



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física  
POLO DE PORTO VELHO - RO



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA – UNIR  
NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA – NCET  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

O ENSINO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS EM ASTRONOMIA: TRANSIÇÃO,  
OCULTAÇÃO, ECLIPSE E O CASO DE PLUTÃO

Antonio Ribeiro Ferreira

PORTO VELHO – RO  
2021



## O ENSINO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS EM ASTRONOMIA: TRANSIÇÃO, OCULTAÇÃO, ECLIPSE E O CASO DE PLUTÃO

Antonio Ribeiro Ferreira

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:  
Profa. Dra. Anilde Ferreira da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Fundação Universidade Federal de Rondônia  
Gerada automaticamente mediante informações fornecidas pelo(a) autor(a)

---

F383e Ferreira, Antonio Ribeiro.

O ensino de conceitos científicos em astronomia: transição, ocultação, eclipse e o caso de Plutão / Antonio Ribeiro Ferreira. -- Porto Velho, RO, 2021.

63 f.

Orientador(a): Prof.<sup>a</sup> Dra. Anilde Ferreira da Silva

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) -  
Fundação Universidade Federal de Rondônia

1.Ensino . 2.Conceitos Científicos . 3.Transição. I. Silva, Anilde Ferreira da. II. Título.

CDU 520

O ENSINO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS EM ASTRONOMIA: TRANSIÇÃO,  
OCULTAÇÃO, ECLIPSE E O CASO DE PLUTÃO

Antonio Ribeiro Ferreira

Orientadora:  
Profa. Dra. Anilde Ferreira da Silva

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

Aprovada por:

---

Profa. Dra. Anilde Ferreira da Silva

---

Prof. Dr. Ariel Adorno de Sousa

---

Prof. Dr. Quesle da Silva Martins

Porto Velho – RO  
2021

Dedico este trabalho à minha família, pois é através da mesma que renovo minhas forças para encarar as adversidades da vida.

## **Agradecimentos**

Ao Deus criador, regente inabalável e transcendental deste universo inexplorado;

Aos meus avós, Eva Campelo e Francisco Ribeiro, por toda dedicação, carinho e conselhos prestados em minha vida.

À minha nobre orientadora Profa. Dra. Anailde Ferreira da Silva pelas orientações, contribuições e principalmente paciência durante essa jornada. A mesma, os meus mais sinceros agradecimentos e admiração;

Ao coordenador do programa de pós-graduação, Professor Judes Gonçalves, pelo inestimável apoio, humildade e serenidade no tratamento dos seus educandos;

Aos discentes e docentes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) Campus Porto Velho – Calama, instituição em que me graduei pela colaboração e apoio na execução do projeto;

Aos meus nobres colegas professores (as) do mestrado, do ensino público estadual/federal por todas as contribuições para o êxito desse trabalho;

Ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, pela oportunidade do curso; à Universidade Federal de Rondônia – UNIR e todos os professores que participaram da minha formação de maneira direta e indiretamente; à Sociedade Brasileira de Física - SBF, que busca melhorar o ensino de física no Brasil;

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

## Resumo

### O ENSINO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS EM ASTRONOMