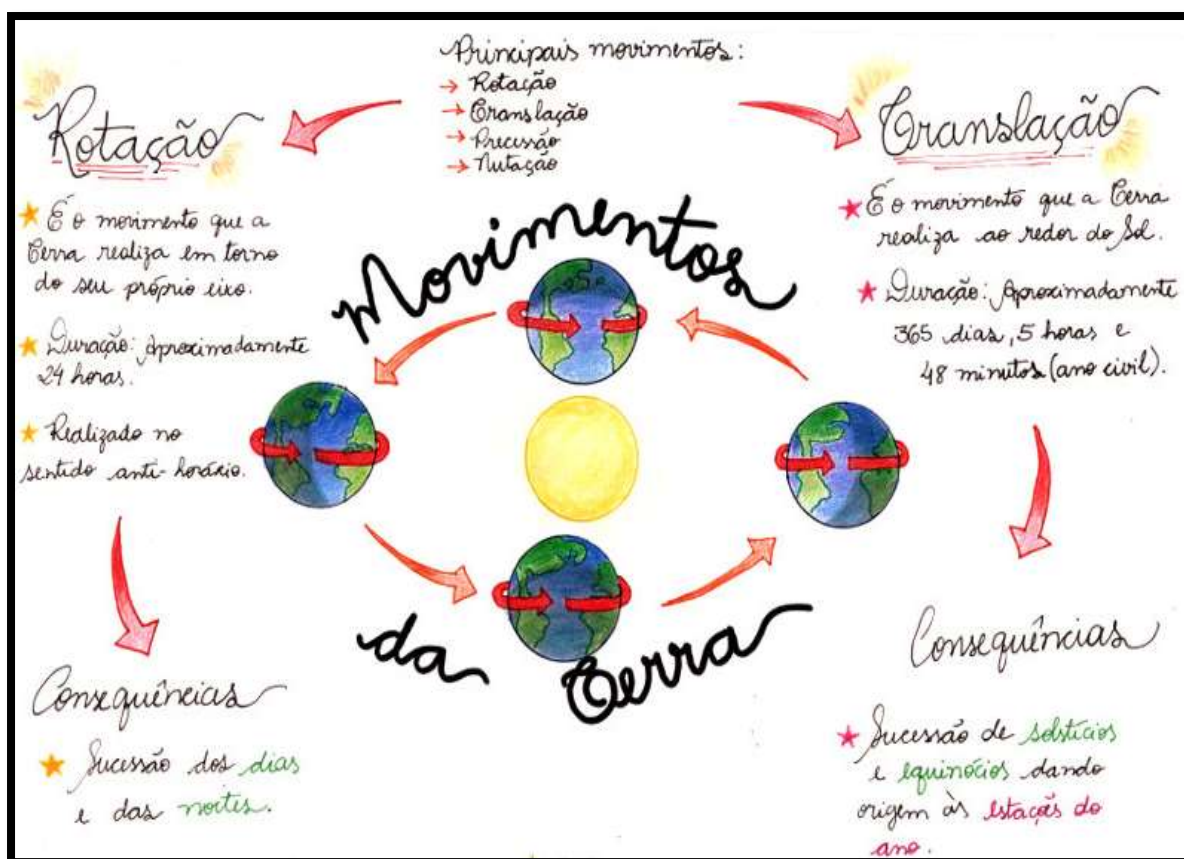
- ✓ etapa 1: O mapa deve iniciar no centro da folha, com uma imagem ou figura que represente a ideia central a ser trabalhada.
- ✓ etapa 2: Trace ramos principais à imagem central e una os ramos secundários aos principais, os terciários aos secundários e assim sucessivamente.
- ✓ etapa 3: escreva em letra de forma uma única palavra-chave por linha
- ✓ etapa 4: utilize imagens durante todo o mapa.

É importante ressaltar que a estrutura a ser construída com as linhas mais ou menos espessas e palavras-chave apresenta uma hierarquia dos conceitos, de modo que os conceitos mais gerais (categorias) estejam mais próximos do centro, e as ideias mais específicas nas bordas. Segundo Hermann e Bovo (2005), à medida que estruturamos um mapa mental devemos afastar-se radialmente do centro do mapa (onde está o título) em direção às extremidades, o grau de detalhamento vai aumentando, e aproximando-se do centro a partir da periferia, vai aumentando o grau de importância das ideias.

Para Shitsuka et al (2011), os mapas mentais se prestam ao processo criativo, podendo ser feito com imagens ao invés de palavras ou rótulos de conceitos, coloridos e seus ramos podem ter espessuras diferentes de modo a inserir a ideia de classificação e subclassificações.

Assim o grande diferencial dos mapas mentais é justamente o de utilizar associações de imagens-chaves e palavras-chave para ajudar-nos a criar ideias e acessar nossa memória de longo prazo. Um exemplo de um mapa mental está representado na figura (12).

Figura 12: Um exemplo de mapa mental sobre movimentos da Terra.



Fonte: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/movimentos-terra.htm>, acesso em 23 de setembro de 2020, às 10:00hs.

Na seção que segue, trataremos sobre as justificativas e relevâncias quanto a escolha do nosso produto educacional, a maquete esquemática Sol-Terra-Terra, que utilizamos ao longo do minicurso.

5.3 Produto Educacional

O nosso produto educacional enquanto fruto de todo o nosso empenho e dedicação dentro do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física traz a elaboração e uso de uma maquete esquemática Sol-Terra-Lua proveniente de materiais de baixo custo, como sugestão para o estudo de tópicos da Astronomia e, principalmente, para estudar o movimento da Lua em torno da Terra e da Terra em torno do Sol, bem como as implicações desses movimentos na vida na Terra. Agregada ao uso da maquete apresentamos uma sequência didática baseada nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), ambas incorporadas em um material instrucional como sugestão de material de apoio que possa agregar à prática pedagógica dos docentes em sala de aula, segundo um formato virtual.

A nossa proposta parte do princípio de que a maquete é uma representação tridimensional, em escala reduzida, que permite ao observador a manipulação direta e a visualização imediata do objeto que se deseja estudar. Esse tipo de representação é muito útil quando se deseja estudar temas cujo embasamento teórico foi formulado, em sua maioria, pela observação ou por temas cujo estudo experimental exige recursos, humanos e/ou financeiros, não disponíveis. A Astronomia se enquadra nessa categoria de temas.

Acreditamos que produzir o conhecimento junto ao aluno através do uso de recursos como o da maquete esquemática pode ajudar a propiciar uma interação maior, uma melhor apropriação do conhecimento partindo da premissa de que o aluno, movido pela curiosidade e disposição, participe ativamente do processo. Outro aspecto relevante do uso da maquete, é poder facilitar a percepção da proximidade entre a teoria estudada e a prática, voltando nosso estudo com base no que ocorre em nosso cotidiano. Se os conceitos forem trabalhados sem esta relação cotidiana é possível e provável que tenhamos falhas no ensino e na aprendizagem, como corrobora Cordeiro:

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

Assim julgamos que esta sugestão, enquanto ferramenta didática e/ou material de apoio pode auxiliar a práxis de professores de Física que atuam na educação básica.

Com base no produto educacional proposto e nos instrumentos de coleta apresentados anteriormente, explicaremos a seguir um pouco mais sobre a metodologia, detalhando a sequência utilizada.

5.4 A Sequência de Ensino inspirada nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas

A sequência de ensino descrita a seguir, foi elaborada para ser aplicada durante um minicurso virtual que foi realizado em 3(três) encontros, onde cada encontro teve a duração de duas horas aulas, correspondendo a 50 min cada aula, adicionado de duas horas aulas de forma assíncrona, com um total de 8 horas aulas, tendo como público-alvo os alunos da primeira série do Ensino Médio. A seguir detalhamos melhor cada encontro.

O objetivo dessa sequência no formato da UEPS é ensinar tópicos importantes ao entendimento da Astronomia, a partir de assuntos como as duas teorias astronômicas geocentrismo e heliocentrismo, as Leis de Kepler, a Gravitação Universal e algumas curiosidades sobre o sistema solar e sobre o Universo enfatizando a sua estrutura e a sua dinâmica.

Sequência:

❖ Primeiro encontro

1. Definindo tópicos: De acordo com a proposta da UEPS, nesse primeiro passo deve ocorrer a definição dos tópicos de estudos, enfatizando os aspectos declarativos e procedimentais da proposta.

Nesse primeiro passo será apresentado aos alunos a proposta de intervenção, o cronograma de horários, os objetivos desse primeiro contato e as competências e habilidades a serem desenvolvidas. Segundo as competências e as habilidades propostas pela BNCC, cada componente curricular é fundamentada a partir delas, assim cada tema, assunto abordado é guiado por esses parâmetros que visam promover ao aluno um direcionamento do que deve ser aprendido/construído ao longo desse processo de aprendizagem, dessa forma antes de iniciar a apresentação dos tópicos a serem trabalhados foi apresentado aos alunos o objetivo geral da aula, assim como os componentes curriculares e suas respectivas competências e habilidades.

2. Conhecimentos prévios: Nesse segundo passo, a UEPS propõe que seja externalizado os conhecimentos prévios dos participantes, aceito ou não no contexto da matéria de ensino, podendo ocorrer através de discussões, questionários, mapas conceituais ou mentais, situação problemas, entre outros exemplos.

Dessa forma, ainda no primeiro encontro, se aplicou um questionário inicial com o objetivo de investigar os conhecimentos prévios dos participantes adquiridos em vivências cotidianas e/ou da formação durante o Ensino Fundamental (conhecimentos escolares ou não escolares). Com base na leitura das questões norteadoras do questionário prévio, os estudantes serão incentivados a registrarem suas respostas no diário de bordo. Os resultados das respostas dos participantes serão repassados por meio do aplicativo WhatsApp.

3. *Situações-problema:* Para este passo a UEPS sugere que sejam dispostas situações problemas em nível introdutório, com o objetivo de preparem os participantes frente aos conhecimentos que serão produzidos posteriormente.

Então, após o momento da aplicação do questionário prévio, a professora lançará alguns questionamentos relacionados a disciplina como organizadores prévios, que são como materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em nível mais alto de abstração. Serão listados os seguintes questionamentos:

- a) O que você entende por Astronomia?
- b) Onde se aplica a Astronomia?
- c) Quais exemplos de teorias astronômicas você já ouviu falar?
- d) O que explica os movimentos dos planetas em torno do Sol?
- e) Você já presenciou algo que possa remeter ao estudo da Astronomia?

Todas estas situações serão discutidas, inicialmente, em grande grupo com mediação docente, sem necessariamente chegar a respostas. Será solicitado os registros em diário de bordo pelos estudantes como norteador do processo avaliativo. Esse instrumento será útil para os participantes registrarem suas respostas, suas impressões, suas críticas e suas sugestões para o minicurso. Utilizaremos igualmente o diário de bordo para registrar nossas percepções durante todas as situações didáticas, anotando os acontecimentos ao longo da proposta de estudo. O caderno de campo será fundamental para registrarmos as informações surgidas na intervenção que apoiarão o processo de análise deste trabalho.

4. *Aprofundando conhecimentos:* Nesse passo é proposta a apresentação introdutória do conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, iniciando com aspectos mais gerais, viabilizando uma visão inicial do todo, e direcionando a abordagem dos aspectos mais específicos.

A professora fará a abordagem dos temas sobre as contribuições dos físicos Aristóteles, Tales de Mileto, Platão, Pitágoras, Anaximandro, Galileu Galilei, Isaac Newton, Albert Einstein para o pensamento físico e para a Astronomia. Esses conteúdos serão abordados mediante uma perspectiva histórica ressaltando as contribuições mais relevantes dos estudiosos à Astronomia. Serão explanados através de textos e slides, sendo estimuladas discussões no grande grupo. Ao final da introdução das contribuições destes físicos, será proposto o questionamento junto aos participantes sobre a validade das proposições

apresentadas pelas teorias e sua visão sobre até que ponto estas apropriações contribuíram para a ideia de Universo que temos atualmente. Essa etapa terá a duração de duas horas aulas, cada aula de 50 minutos totalizando 1h 40min.

❖ Segundo encontro

5. Nova situação-problema, em nível mais alto de complexidade: Nesse passo é sugerida pela UEPS que se retome os conceitos abordados inicialmente sob um nível mais alto de complexidade.

Após apresentação dos percursos metodológicos da aula, os objetivos e as competências e habilidades a serem desenvolvidas, será proposta a retomada dos assuntos abordados na aula anterior em um nível maior de complexidade, sendo inserido nesse momento o recurso didático adicional, a maquete esquemática do sistema Sol-Terra-Lua. Será explicado o processo de elaboração e montagem do protótipo, bem como serão explanados os seguintes temas:

- ✓ Os modelos de universo de Ptolomeu e Copérnico;
- ✓ A estrutura de organização do sistema solar (Planetas, luas, Sol).;
- ✓ O movimento da Lua em torno da Terra e da Terra em torno do Sol.
- ✓ Os movimentos entre Sol, Terra e Lua e as consequências desses movimentos
- ✓ As fases da lua, as estações do ano, os eclipses solares e lunares.

Nesse processo será trabalhada a reconciliação integrativa, que do ponto de vista instrucional, é um princípio programático no qual o ensino deve explorar relações entre ideias, conceitos, proposições e apontar similaridades e diferenças importantes, reconciliando discrepâncias reais ou aparentes, entre o que apresentaremos na maquete e o modelo real. Após esse estudo, os participantes serão solicitados a realizarem durante o próximo encontro uma atividade colaborativa, e para esse momento deverão providenciar alguns materiais de baixo custo para que seja construída a atividade, sendo os seguintes materiais: linha de algodão, barbante ou algum tipo de fitilho com um comprimento aproximado de 30cm, pincel ou caneta, uma folha A4 e 2 broches pequenos que servem para prender o barbante a folha.

Para finalizar esse segundo encontro, será proposto aos participantes uma outra atividade a ser feita de forma assíncrona, ou seja, uma atividade que deve ser feita sem dia ou horário definido, sem a necessidade de uma interação em tempo real. A atividade consta de uma pesquisa seguida da elaboração de um mapa mental. A relevância dessas atividades

justifica-se pela oportunidade que o participante tem de expor seus conhecimentos sobre os temas e de desenvolver uma atividade prática com base no conteúdo teórico abstraído. Essas atividades serão de fundamental importância para a nossa avaliação de aprendizagem. Essa etapa terá a duração de duas horas aulas de forma síncrona e duas horas aulas de forma assíncrona, totalizando 3h 20min.

❖ Terceiro encontro

6. Avaliação somativa individual: Nesse passo a sugestão é que seja aplicada algum tipo de avaliação que pode ser uma atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador.

O terceiro e último encontro terá como recursos didáticos uma atividade colaborativa simples que utilizará a manipulação de materiais de baixo custo para a construção de uma elipse e far-se-á o uso da maquete do sistema Sol-Terra-Lua e alguns slides para a abordagem dos tópicos sobre a Gravitação Universal e as Leis de Kepler.

Será realizado um momento de discussão entre o professor e os alunos sobre as contribuições de Galileu Galilei, Tycho Brahe e Johannes Kepler à Astronomia, em particular, aos estudos do movimento dos planetas em torno do Sol no esforço intelectual, observacional e experimental que resultou na construção de um novo cenário teórico sobre a estrutura do Universo rompendo com modelos defendidos por muito tempo de que a Terra era o centro absoluto enquanto os outros astros estavam encrustados em esferas.

Em seguida orientaremos a realização da atividade dinâmica que consistirá na elaboração de uma elipse como base para a explicação das Leis das órbitas e das áreas de Kepler, utilizando papel A4, pincel, um pedaço pequeno de fio de algodão e broches. Durante a abordagem das Leis de Kepler orientaremos os participantes a fazerem aproximações de como ocorre os movimentos dos planetas e de que forma orbitam o Sol implementadas na construção da maquete.

7. Aula expositiva dialogada integradora final: Nesse último passo, é sugerida a realização de uma aula que vise a conclusão da unidade temática, dando seguimento ao processo de diferenciação progressiva, retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora.

Após a abordagem das Leis de Kepler falamos sobre as contribuições de Galileu Galilei e Isaac Newton para a formulação da Lei da Gravitação Universal à luz de trechos do texto do livro “O céu” do autor Rodolpho Caniato, mais especificamente na seção ‘Assim no Céu como na Terra’, no capítulo 3 do livro, como representado de forma resumido no quadro (1) abaixo. Por sugestão, compartilhamos previamente os textos de forma digitalizada para a promoção de uma discussão crítica sobre essas contribuições. À medida que será feita a leitura em grupo, deverão ser promovidas as discussões finais para fechamento do momento, dando seguimento ao processo de diferenciação progressiva e retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão.

Finalizando o encontro e as possíveis discussões que possam surgir, será aberto um momento breve de escuta dos participantes sobre suas impressões, sugestões e compreensões acerca do foi trabalhado ao longo do minicurso. No final do encontro será disposto de forma digital um questionário final para que estes pudessem avaliar a metodologia e a proposta do minicurso. O tempo estimado para o terceiro encontro será de 1h 40min.

8. *A avaliação da aprendizagem através da UEPS:* deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado.

A avaliação da aprendizagem deverá estar baseada nas atividades feitas pelos participantes, nos diários de bordo dos participantes e nas observações feitas em sala de aula. As manifestações dos participantes serão escritas pelos mesmos mediante questionário final e entregue a professora, se houver aceitação.

9. *Avaliação da própria UEPS:* A UEPS sugere que considere para esta avaliação as evidências da aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema). A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais.

A avaliação da UEPS deverá ser feita em função dos resultados de aprendizagem obtidos. Avaliação oral e/ou escrita por parte dos alunos sobre as estratégias de ensino utilizadas e sobre seu aprendizado. Reformular algumas atividades, se necessário.

Total de horas-aula: 6 horas aulas de forma síncrona + 2 horas aulas de forma assíncrona = 8 horas aulas.

Quadro 1: Resumo do capítulo 3 do livro “O céu” do autor Rodolpho Caniato.

RESUMO DO CAPÍTULO 3	
ASSIM NO CÉU COMO NA TERRA	
CAPÍTULO 3	<p>Em suma, o capítulo 3 é organizado em: textos base que servem de orientação e para suscitar discussão entre os envolvidos tratando de temas relacionados as Leis básicas na Astronomia, acompanhados de atividades práticas, bem como traz também sessões com textos complementares para aqueles que buscam saber um pouco mais sobre os temas abordados. Dessa forma, este capítulo aborda sobre:</p>
	<p><i>O que os gregos pensaram e o que fizeram</i> Esse subtópico perpassa pela contribuição de vários físicos para um estudo mais completo da Astronomia assim como as ideias e observações realizadas por estes, indo desde a antiguidade dos povos babilônios e egípcios com uma compreensão de mundo baseado em sua religiosidade e crenças, citando as ideias dos gregos Platão, Aristóteles, Eudoxos e Aristarco de Samos, chegando até Erastóstenes de Alexandria. Dentro desse subtópico são propostas duas atividades sobre a descoberta de Aristarco e da determinação do raio da Terra de Erastóstenes.</p>
	<p><i>A troca da terra pelo Sol: Copérnico</i> Aborda sobre os modelos do sistema solar denominados Geocentrismo e Heliocentrismo. Trata também sobre as descobertas feitas por Nicolau Copérnico acompanhada de uma atividade que trata da determinação do Raio da órbita do planeta Vênus e uma subseção com um texto informativo sobre a relação entre o período (o tempo) aparente, o período verdadeiro e a unidade de tempo.</p>
	<p><i>Uma grande dupla: Brahe e Kepler</i> Trata resumidamente do brilhantismo de Brahe e Kepler diante da precisão de suas medidas quanto ao movimento dos planetas que compõem o sistema solar naquela época. Aborda também sobre as três Leis de Kepler, seguido se uma subseção com informes extras sobre cada lei e uma atividade proposta para ser realizada de forma prática.</p>
	<p><i>A revolução de Galileu</i> Nesse subtópico são introduzidas as contribuições de Galileu Galilei e de Giordano Bruno; as descobertas em relação as luas de Júpiter, a invenção da luneta, as fases de Vênus e as manchas solares. Sobre esse contexto o autor disponibiliza duas atividades práticas intituladas as fases de Vênus e queda de dois corpos de pesos diferentes. Ainda encontramos um pequeno texto informativo ilustrando como ocorre o princípio da independência dos movimentos dos corpos, seguido de uma atividade sobre composição de movimentos e um texto complementar sobre velocidade orbital dos planetas.</p>
	<p><i>Então, apareceu Newton</i> Por fim esse subtópico disserta sobre as principais contribuições de Isaac Newton para a Mecânica e para a Astronomia, citando as leis do movimento e a Lei da Gravitação escritas por ele. E ainda encontramos uma atividade prática intitulada aceleração dos planetas ao redor do Sol e um texto complementar que explica como determinar a massa do Sol e de outros corpos celestes através das Leis de Newton.</p>

Fonte: O próprio autor.

Abaixo, no quadro (2), apresentamos um esquema sintetizando cada momento que foi desenvolvido na aplicação do minicurso.

Quadro 2: Resumo da sequência didático-pedagógica aplicada

SEQUÊNCIA DIDÁTICO-PEDAGÓGICA				
Encontros	Duração	Recursos Didáticos	Conteúdos	Metodologia
Primeiro	1h40min	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Apresentação em Power Point; ❖ Papel A4 ❖ Caneta 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ O que estuda a Astronomia? ❖ Os povos antigos e suas contribuições; ❖ Os modelos do Sistema Solar e suas teorias; 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Apresentação da proposta, das competências e habilidades para essa aula; ❖ Aplicação de questionário prévio de forma oral; ❖ Apresentação do panorama histórico e das contribuições de físicos, filósofos e astrônomos que contribuíram para a Astronomia, com a utilização de apresentação em Power Point. ❖ Discussão sobre os modelos cosmológicos.
Segundo	1h40min	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Apresentação em Power Point; ❖ Maquete 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ O movimento da Lua em torno da Terra ❖ O movimento da Terra em torno do Sol ❖ As consequências dos movimentos da Lua, Terra e Sol; 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Apresentação das competências e habilidades para essas aulas; ❖ Apresentação da maquete esquemática relacionando o Sol, a Terra e Lua; ❖ Abordagem breve sobre os elementos que compõem o Universo: estrelas, planetas, satélites naturais, asteroides, meteoros, galáxias. ❖ Estudo sobre os movimentos dos astros (translação e rotação), os eclipses lunares e solares, as estações dos anos e as fases da lua através da maquete. ❖ Aplicação de atividade domiciliar para os alunos.
Terceiro	1h40min	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Apresentação em Power Point ❖ Uso da Maquete ❖ Papel A4 ❖ Caneta ❖ Fio de algodão ❖ Broches 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Galileu Galilei ❖ Tycho Brahe ❖ Johannes Kepler ❖ Isaac Newton ❖ As Leis de Kepler ❖ A Gravitação Universal 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Apresentação das competências e habilidades para essas aulas; ❖ Estudo sobre os físicos já citados; ❖ Estudo sobre As Leis de Kepler; ❖ Desenvolvimento de atividade dinâmica; ❖ Estudo das contribuições de Galileu Galilei e Isaac Newton para a Gravitação Universal; ❖ Encerramento do minicurso e aplicação de questionário final.

Fonte: Autora.

A seguir, apresentamos como desenvolveu-se a nossa intervenção didático-pedagógica no formato de minicurso, além dos resultados e análises obtidos ao longo do processo de aplicação.

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A intervenção aconteceu por meio de um minicurso virtual intitulado Viajando pela Astronomia (foi de forma remota porque enfrentamos inesperadamente o cancelamento das aulas presenciais diante da pandemia iniciada em março de 2020). O minicurso teve duração de 8 horas aulas, sendo 6 horas aulas dispostas de forma síncrona e 2 horas aulas de atividades assíncronas. O minicurso foi realizado em uma semana, intercalando entre segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira, mais especificamente nos dias 11, 14 e 16 de setembro no ano de 2020. Para a realização do minicurso seguimos a sequência didática baseada nas UEPS descrita na seção 5.4 deste trabalho. A seguir descreveremos as etapas do minicurso bem como as nossas interpretações sobre a intervenção pedagógica.

6.1 Primeiro Encontro

No primeiro encontro, aplicamos os primeiros 4 passos da sequência didática da UEPS. A princípio, mediante o primeiro passo da sequência, foi apresentada aos participantes a proposta de intervenção, o cronograma de horários, os tópicos dos conteúdos a serem abordados (explicitados na seção 5.4) e as competências e habilidades que seriam explorados no desenvolvimento das aprendizagens dos alunos sobre o estudo da Astronomia. Foi proposto para os estudantes a utilização de um caderno de campo ou um diário de bordo para que pudessem registrar ali suas impressões, suas críticas e suas sugestões quanto a metodologia adotada e a proposta de trabalharmos tópicos de Astronomia, à luz do uso de uma proposta experimental, no caso o uso de uma maquete esquemática do modelo Sol-Terra-Lua em uma perspectiva investigativa e lúdica.

No segundo passo ainda no primeiro encontro, se aplicou, de forma oral, um questionário prévio para que pudéssemos perceber os conhecimentos que os participantes traziam consigo sobre Astronomia, seja resultante das suas vivências ou do conhecimento adquirido nos anos anteriores no Ensino Fundamental. Nesse momento, em meio ao encontro virtual, foi preferido fazer a leitura das questões norteadoras do questionário prévio de forma oral e os alunos iam anotando as suas respostas no diário de bordo, repassando posteriormente para a professora através do contato telefônico via aplicativo WhatsApp. O objetivo aqui foi perceber os conhecimentos trazidos pelos participantes advindo de suas experiências e vivências pessoais, para produzir o desenvolvimento de novos conhecimentos.

O questionário continha desde perguntas mais subjetivas como por exemplo, se eles gostavam de estudar física ou se já haviam estudado sobre Astronomia antes, até questões mais objetivas a respeito de assuntos geralmente abordados no estudo da Astronomia como, o que trata cada uma das três Leis de Kepler ou o que a Lei da Gravitação Universal de Newton aborda. O questionário na íntegra pode ser observado no apêndice A deste trabalho. A partir dos resultados fizemos a análise de algumas respostas obtidas pelos participantes. Para facilitar nossa compreensão para a representação da fala dos participantes usamos, para preservar a identidade dos sujeitos participantes a representação do nome do aluno de maneira sigilosa, colocando as iniciais do seu nome, por exemplo, Maria Thaís França Coelho, como aluna MTFC.

Tivemos algumas respostas quanto a pergunta 1 do questionário:

Quadro 3: Respostas dos participantes quanto à pergunta 1 citada no Apêndice A.

Pergunta 1	❖ <i>Você gosta de estudar a disciplina de Física? Justifique.</i>
Respostas	
- Participante ATAO:	<i>“Estudo, porém, não gosto. Acho a matéria difícil demais.”;</i>
- Participante PAM:	<i>“Sim, porque a Física é uma descoberta nova, há explicação para várias coisas que existem no Universo.”;</i>
- Participante SSRS:	<i>“Sim, gosto.”</i>

Fonte: A própria autora.

Com isso percebemos que a disciplina (componente Física), para alguns dos participantes, ainda é considerada uma disciplina chata, difícil e tediosa. Entendemos que várias situações podem acabar contribuindo para essa aversão quanto a disciplina, como por exemplo, o rigor teórico, o tratamento excessivamente matemático, assuntos desconectados com o contexto da realidade dos alunos e outros, como já elencado ao longo desse trabalho as justificativas que nos levam a esta posição. O objetivo aqui é explicitar que essa realidade ainda é percebida no nosso atual cenário educacional e em tempos de aulas que acontecem de forma remota especulamos que o ensino tradicional por meio de tecnologias digitais pode estar acontecendo.

Considerando a pergunta 3 do questionário aplicado, analisaremos o grau de conhecimento dos participantes diante da temática Astronomia. Vejamos:

Quadro 4: Respostas dos participantes quanto à pergunta 3 citada no Apêndice A.

Pergunta 3 Respostas	❖ <i>Você sabe o que a Astronomia estuda?</i>
- Participante ATA0:	<i>“Sim, estuda os corpos celestes.”</i>
- Participante PAM:	<i>“Sim, porque a Física é uma descoberta nova, há explicação para várias coisas que existem no Universo.”</i>
- Participante MAV:	<i>“Sim, a Astronomia é o estudo que fala sobre os astros, os planetas, o Universo e como tudo se formou.”</i>
- Participante SSRS:	<i>“A astronomia é o estudo do Universo.”</i>
- Participante GPO:	<i>“Estrela, planetas, cometas, galáxias, entre outros.”</i>

Fonte: A própria autora.

Através das respostas do questionário inicial, das discussões promovidas ao longo da aula e de anotações feitas no diário de bordo do professor percebeu-se que de um total de 8 participantes, 4 deles manifestou já ter estudado em algum momento de sua etapa escolar sobre o tema (mesmo não obtendo respostas mais completas sobre em que momento da vida se depararam com essas discussões). Outros 2 participantes apontaram não ter a oferta do conteúdo em anos anteriores em seu percurso escolar e os 2 participantes restantes colocaram que estudaram simplificada sobre tópicos da Astronomia já nessa primeira série do Ensino Médio do ano de 2021 corrente, com bastante superficialidade, dentro da componente curricular Gravitação Universal na disciplina de Física.

Desta forma podemos perceber que a despeito do que é preconizado em documentos oficiais como a Base Nacional Comum Curricular e na maioria dos livros didáticos os únicos assuntos tratados nessa etapa da primeira série do ensino médio, muitas vezes se restringem ao tema Gravitação Universal e as Leis de Kepler sem vínculo com uma discussão histórica e epistemológica sobre a construção desse conhecimento. Muito embora, tenhamos que considerar que ainda existam realidades que nem esses conteúdos são abordados (baseado em nossas experiências docentes em geral a Astronomia não é integrada nos programas da componente Física). Quando raras as exceções os alunos já chegam à etapa do Ensino Médio, tendo visto uma base sobre Astronomia no Ensino Fundamental. Vale salientar que o trato da Astronomia, já no Ensino Fundamental, é sugerido desde os antigos Parâmetros Curriculares Nacionais voltados para o Ensino Fundamental, a partir do eixo Terra, Vida e Universo atualmente reforçada nas normativas presentes na BNCC para o Ensino Fundamental na área de ciências da Natureza.

Quando indagados sobre o que os participantes esperavam da proposta de trabalhar um conteúdo de Física através do uso de maquete, obtivemos o seguinte:

Quadro 5: Respostas dos participantes quanto à pergunta 5 citada no Apêndice A.

Pergunta 5	❖ <i>Você acredita que possa aprender um pouco sobre Astronomia através do uso de uma Maquete mesmo de forma virtual?</i>
Respostas	
- Participante PAM:	<i>“Sim, porque as maquetes podem facilitar juntos com os exemplos.”</i>
- Participante GPO:	<i>“Acredito que sim, pois é uma forma mais dinâmica.”</i>

Fonte: A própria autora.

Percebemos que os 8 participantes foram unânimes ao responder que acreditam aprender através da utilização de maquetes. Nessa perspectiva, percebemos um enorme potencial quanto ao uso de recursos como a maquete, o que corrobora com a nossa análise de que é perceptiva a alegria e a empolgação dos participantes quando sugerido o uso de uma maquete esquemática como ferramenta didática ao longo das aulas. Alguns dos participantes afirmaram não ter passado por essa experiência antes.

Outras respostas que nos chamou a atenção foram referentes as perguntas 7, 8 e 9:

Quadro 6: Respostas dos participantes quanto à pergunta 7 citada no Apêndice C.

Pergunta 7	❖ <i>Você já ouviu falar sobre Gravitação Universal?</i>
Respostas	
- Participante PAM:	<i>“Sim, aliás estudei isso mês passado.”</i>
- Participante GPO:	<i>“Sim, um pouco.”</i>

Fonte: A própria autora.

Quadro 7: Respostas dos participantes quanto à pergunta 8 citada no Apêndice C.

Pergunta 8	❖ <i>Você conhece as três Leis de Kepler?</i>
Respostas	
- Participante ATA0:	<i>“Já estudei as Leis de Kepler.”</i>
- Participante MAV:	<i>“Sim. 1ª Lei das órbitas, 2ª Lei das áreas e 3ª Lei dos períodos.”</i>
- Participante GPO:	<i>“De certa forma sim. Pretendo saber mais.”</i>

Fonte: A própria autora.

Quadro 8: Respostas dos participantes quanto à pergunta 9 citada no Apêndice C.

Pergunta 9	❖ <i>O que você entende por Gravidade?</i>
Respostas	
- Participante ATA0:	<i>“Uma das forças da natureza.”</i>
- Participante PAM:	<i>“Gravidade é a força que atrai dois corpos.”</i>
- Participante MAV:	<i>“É uma força em relação a um objeto.”</i>
- Participante SSRS:	<i>“Gravidade é uma força da natureza.”</i>
- Participante GPO:	<i>“É uma das quatro forças fundamentais da natureza.”</i>

Fonte: A própria autora.

A partir das respostas dos participantes através do questionário podemos perceber que 7 participantes já possuíam uma noção do conteúdo de Gravitação Universal e sobre as Leis de Newton e 1 único participante afirmou não ter estudado sobre o assunto anteriormente. E na última pergunta, podemos perceber que em sua maioria, os participantes possuem noções básicas sobre o assunto que estamos propondo, todavia vemos aqui a necessidade de aprofundamento conceitual científico sobre os assuntos apontados.

No terceiro passo da sequência desse primeiro encontro, que sugere a disposição de situações problemas em nível introdutório, com o objetivo de preparar os participantes frente aos conhecimentos que serão produzidos posteriormente, discurremos de alguns questionamentos introdutórios aos temas seguintes mediado de forma coletiva promovendo um momento de discussão e equilibração de ideias. No quarto passo, abordamos um pouco da história que se desenvolveu ao longo da construção da Astronomia atual, colocando as contribuições de físicos, astrônomos e filósofos a Astronomia, através da projeção de apresentações em Power point (usamos como referência o capítulo sobre os aspectos históricos desenvolvidos no capítulo 4 desta dissertação). Nesse processo, à medida que ocorria a explanação, algumas informações relevantes eram anotadas no diário de bordo.

Das informações anotadas destacamos uma colocação feita pelos alunos de que gostariam de ter a Astronomia como uma disciplina em suas escolas. Retrataram que a noção que têm sobre o tema é devido ao estudo recente das Leis de Kepler na disciplina/componente curricular de Física. Foi possível perceber que apesar de terem pouca familiaridade, os participantes apresentaram disponibilidade de conhecer mais sobre o assunto. Encerrado esse momento de interação e conclusão da explanação dos assuntos direcionamos os tópicos a serem abordados no encontro seguinte.

6.2 Segundo Encontro

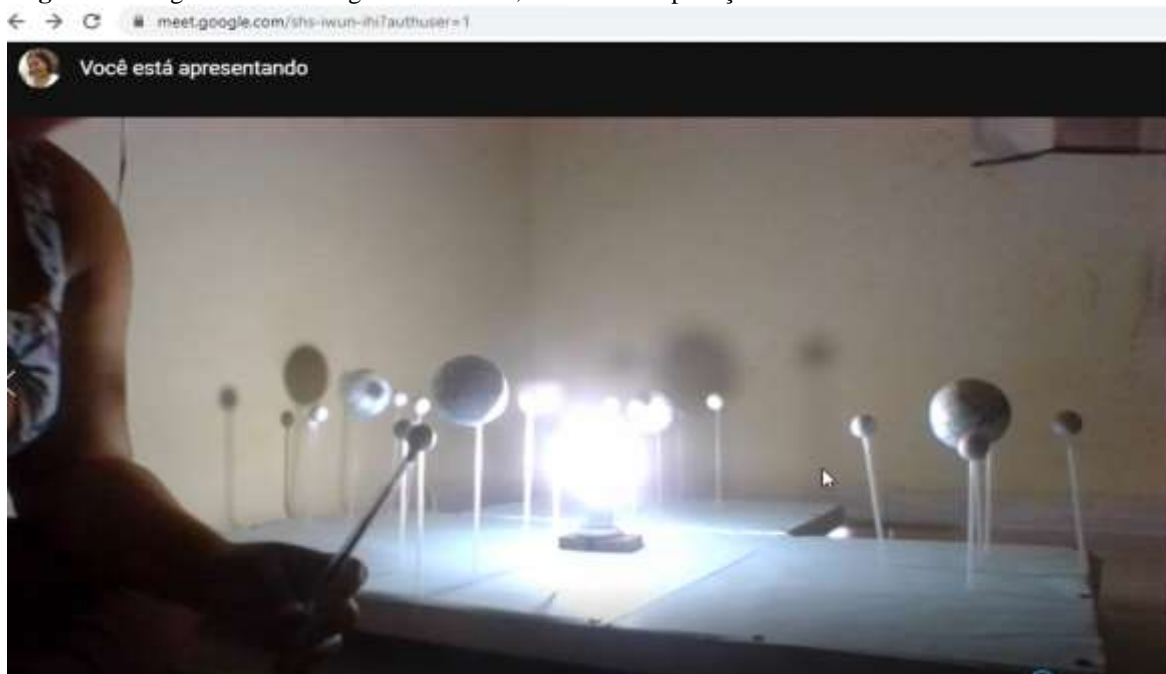
No segundo encontro, que compreende o quinto passo da sequência UEPS, após a revisão dos questionários prévios, apresentamos as competências, habilidades necessárias que os estudantes deveriam construir/desenvolver ao longo do processo de aprendizagem e os objetivos da aula. Seguiu-se a esse momento a introdução e apresentação da maquete esquemática Sol-Terra-Lua, bem como os materiais utilizados para a sua confecção. Explicamos sobre as posições relativas entre o Sol, a Terra e a Lua e, os movimentos que seriam demonstrados através da maquete. Essa aula foi pensada para que o conteúdo

abordado estivesse aliado a demonstração da maquete. Os assuntos abordados nessa aula foram:

- os modelos do Sistema Solar de Ptolomeu e Copérnico;
- os movimentos relativos entre o Sol, a Terra e a Lua; as fases da lua;
- o efeito das marés;
- as estações do ano;
- os eclipses solares e lunares.

Destacamos que alguns participantes interagiram na aula através de perguntas a respeito dos eclipses e dos movimentos dos astros envolvidos, disseram compreender com maior facilidade a explicação através da maquete. Segundo o participante DAS: ‘fica bem mais explicado dessa forma!’, diz. Essa aula foi bastante produtiva no que corresponde a provocação de discussões e despertar da curiosidade através da ferramenta adotada. Podemos verificar um registro de imagem quando ocorria a intervenção na figura (13) abaixo.

Figura 13: Registro feito no segundo encontro, em meio a explicação feita de forma virtual.



Fonte: A própria autora.

Ainda durante a explanação dos assuntos utilizando a maquete, os participantes manifestaram curiosidade sobre a ocorrência dos fenômenos e citaram situações cotidianas nas quais haviam detectado alguns dos fenômenos citados. Entendemos que despertar a curiosidade dos alunos e a possibilidade de associar os conteúdos estudados aos fenômenos

do cotidiano devem ser um dos objetivos principais de um professor de Ciências, em particular de Física. Esse aspecto torna-se valioso e relevante quando pretendemos fazer um elo entre a teoria e a prática, romper com a linha imaginária que divide sala de aula da realidade cotidiana, em outras palavras, ir além dos muros da escola.

Durante esse momento, fizemos o uso da reconciliação progressiva junta aos temas, ao ponto em que discutíamos as similaridades e diferenças importantes, reconciliando discrepâncias reais ou aparentes, entre o que apresentaremos na maquete e o modelo real.

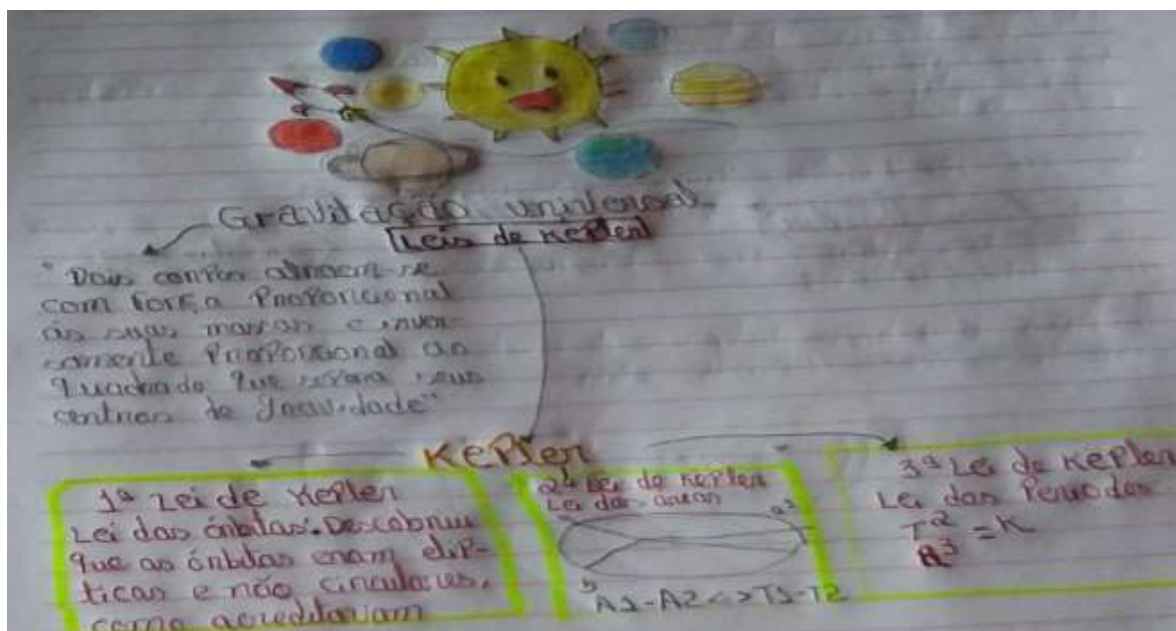
Encerrado esse momento de explanação e de interação, procuramos propor uma atividade de pesquisa na qual os participantes deveriam elaborar um mapa mental (um recurso para representarem os conhecimentos adquiridos sobre o estudo da Astronomia). O uso de mapas mentais são citadas enquanto ferramentas pela própria Metodologia das UEPS, e existem diversas formas de representação de mapas mentais, porém nosso intuito aqui foi perceber como os participantes dispunham da representação dos seus conhecimentos absorvidos/produzidos. Este mapa foi elaborado de forma individual abordando alguns dos temas do terceiro encontro. Solicitamos que os mapas mentais fossem entregues antes do terceiro encontro e que os participantes providenciassem alguns materiais de baixo custo para uma atividade prática a ser realizada no encontro seguinte. Os materiais solicitados foram:

- papel A4,
- caneta ou pincel,
- fio de algodão ou semelhante
- pequenas brochas

6.3 Terceiro Encontro

Nesse terceiro encontro, fundamentado nos passos seis, sete e nove da sequência UEPS, já estando de posse dos 8 mapas mentais enviados pelos participantes, percebemos quão rica e produtiva foi a proposta da pesquisa prévia dos temas. Os participantes, após um breve período de pesquisa utilizando os recursos disponíveis em suas realidades domiciliares, e ainda de forma assíncrona, realizaram boas representações do conhecimento obtido, podemos assim interpretar através dos exemplos de algumas das representações criadas pelos participantes nas figuras (14) e (15). É possível perceber ainda que na escrita de cada definição das Leis de Kepler e da Gravitação Universal houve uma boa aproximação com o que de fato trata cada Lei.

Figura 14: Registro de alguns mapas mentais feito pelos participantes antes do terceiro encontro.



Fonte: A própria autora.

Figura 15: Registro de alguns mapas mentais feito pelos participantes antes do terceiro encontro.

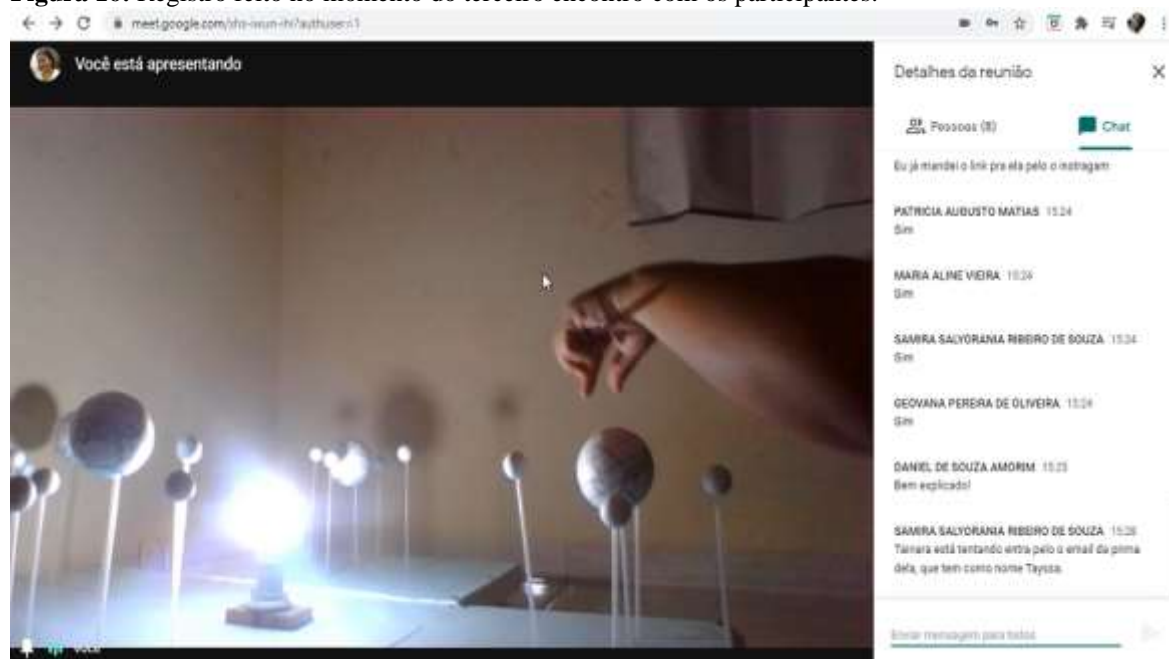


Fonte: A própria autora.

Constatamos ainda que através dessa metodologia de representação do conhecimento, os participantes puderam explorar e desenvolver a sua criatividade propiciando assim um interesse em aprender e um protagonismo ativo ao desempenharem essa tarefa.

Iniciamos o terceiro momento junto aos participantes citando as competências, habilidades a serem desenvolvidas na aula, bem como os objetivos norteadores desse encontro. No intuito de consolidar os conhecimentos representados nos mapas mentais dos participantes e problematizar os seguintes assuntos: as Leis de Kepler e contribuições de Galileu Galilei, Tycho Brahe, Johannes Kepler e Isaac Newton, fizemos o uso da maquete esquemática Sol-Terra-Lua para o desenvolvimento da concepção de funcionamento do universo, como podemos perceber na figura (16). À medida que se explanava os assuntos através do uso da maquete para exemplificar de forma prática algumas leis, foi possível fomentar nos participantes questionamentos acerca das aplicações e das possíveis limitações do emprego destas.

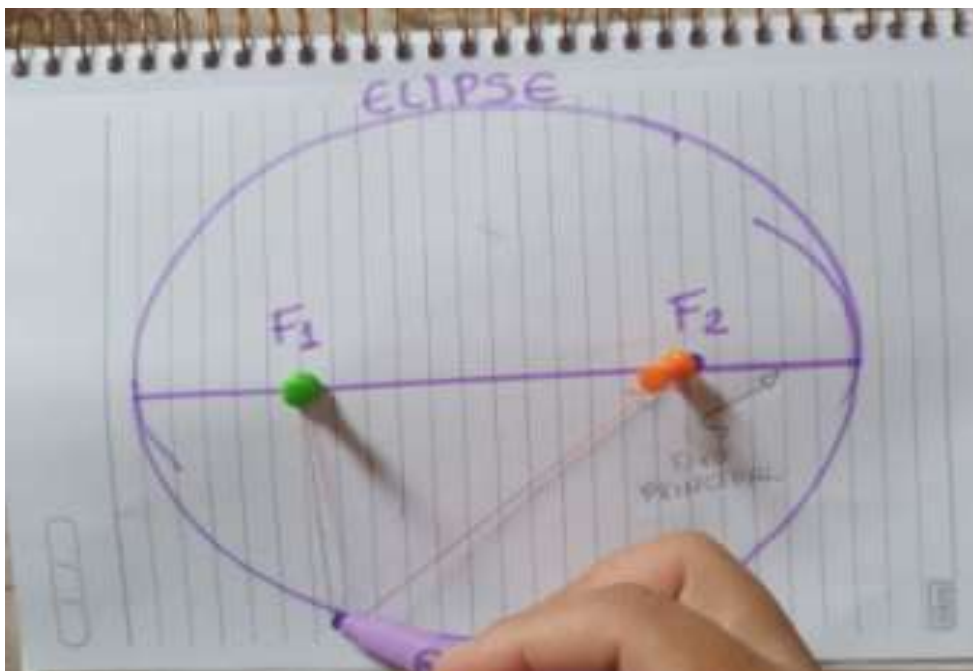
Figura 16: Registro feito no momento do terceiro encontro com os participantes.



Fonte: A própria autora.

Mediante o sexto passo da sequência UEPS que propõe nesse momento a aplicação de uma atividade colaborativa como método de avaliação, com a finalidade de promover entre os participantes uma integração social, foi proposto aos participantes a atividade prática que consistia na representação de uma elipse utilizando os materiais solicitados no encontro anterior. Além do desenho da elipse, foram destacados os elementos relevantes para a formulação e para o emprego das Leis de Kepler a partir desse recurso. Podemos observar na figura (17) o exato momento em que ocorria a execução dessa atividade colaborativa:

Figura 17: Registro feito no terceiro encontro, em meio a aplicação de atividade prática.



Fonte: A própria autora.

Durante o processo de execução da atividade, anotamos no diário de campo a seguinte percepção sobre a realização desta situação: “Esse momento foi bem descontraído, pois os participantes manifestaram empolgação ao realizar a atividade, discutiram os formatos dos seus desenhos e lançaram sugestões de outros tipos de materiais que poderiam ser utilizados, além disso demonstraram entender de maneira mais fácil como funcionavam as leis de Kepler.” Segundo o participante ATA0 pontuou: “Agora entendo melhor como que funciona essas leis.” diz.

Atendendo ao sétimo passo da sequência UEPS que visa além da conclusão do assunto proposto, o processo de diferenciação progressiva, retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém sob uma perspectiva integradora. Em meio a abordagem das Leis de Kepler fornecemos digitalmente uma cópia do texto que tratava das contribuições de Galileu até Newton, seção ‘Assim no Céu como na Terra’, presente no capítulo 3 do livro “O céu” do autor Rodolpho Caniato, para que fosse realizada uma leitura complementar coletivamente. A leitura foi realizada de forma compartilhada entre os participantes, com pausas intercaladas para discussão das ideias abstraídas.

Em nossos registros deste momento didático percebemos que mesmo existindo uma falta de domínio sobre alguns aspectos do assunto nesta intervenção a maioria dos alunos manifestaram interesse em conhecer o percurso histórico que culminou na estruturação de Leis e Teorias sobre o funcionamento do universo. Por exemplo o estudante (ALUNO

ATAO) disse: “Seria bem legal que mulheres tivessem contribuído dessa forma como eles, pretendo um dia ser astrônoma e fazer algo assim para ser lembrada!”.

O comentário do participante ATAO, nos remete a acreditar que trabalhar temas como a Astronomia de uma forma diferenciada, pode favorecer o desenvolvimento de ideias que venham a contribuir positivamente para o despertar para o gosto para o estudo das Ciências Naturais, ou até mesmo encorajar os estudantes a poderem investir na carreira científica tão necessária em nosso país que revela pouca procura pelos jovens para as áreas das exatas.

Finalizando o encontro e as discussões despertadas no momento, considerando o passo nove da sequência que propõe uma avaliação da metodologia utilizada, aplicamos um questionário final no qual os participantes puderam registrar suas impressões e sugestões sobre o minicurso. Por meio do questionário, os participantes tiveram a oportunidade de avaliar a metodologia e a proposta de estudar tópicos de Astronomia em um minicurso através do uso de uma maquete esquemática.

Mediante o questionário final aplicado, apresentamos algumas das respostas dos participantes sobre a metodologia e a proposta aplicada.

Quadro 09: Respostas dos participantes quanto à pergunta 1 do questionário final, citada no Apêndice A.

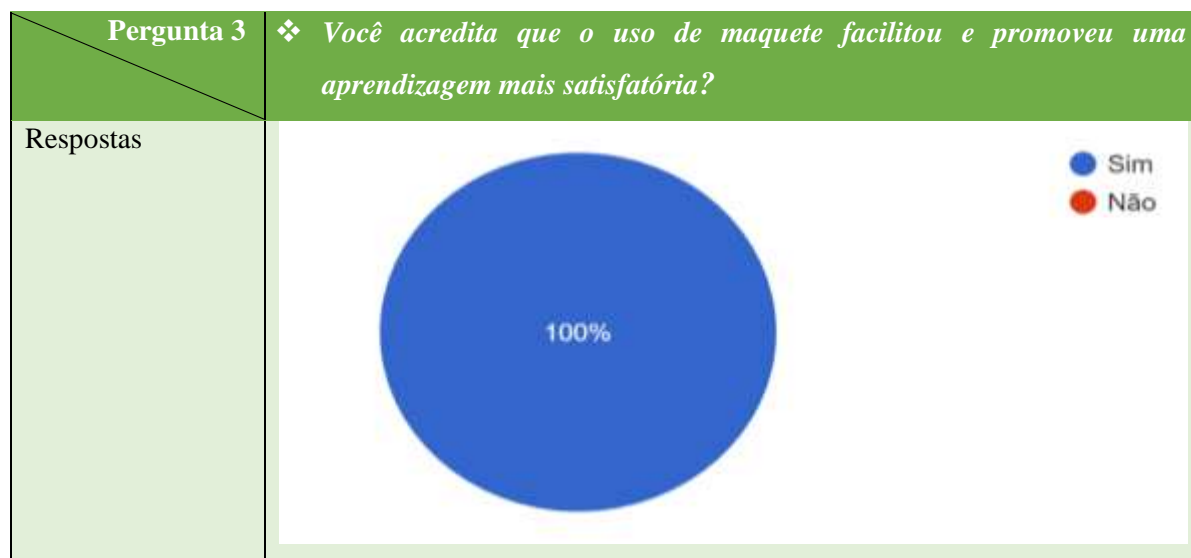


Fonte: A própria autora.

A partir do gráfico da pergunta 1, podemos considerar que através da proposta, a maioria dos participantes se sentiram mais motivados a estudar assuntos da disciplina de Física. Apesar de não termos obtido uma satisfação de 100% para os participantes, não

podemos desconsiderar que existem diversos fatores que podem influenciar diretamente a não afeição individual pela Física. No entanto, o caminho para despertar em nossos alunos uma maior aceitabilidade à disciplina é árduo e longo, nos resta rever pontos que necessitem ser ajustados para conseguirmos um melhoramento nesse aspecto.

Quadro 10: Respostas dos participantes quanto à pergunta 3 do questionário final, citada no Apêndice A.



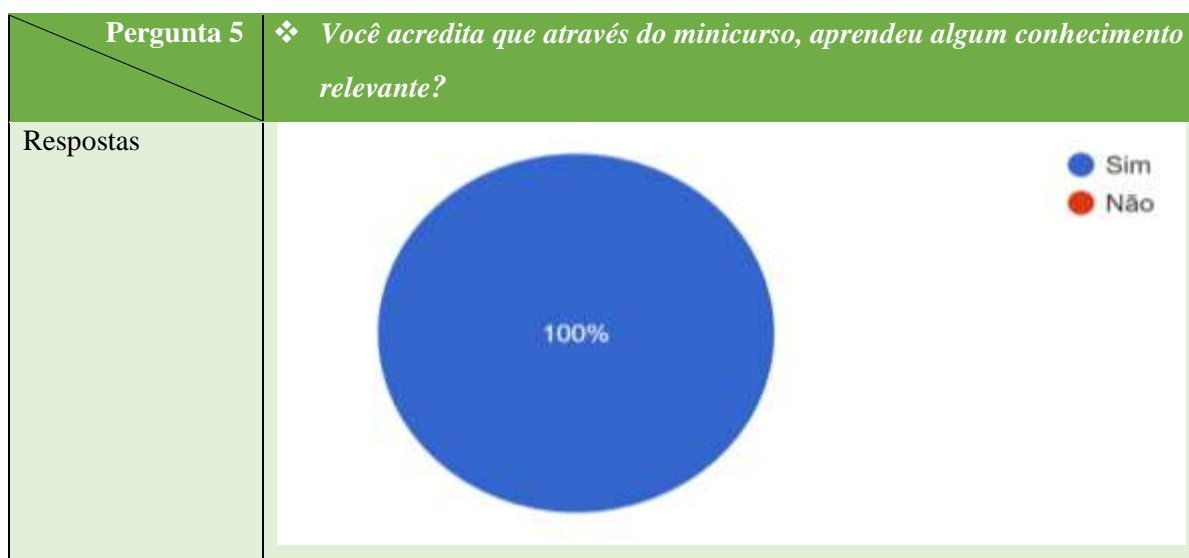
Fonte: A própria autora.

No que tange as respostas dos participantes quanto ao uso de maquete como ferramenta pedagógica, temos que 100% (todos os participantes) afirmaram que essa ferramenta ajudou bastante para que tivessem um melhoramento quanto ao conhecimento adquirido. O que possibilita perceber que a nossa proposta se torna bastante viável e traz resultados satisfatórios quanto ao processo de aprendizagem dos nossos alunos, facilitando a abstração do conhecimento e proporcionando um dinamismo as nossas aulas.

Quanto a proposta do estudo da Astronomia enquanto assunto de Física, obtemos as seguintes respostas:

Quadro 11: Respostas dos participantes quanto à pergunta 4 do questionário final, citada no Apêndice A.

Fonte: A própria autora.

Quadro 12: Respostas dos participantes quanto à pergunta 5 do questionário final, citada no Apêndice A.

Fonte: A própria autora.

Os resultados nos permitem concluir que a proposta aqui defendida de estudar Astronomia, com base na metodologia empregada, se faz bastante satisfatória. Apesar de não dispormos de mais tempo para a realização da proposta, por vários motivos, vemos como é importante utilizar-se de diversas ferramentas em sala de aula, seja a partir do uso da pesquisa, do uso da maquete, do emprego de mapas mentais ou até mesmo através de leituras complementares, é possível promover uma aprendizagem rica, dinâmica e que possa despertar nos nossos alunos o aflorar de ideias ou soluções a serem empregadas no seu cotidiano. Vemos como promissor também a aplicação dessa proposta em uma aula, nos

moldes atuais em sala de aula, onde as ferramentas digitais podem contribuir de forma eficaz para a promoção dessa aprendizagem.

Para finalizar, no questionário foi proposta uma pergunta mais subjetiva direcionada as impressões que a proposta do minicurso despertou nos participantes. Vejamos algumas respostas:

Quadro 13: Respostas dos participantes quanto à pergunta 6 do questionário final, citada no Apêndice A.

Pergunta 6	❖ <i>Descreva em palavras a sua avaliação a respeito da metodologia e ao tema abordado no minicurso.</i>
Respostas	<i>“Eu sou muito fascinada por Astronomia, então não tenho críticas voltada para o tema abordado, pois, o mesmo me fez querer saber mais e mais. Um modo muito criativo de se trabalhar, acredito eu, que é usando coisas que chamem atenção da turma, e a maquete e a forma (metodologia) que você nos trouxe, me chamou bastante a atenção! O curso foi satisfatório demais, acredito que para todos. Um trabalho excelente. A crítica já foi levantada durante a aula, que foi a pouca duração de curso!”</i>
	<i>“Eu gostei bastante do mini curso, aprendi coisas interessantes. Complementou outras coisas já estudada! Ameiiiiiii.”</i>
	<i>“A metodologia aplicada ao curso foi perfeita, a maquete facilitou o entendimento em relação ao assunto, os temas estudados foram muito bem explicados, apesar que o tempo foi pouco pra abranger tudo sobre a astronomia, mais foi muito bom, eu aprendi várias coisas novas que só em olhar pro livro não daria pra entender direito, mais graças a esse minicurso ficou tudo claro e além da professora ser uma excelente pessoa que explica muito bem, parabéns, eu amei essa experiência, e estou esperando para embarcar em outra nova aventura que facilite essa paixão astronômica</i>
	<i>“A metodologia empregada nas aulas referente a astronomia foi incrível, na minha opinião aprendi muito mais com maquete, o mapa mental, mas também aprendi bastante nesses três dias. Foi certamente um grande aprendizado [...], e aprendi a entender a física de uma forma menos complicada.”</i>
	<i>“A forma que foi ensinada, ajudou na forma de aprender. Ou seja, foi mais dinâmico e isso tornou interessante as aulas.”</i>

Fonte: A própria autora.

Destarte, a partir das respostas dos participantes, notamos que a proposta foi significativa e enriquecedora. Vale ressaltar que os participantes durante todos os momentos se mostraram atentos e interativos ao processo.

No capítulo 7 que segue, além de registrar nossas considerações sobre a nossa proposta e sobre os resultados alcançados, buscamos responder as questões que nortearam o nosso trabalho.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo destina-se a registrar as considerações finais sobre a proposta de abordar tópicos de Astronomia para alunos da primeira série do Ensino Médio por meio de um minicurso online (em momentos de aulas remotas), utilizando uma maquete do sistema Sol-Terra-Lua. A proposta teve como referencial teórico as competências e habilidades preconizadas nos documentos da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional 9.394/96 (LDB) e nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) da Educação Básica de 2017. Para fins avaliativos utilizamos dois tipos de questionários, um questionário antes da intervenção e outro questionário posterior a culminância da intervenção, bem como o uso dos diários de bordos e a construção de mapas mentais.

Pensada inicialmente como uma metodologia que venha a promover uma melhoria quanto a prática de ensino em sala de aula, a proposta buscou promover aos alunos uma maior interação, participação e uma melhor aprendizagem dentro da disciplina de Física. Partindo dessa prerrogativa, a proposta surge como uma sugestão de prática didática para outros professores que desejarem reproduzi-la, considerando inclusive a possibilidade de ser modificada quanto ao seu formato em detrimento de adequação às mais diversas realidades escolares.

A maleabilidade da proposta, leva em consideração as problemáticas vivenciadas tanto por professores, a citar à falta de recursos que propicie uma ludicidade em sala de aula, como por parte dos alunos que apresentem uma aversão à disciplina de Física. A ideia consiste em instigar nos alunos uma melhor aceitação quanto a disciplina a partir do estudo da Astronomia que, como já enfatizado, é um tema que tende a propiciar discussões que enriquecem o saber científico dos alunos e uma intensa curiosidade de desvendar o mundo gigantesco à nossa volta, tendo em vista que apesar da constante evolução da tecnologia existem questões que necessitam serem respondidas. Assim promover uma forma de educar pautada no afloramento de ideias pode contribuir para desencadear a formação de novos cientistas, novos professores e consequentemente o avanço da Ciência.

É preciso reinventar as nossas práticas, adotar novas ferramentas e recursos que despertem nos nossos alunos o desejo de obter mais conhecimento. O uso do lúdico em sala de aula, a realização ou utilização de uma maquete desenvolvida com materiais de fácil aquisição e baixo custo, como a apresentada nesse trabalho, pode servir como grande aliado

no processo de aprendizagem já que permite que o aluno faça parte do processo de forma ativa.

Com base nos nossos resultados, percebemos que a incorporação da proposta foi bastante satisfatória uma vez que possibilitou aos participantes desenvolver o raciocínio crítico através das discussões grupais. Também puderam expressar suas ideias de forma livre e autônoma com base nos textos científicos trabalhados, além de uma maior motivação e empolgação para estudar alguns assuntos da Astronomia, uma área própria da disciplina de Física.

Apesar da abordagem da maquete ocorrer de forma virtual, vemos como bastante promissor ao processo de ensino, posto que diante da realidade de pandemia que enfrentamos, esta opção torna-se uma maneira segura e dinâmica de promover o conhecimento, além de nos aproximar cada vez mais dos conhecimentos tecnológicos quando da utilização de ferramentas das tecnologias da informação e comunicação disponíveis.

Outro aspecto importante do uso da maquete, apresentado nas discussões dos resultados durante a construção e validação da maquete, foi perceber que ao passo que os participantes abstraíam as teorias, relacionavam os fenômenos observados a situações vivenciadas em seus cotidianos (sempre articulando com conhecimentos obtidos em situações anteriores adquiridos na escola ou em outros contextos não escolares). Essa constatação trouxe um relevante significado à nossa atuação, uma vez que pode propiciar aos envolvidos a percepção dos diversos fenômenos físicos no seu dia a dia, sempre buscando aliar a teoria à prática, pois defendemos que é imprescindível ao ensino de Física.

Vemos também como igualmente importante, esclarecer para os alunos quais as competências e habilidades que se quer desenvolver na aula, e ainda como deveria se delinear o caminho para chegar ao conhecimento, enquanto objetivo final. Assim é fundamental em todo planejamento de novas alternativas de ensino que se faça um planejamento prévio, pontuando possibilidades de adequação quando necessário, para que se possa atingir o objetivo final de promover o conhecimento. Segundo o que os participantes apontaram, essa forma de planejamento confere clareza e objetividade ao processo.

Esperamos que este trabalho favoreça a práxis pedagógica de outros profissionais que lecionam a componente Física que tenham interesse em trabalhar a Astronomia inserindo o uso de modelo de baixo custo. Assim como inspire outros docentes a abordar a

temática no intuito de despertar em nossos alunos a sede pelo saber científico e o prazer em estudar Física de forma ativa e dinâmica.

Esclarecemos ainda que a sequência didática aplicada permitiu alterações ou adaptações quanto a abordagem de outras temáticas da Física, desde que respeitada a ideia do uso da ludicidade através de maquetes.

Em decorrência da realidade da pandemia que limitou a nossa intervenção, pretendemos ainda aplicar a proposta em sala de aula, direcionando a outro público-alvo além dos alunos da primeira série e ainda, acrescentar outros tópicos/ assuntos de Física para analisar a eficácia da nossa proposta. Também poderemos socializar com nossos pares a experiência vivenciada de tentativa de introduzir tópicos da Astronomia na Educação Básica considerando recursos experimentais de baixo custo.

8 REFERÊNCIAS

ASSENSO, Rafael. **Ensino de Física por meio de atividades de ensino investigativo e experimentais de Astronomia no Ensino Médio**. Santo André/SP, Universidade Federal do ABC, UFABC, 2017. 70p. Dissertação de Mestrado. (Orientador: Nelson Studart)

AZEVEDO, T. M.; ROWELL, V. M., **Competências e habilidades no processo de aprendizagem**. Rio Grande do Sul: Caxias do Sul, 2009.

ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L.V. dos S. **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades**. In: Revista Brasileira de Ensino de Física. Vol.25 no.2, São Paulo, 2003.

ARAÚJO, D. C. C. de, VERDEAUX, M. de F. da S. e CARDOSO, W. T., **Uma proposta para a inclusão de tópicos de astronomia indígena brasileira nas aulas de Física do Ensino Médio**. Ciência & Educação (Bauru) [online]. 2017, v. 23, n. 4 [Acessado 25 Maio 2021], pp. 1035-1054. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1516-731320170040011>>. ISSN 1980-850X. <https://doi.org/10.1590/1516-731320170040011>.

AUSUBEL, D. P. A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

BAZETTO, M. C. Q.; BRETONES, P. S. **A cosmologia em teses e dissertações sobre Ensino de Astronomia no Brasil**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA, 1., 2011, Rio de Janeiro. Anais... São Paulo: SAB, 2011.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2010.

BELMONT, Rachel; LEMOS, Evelyse. A Aprendizagem Significativa nos trabalhos apresentado no 1º Encontro de aprendizagem significativa: reflexões iniciais. In ENCONTRO NACIONAL DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA – ENAS, 2., Canela, 2008, p. 127 a 138. Disponível em <http://www.ioc.fiocruz.br/eiasenas2010/event_ant.html> Acesso em 10 de Junho de 2018.

BOFF, D.S.C; ZANETTE, R.S. **O desenvolvimento de competências, habilidades e a formação de conceitos: eixo fundante do processo de aprendizagem**. In: V Congresso Internacional de Filosofia e Educação. Caxias do Sul, maio,2010.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. Investigação qualitativa em Educação: fundamentos, métodos e técnicas. Portugal: Porto Editora, 1994.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica, **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2017.

BRETONES, Paulo Sergio, **Disciplinas introdutórias e Astronomia nos cursos superiores do Brasil**, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, São Paulo: 1999. 187p. Dissertação de Mestrado.

_____, **Jogos para o ensino de astronomia**. Campinas, São Paulo: Átomo, 2014.

BOCZKO, Roberto. **Conceitos de astronomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

BUZAN, Tony. **Mapas mentais e sua elaboração: um sistema definitivo de pensamento que transformará sua vida**. São Paulo: Cultrix, 2005. 118 p.

_____, **Mapas mentais**. Tradução de Paulo Polzonoff Jr. -Rio de Janeiro: Sextante, 2009.

CASTRO, João Neves Passos de. **Baralho estelar: a construção de conhecimentos de astronomia através de um jogo didático**. 2019. 57 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (MNPEF)) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

CANIATO, R. **O céu**. Coleção ciência & entretenimento. Campinas-SP: Editora Átomo, 2011.

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

COSTA, Edio da et al. **Divulgação e ensino de Astronomia e Física por meio de abordagens informais**. Revista Brasileira de Ensino de Física [online]. 2018, v. 40, n. 4 [Acessado 25 Maio 2021], e5401. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0051>>. Epub 14 Maio 2018. ISSN 1806-9126. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0051>

DIAS C. A., SANTA RITA J. R., **Inserção da astronomia como disciplina curricular do ensino médio**, Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA, n. 6, p. 55-65, 2008.

FILHO, K. S. O.; SARAIVA, M. F. O., **Astronomia e Astrofísica**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Departamento de Astronomia, 8 de dezembro de 2003.

FILHO et al., **Astronomia e Astrofísica**. 4ª ed. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

FRÓES, André Luís Delvas, **Astronomia, astrofísica e cosmologia para o Ensino Médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física [online]. 2014, v. 36, n. 3 [Acessado 25 Maio 2021] , 3504. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000300016>>. Epub 18 Set 2014. ISSN 1806-9126. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000300016>

GARCIA, L. A. M. **Competências e habilidades: você sabe lidar com isso?** *Educação e Ciência On-Line*, Brasília: Universidade de Brasília, jan. 2005

HALLIDAY, D., RESNICK, R. E WALKER, J. **Fundamentos de Física- Vol.2 - Gravitação, Ondas e Termodinâmica**, 8ª edição, Rio de Janeiro: Editora LTC, 2011.

HELERBROCK, Rafael. **Gravitação Universal**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/gravitacao-universal.htm>. Acesso em 11 de janeiro de 2021.

HERMANN, W.; BOVO V. **Mapas mentais: Enriquecendo Inteligências**” 2.ed. São Paulo: Campinas, 2005. 346 p.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 12a. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill – Bookman, 2015.

HORVATH, J.E. **Uma proposta para o ensino da astronomia e astrofísica estelares no Ensino Médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física [online]. 2013, v. 35, n. 4 [Acessado 25 Maio 2021], 4501. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1806-11172013000400012>>. Epub 11 Fev 2014. ISSN 1806-9126. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172013000400012>

IACHEL, Gustavo et al. **A montagem e a utilização de lunetas de baixo custo como experiência motivadora ao ensino de astronomia**. Revista Brasileira de Ensino de Física [online]. 2009, v. 31, n. 4 [Acessado 25 Maio 2021] , pp. 4502-4508. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1806-11172009000400016>>. Epub 26 Abr 2010. ISSN 1806-9126. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172009000400016>.

JUNG, C. F. **Metodologia científica** – ênfase na pesquisa tecnológica. 2003. Disponível em: <<http://www.jung.pro.br>>. Acesso em: 15 ago. 2020.

LANGHI R.; NARDI R., **Ensino da astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica**, Revista Brasileira de Ensino de Física, v.31, n.4, São Paulo, Oct./Dec (2009).

_____, **Formação de professores e seus saberes disciplinares em Astronomia essencial nos anos iniciais do Ensino Fundamental**. Revista Ensaio, Belo Horizonte, v. 12, n. 2, p. 205-224, maio/ago. 2010.

_____, **Educação em astronomia: Repensando a formação dos professores**. São Paulo: Escrituras, 2012.

_____, **Educação em astronomia – Repensando a formação de professores**. Campinas: Escrituras, 2013. (Série Educação para a Ciência, 11).

LEÃO, Demetrius dos Santos. **Astronomia no ensino médio: um mini-planetário como recurso instrucional para a compreensão da dinâmica celeste**. Brasília/DF, Universidade de Brasília, UnB, 2012. 145p. Dissertação de Mestrado. (Orientador: Cássio Costa Laranjeiras).

LEITE, C. **Formação do professor de Ciência em Astronomia: uma proposta com enfoque na especialidade**. 2006. 247f. Tese (Faculdade de Educação). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

LEITE, C., HOSOUME, Y., **Explorando a dimensão espacial na pesquisa em ensino de Astronomia**. REEC. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 8, p. 797-811, 2009.

LONGHINI, M. D.; GOMIDE, H. A.; DEUS, M. F.; FERNANDES, T, C. **Ensino de Astronomia com base em histórias problematizadoras**: Uma experiência com alunos e professores em formação. Uberlândia. EDUFU, 2014.

LONGHINI, M. D., LONGHINI, I.M.M. **Educação em Astronomia no Brasil**: História oral de vida de professores. Uberlândia: Composer, 2016.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: Abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MILONE, A. C, et al., **Introdução à Astronomia e Astrofísica**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos- São Paulo: 2003. INPE-7177-PUD/38.

MOREIRA M. A. E MASINI, E.F.S. Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel. São Paulo: Editora Moraes, 1982, 7-52 p.

_____, M. A. Aprendizagem Significativa. Brasília: Editora UNB, 1999, 7-121 p.

_____, M.A.; MASINI, E.F.S. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Centauro, 2001.

_____, M.A (Org) Aprendizagem Significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos. São Paulo: Vetor, 2008

_____, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS. Aprendizagem Significativa em Revista / Meaningful Learning Review, 1(2), 43-63, 2011.

_____, M. A. Unidades de ensino potencialmente significativas UEPS /Marco Antonio Moreira – Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2012.

MOTA, A. T.; BONOMINI, I. A. M.; ROSADO, R. M. M. **Inclusão de Temas Astronômicos Numa Abordagem Inovadora do Ensino Informal de Física Para Estudantes do Ensino Médio**. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA, n.8, p. 7-17, 2009.

NARDI, R., **Pesquisas em Ensino de Física**. Educação para a ciência. Escrituras Editora, São Paulo. 1998.

NOGUEIRA, S., CANALLE J.B.G., **Astronomia: ensino fundamental e médio** / Salvador Nogueira, João Batista Garcia Canalle. Brasília: MEC, SEB; MCT; AEB, 2009. 232 p.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física básica, v.1: Mecânica**. /H. Moysés Nussenzveig. – 4ªed., São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2002.

OLIVEIRA F. F., VIANNA D.M., GERBASSI R.S., **Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores**, Revista Brasileira de Ensino de Física, v.29, n.3, p. 447-455(2007).

OLIVEIRA R. S., **Astronomia no ensino fundamental**. Asterdomus, 2014. Disponível em: <<http://www.asterdomus.com.br/asterdomus/astronomia-no-ensino-fundamental/>>. Acesso em: 02 de dezembro de 2020.

OLIVEIRA, Julio Cesar Pires de. **Astronomia no Ensino Médio: Construção e Experimentação da Luneta Galileana**. Brasília/DF, Universidade de Brasília, UnB, 2018. 0p. Dissertação de Mestrado. (Orientador: José Leonardo Ferreira).

ONTORIA PEÑA, A.; LUQUE, A de.; GÓMEZ, J. P. R. **Aprender com mapas mentais: uma estratégia para pensar e estudar**. 3. ed. São Paulo: Mandras, 2008. 168 p.

PACHECO, R. C., **Ensino de astronomia: o lúdico e a experimentação como estratégias pedagógicas no ensino médio** / Ronivaldo Castro Pacheco, orientador Prof. Dr. Licurgo Peixoto de Brito – 2017.

PERRENOUD, P. **Construir as competências desde a escola**. Porto Alegre: Artmed, 1999

_____. **As competências para ensinar no século XXI: a formação dos professores e o desafio da educação**. Porto Alegre: ARTMED, 2002.

PICAZZIO, E. **O céu que nos envolve: introdução à Astronomia para educadores e iniciantes**. São Paulo: Odysseus, 2011.

RAMOS, E.M. DE F., **Brinquedos e Jogos no Ensino de Física**. Dissertação de Mestrado. USP. Instituto de Física e Faculdade de Educação. São Paulo. 1990.

RIBAS, L.C.C.; GUIMARÃES, L.B. **Cantando o mundo vivo: aprendendo biologia no pop-rock brasileiro**. Ciência e Ensino, Campinas, n.12, dez. 2004.

RIBEIRO, Adriana Queiroz Agostinelli. **Desvendando as estrelas: um jogo colaborativo para o Ensino Médio**. Santo André/SP, Universidade Federal do ABC, UFABC, 2018. 95p. Dissertação de Mestrado. (Orientador: Laura Paulucci Marinho)

ROCHA, J.F.M., org. **Origens e evolução das ideias da física**. Salvador: EDUFBA, 2002.

SANTOS, A. et al., **Influência do Instrumento na Avaliação da Aprendizagem Decorrente do Ensino de Laboratório em Física**. Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis, 3(3): 122-123, dez. 1986

SERÉ, M.G. et al. **O Papel da Experimentação no Ensino da Física**. IN: Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Porto Alegre: v.20, n.1: 30-42, abr. 2003.

SHITSUKA, R; SILVEIRA, I. F.; SHITSUKA, D. M. **Comparação entre as ferramentas Ontologia, Mapas Mentais e Mapas Conceituais na representação de conceitos em matriz curricular de curso de graduação**. CRB-8 Digital, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 2-10, abr. 2011. Disponível em: <<http://revista.crb8.org.br/index.php/crb8digital/article/view/55/57>>. Acesso em: 10 julho 2020.

SILVA, Paulo José Meira da. **Através do cosmos: uma proposta lúdica para o ensino de astronomia e física.** São Carlos/SP, Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, 2014. 103p. Dissertação de Mestrado. (Orientador: Gustavo de Araujo Rojas).

SILVA, F. P., **O fenômeno das marés:** Gravitação e Astronomia numa proposta de unidade de ensino potencialmente significativa para o ensino médio. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF). Vitória-ES, 2016.

SILVA, J. C., ROBERTO, A. J. e ALVES, J. C. P., **Deteção do trânsito planetário de um exoplaneta com um telescópio de pequena abertura.** Revista Brasileira de Ensino de Física [online]. 2020, v. 42 [Acessado 25 Maio 2021], e20200131. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0131>>. Epub 17 Jul 2020. ISSN 1806-9126. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0131>.

SOUZA, Thauane Lima de. **O uso do vídeo e jogo educativo como instrumento de ensino e divulgação da Astronomia.** Feira de Santana/BA, Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, 2016. 100p. Dissertação de Mestrado. (Orientador: Ana Carla Peixoto Bitencourt; Eduardo Brescansin de Amôres.)

SOUZA, R. de e CYPRIANO, E. F. **Origens da vida no contexto cósmico: o primeiro MOOC em astronomia desenvolvido no Brasil.** Revista Brasileira de Ensino de Física [online]. 2020, v. 42 [Acessado 25 Maio 2021], e20190268. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0268>>. Epub 03 Feb 2020. ISSN 1806-9126. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0268>.

STAKE, ROBERT. **Pesquisa qualitativa:** Estudando como as coisas funcionam. Tradução: Karla Reis; Revisão técnica: Nilda Jacks. Porto Alegre: Penso, 2011.

TERRAZAN, E. A. **Ciência, Conhecimento e Cultura.** Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Maria, RS, 1997.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação.** 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

_____. **Metodologia da pesquisa-ação.** São Paulo: Cortez, 2000.

TREVISAN, R.H.; LATTARI, C.J.B. E CANALLE, J.B.G. **Assessoria na avaliação do conteúdo de astronomia dos livros de Ciências do primeiro grau.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 14, n. 1, p. 7-16, 1997.

_____. **Clube de astronomia como estímulo para a formação de professores de ciências e física: uma proposta.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 17, n. 1, p. 101-106, abr. 2000.

ZABALA, Antoni; ARNAU, Laia. **Como aprender e ensinar competências.** Porto Alegre: ARTMED, 2010.

APÊNDICE A- QUESTIONÁRIOS PRÉVIO INICIAL APLICADO

Questionário Prévio Inicial aplicado antes de iniciarmos a intervenção.

QUESTIONÁRIO PRÉVIO PARA O MINICURSO DE ASTRONOMIA

Minicurso: Viajando pela Astronomia, sem sair de casa!

- 01) Você gosta de estudar a disciplina de Física? Justifique.
- 02) Por que você decidiu participar desse minicurso?
- 03) Você sabe o que a Astronomia estuda?
- 04) Você já estudou sobre Astronomia antes?
- 05) Você acredita que possa aprender um pouco sobre Astronomia através do uso de uma Maquete mesmo de forma virtual?
- 06) Como você imagina o Universo?
- 07) Você já ouviu falar sobre Gravitação Universal?
- 08) Você conhece as três Leis de Kepler?
- 09) O que você entende por Gravidade?
- 10) Na sua opinião, como se encontra a Terra em relação ao Universo?
- 11) Você sabe como se formam as noites e os dias?
- 12) Você sabe como é a composição, quanto aos astros envolvidos, em um eclipse solar e lunar?
- 13) Você sabe quantas e quais são as fases da Lua?
- 14) Você já estudou sobre as duas teorias astronômicas: Geocentrismo e Heliocentrismo?
- 15) Faça uma breve ilustração de como você entende que seja composto o nosso sistema solar.

QUESTIONÁRIO FINAL APLICADO AO TÉRMINO DA INTERVENÇÃO.

MINICURSO: VIAJANDO PELA ASTRONOMIA, SEM SAIR DE CASA!

01) A partir do minicurso, você pode afirmar que gosta um pouco mais de Física?

☐

Sim

☐

Não

02) Você gostou da metodologia utilizada?

☐

Sim

☐

Não

03) Você acredita que o uso de maquete facilitou e promoveu uma aprendizagem mais satisfatória?

☐

Sim

☐

Não

04) Você gostou de estudar sobre Astronomia?

☐

Sim

☐

Não

05) Você acredita que através do minicurso, aprendeu algum conhecimento

☐

Sim

☐

Não

06) Descreva em palavras a sua avaliação a respeito da metodologia e ao tema abordado no minicurso.

APÊNDICE B - PLANOS DE AULAS APLICADOS – n° 1

Página 1 de 3

Identificação

Professor(es):

MARIA THAÍS FRANÇA COELHO

Série/Turma:1º SÉRIE - TURMA
ÚNICA**Bimestre/Trimestre**:
Primeiro encontro**Carga horária da atividade:**

14h 00min - 16h 00min (2 aulas)

Tema da aula:

MINICURSO " VIAJANDO PELA ASTRONOMIA, SEM SAIR DE CASA".

Área do conhecimento (BNCC):☐ Linguagens e suas Tecnologias☒ Ciências da Natureza e suas Tecnologias☐ Matemática e suas Tecnologias☐ Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**Componente curricular (BNCC):**

FÍSICA

Competências específicas a serem desenvolvidas nesta aula (de área do conhecimento e componente curricular) (BNCC):

2. Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e à evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis.

Habilidades a serem desenvolvidas nesta aula (BNCC):

(EM13CNT201) Analisar e utilizar modelos científicos, propostos em diferentes épocas e culturas para avaliar distintas explicações sobre o surgimento e à evolução da Vida, da Terra e do Universo.

(EM13CNT202) Interpretar formas de manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização (da composição molecular à biosfera), bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes à elas, tanto na Terra quanto em outros planetas.

Encaminhamento metodológico (metodologia ou didática)	<p>Objetos de conhecimento (conteúdos, conceitos e processos):</p> <p>HISTÓRIA DA ASTRONOMIA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O que estuda a Astronomia? 2. Evidências históricas 3. As contribuições dos povos antigos para a Astronomia: <ul style="list-style-type: none"> - Babilônios - Mesopotâmicos - Egípcios - Gregos 4. As duas Teorias Astronômicas. <p>Conhecimento prévio necessário:</p> <p>Espera-se que os alunos sejam capazes de reconhecer, interpretar e utilizar criticamente conceitos básicos sobre astronomia, que estejam familiarizados com o mundo digital e que saiba dominar as ferramentas digitais, o uso de softwares como Google Meet (ferramenta educacional atual) e WhatsApp (ferramenta de comunicação social) para que haja uma melhor interação professor-aluno.</p>
Recursos	<p>Materiais, tecnologias e recursos utilizados:</p> <p>Computador, tablet ou celular com acesso à internet. Para a produção do conhecimento, serão utilizados um caderno/folhas de papel ofício A4, caneta ou lápis grafite.</p>
Procedimentos e Atividades avaliativas	<p>Aplicação/Fixação:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Apresentação da proposta para os alunos, expondo cronograma, horários e os tópicos dos conteúdos a serem abordados durante a aula. 2. Apresentação das competências e habilidades para essa aula. 3. Aplicação de questionário prévio de forma oral, para abstrair os conhecimentos prévios dos alunos sobre a temática proposta; utilizando-se de perguntas subjetivas como: Você gosta de estudar a disciplina de Física e por quê? Você sabe o que a Astronomia estuda? Você acredita que possa aprender um pouco sobre Física através do uso de Maquetes? E ainda perguntas específicas do assunto de Astronomia como: Você já ouviu falar sobre Gravitação Universal? Você conhece as três Leis de Kepler? O que você entende por Gravidade? Você sabe como se formam as noites e os dias? Você sabe como é a composição, quanto aos astros envolvidos, em um eclipse solar e lunar? Você já estudou sobre as duas teorias Astronômicas: Geocentrismo e Heliocentrismo?

4. Apresentação do panorama histórico e das contribuições de físicos, filósofos e astrônomos que contribuíram para a Astronomia, com a utilização de apresentação em Power Point.
5. Discussão sobre as duas Teorias Astronômicas.

Síntese/Avaliação:

A avaliação dos alunos será feita de forma processual, priorizando os aspectos qualitativos relacionado ao processo de aprendizagem dos alunos durante a participação nas aulas, a realização e a entrega de atividades propostas de pesquisa, e ainda se os mesmos desenvolveram as aprendizagens e as habilidades propostas, a serem observadas na entrega dos questionários prévios e final, durante as aulas. Para esse primeiro encontro as habilidades propostas serão, como já citado anteriormente:

- * Entender a importância do estudo da Astronomia para a vida humana.
- * Compreender como se desenvolveu a Astronomia através de um vies histórico.
- * Compreender como se desenvolveu as antigas teorias que fundamentaram as teorias atuais e a manifestação da vida na Terra.
- * Interpretar os fatores limitantes nas teorias que proporcionaram o surgimento de novas teorias.

Como atividade de pesquisa, será solicitado aos alunos a entrega dos questionário prévios realizado pelo professor de forma oral, registrado pelos alunos em seus diários de bordo.

PLANOS DE AULAS APLICADOS – n° 2

Página 1 de 3

Identificação

Professor(es):

MARIA THAÍS FRANÇA COELHO

Série/Turma:

1º SÉRIE - TURMA ÚNICA

Bimestre/Trimestre:

Segundo encontro

Carga horária da atividade:14h 00min - 16h 00min
(2 aulas)**Tema da aula:**

MINICURSO " VIAJANDO PELA ASTRONOMIA, SEM SAIR DE CASA".

Área do conhecimento(BNCC):

Linguagens e suas Tecnologias



Ciências da Natureza e suas



Matemática e suas Tecnologias



Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Componente curricular (BNCC):

FÍSICA

Competências específicas a serem desenvolvidas nesta aula (de área do conhecimento e componente curricular) (BNCC):

2. Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e à evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis.

Habilidades a serem desenvolvidas nesta aula (BNCC):

(EM13CNT201) Analisar e utilizar modelos científicos, propostos em diferentes épocas e culturas para avaliar distintas explicações sobre o surgimento e à evolução da Vida, da Terra e do Universo.

(EM13CNT202) Interpretar formas de manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização (da composição molecular à biosfera), bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes à elas, tanto na Terra quanto em outros planetas.

(EM13CNT204) Elaborar explicações e previsões a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais.

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Encaminhamento metodológico (metodologia ou didática)</p>	<p>Objetos de conhecimento (conteúdos, conceitos e processos):</p> <p>CONCEITOS DA ASTRONOMIA</p> <p>5. O que são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estrelas - Satélites - Planetas - Galáxias <p>6. O Sistema Solar</p> <ul style="list-style-type: none"> - Composição do Sistema solar - Movimentos de Rotação e translação - Períodos diurnos e noturnos - Eclipses - Fases da Lua - Estações do Ano <p>Conhecimento prévio necessário:</p> <p>Espera-se que os alunos sejam capazes de reconhecer, interpretar e utilizar criticamente conceitos básicos sobre astronomia, que estejam familiarizados com o mundo digital e que saiba dominar as ferramentas digitais, o uso de softwares como Google Meet (ferramenta educacional atual) e WhatsApp (ferramenta de comunicação social) para que haja uma melhor interação professor-aluno.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Recursos</p>	<p>Materiais, tecnologias e recursos utilizados:</p> <p>Computador, tablet ou celular com acesso à internet. Para a produção do conhecimento, serão utilizados um caderno/folhas de papel ofício A4, caneta ou lápis grafite. Uso de maquete esquemática Sol-Terra-Lua.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Procedimentos e Atividades avaliativas</p>	<p>Aplicação/Fixação:</p> <p>6. Apresentação das competências e habilidades para essa aula.</p> <p>7. Apresentação em power point sobre alguns conceitos intrínsecos à Astronomia.</p> <p>8. Discussão sobre as teorias sobre a Origem do Universo (Big Bang, por exemplo).</p>

9. Apresentação de uma maquete esquemática Sol-Terra-Lua, para estudo das fases da Lua, dos eclipses solares e lunares e para discussão e compreensão sobre como se forma os dias, as noites, os equinócios e os solstícios.

Síntese/Avaliação:

A avaliação dos alunos será feita de forma contínua, priorizando os aspectos qualitativos relacionado ao processo de aprendizagem dos alunos durante a participação nas aulas, a realização e a entrega de atividades propostas de pesquisa, e ainda se os mesmos desenvolveram as aprendizagens e as habilidades propostas, a serem observadas na entrega dos questionários prévios e final, durante as aulas. Para esse segundo encontro as habilidades propostas serão, como já citado anteriormente:

- * Entender a importância do estudo da Astronomia para a vida
- * é formado
- * as teorias atuais e a manifestação da vida na Terra.
- * Interpretar os fatores limitantes nas teorias que proporcionaram o surgimento de novas teorias.
- * Compreender a importância dos movimentos realizado pelos planetas.

Como atividade de pesquisa, será solicitado aos alunos a elaboração de um mapa mental tratando da diferenciação entre os dois modelos cosmológicos estudados.

PLANOS DE AULAS APLICADOS - n° 3

Página 1 de 3

Identificação

Professor(es):

MARIA THAÍS FRANÇA COELHO

Série/Turma:

1º SÉRIE - TURMA ÚNICA

Bimestre/Trimestre:

Terceiro encontro

Carga horária da atividade:

14h 00min - 16h 00min (2 aulas)

Tema da aula:

MINICURSO " VIAJANDO PELA ASTRONOMIA, SEM SAIR DE CASA".

Área do conhecimento(BNCC):☐ Linguagens e suas Tecnologias☒ Ciências da Natureza e suas☐ Matemática e suas Tecnologias☐ Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**Componente curricular (BNCC):**

FÍSICA

Competências específicas a serem desenvolvidas nesta aula (de área do conhecimento e componente curricular) (BNCC):

2. Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e à evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis.

Habilidades a serem desenvolvidas nesta aula (BNCC):

(EM13CNT201) Analisar e utilizar modelos científicos, propostos em diferentes épocas e culturas para avaliar distintas explicações sobre o surgimento e à evolução da Vida, da Terra e do Universo.

(EM13CNT202) Interpretar formas de manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização (da composição molecular à biosfera), bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes à elas, tanto na Terra quanto em outros planetas.

(EM13CNT204) Elaborar explicações e previsões a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais.

<p>Encaminhamento metodológico (metodologia ou didática)</p>	<p>Objetos de conhecimento (conteúdos, conceitos e processos):</p> <p>TÓPICOS DA ASTRONOMIA</p> <p>7. Estudo sobre as Leis de Kepler</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tycho Brahe - Johannes Kepler - Galileu Galilei - Lei das órbitas - Lei das áreas - Lei dos períodos <p>8. Estudo sobre Gravitação Universal</p> <ul style="list-style-type: none"> - Isaac Newton - A gravidade - Lei da Gravitação Universal <p>9. Assuntos extras</p>
	<p>Conhecimento prévio necessário:</p> <p>Espera-se que os alunos sejam capazes de reconhecer, interpretar e utilizar criticamente conceitos básicos sobre astronomia, que estejam familiarizados com o mundo digital e que saiba dominar as ferramentas digitais, o uso de softwares como Google Meet (ferramenta educacional atual) e WhatsApp (ferramenta de comunicação social) para que haja uma melhor interação professor-aluno.</p>
<p>Recursos</p>	<p>Materiais, tecnologias e recursos utilizados:</p> <p>Computador, tablet ou celular com acesso à internet. Para a produção de uma atividade prática serão utilizados um caderno/folhas de papel ofício A4, caneta ou lápis grafite, fio de algodão ou material semelhante, brochas. Utilização de maquete esquemática Sol-Terra-Lua.</p>
<p>Procedimentos e Atividades avaliativas</p>	<p>Aplicação/Fixação:</p> <p>10. Apresentação das competências e habilidades para essa aula.</p> <p>11. Aplicação de experimento simples com material de baixo custo. Apresentação junto aos alunos de forma virtual sobre como desenhar uma elipse, o que é e como foi proposta dentro das leis de Kepler.</p> <p>12. Após esse momento apresentação das Leis de Kepler e da Lei da Gravitação Universal de Isaac Newton através de apresentação em power Point e da utilização da maquete esquemática.</p>

13. Discussão sobre outros assuntos extras relacionados a Astronomia atual.
14. Aplicação de teste final para avaliação da metodologia aplicada e apreciação qualitativa sobre os conhecimentos abstraídos pelos alunos.

Síntese/Avaliação:

A avaliação dos alunos será feita de forma contínua, priorizando os aspectos qualitativos relacionado ao processo de aprendizagem dos alunos durante a participação nas aulas, a realização e a entrega de atividades propostas de pesquisa, e ainda se os mesmos desenvolveram as aprendizagens e as habilidades propostas, a serem observadas na entrega dos questionários prévios e final, durante as aulas. Para esse terceiro encontro as habilidades propostas serão, como já citado anteriormente:

- * Entender a importância do estudo da Astronomia para a vida humana.
- * Compreender como se desenvolveu a Astronomia através de um vies histórico.
- * Compreender como se desenvolveu as antigas teorias que fundamentaram as teorias atuais e a manifestação da vida na Terra.
- * Compreender teorias bases para o estudo da Astronomia.
- * Avaliar a metodologia aplicada.

Como atividade proposta, será solicitado aos alunos a entrega do questionário final disponibilizado aos alunos através de uma Plataforma de formulários online, através do grupo de WhatsApp criado pelo professor e realizado pelos alunos explicitando como se desenvolveu sua aprendizagem e qual a sua avaliação quanto a proposta aplicada.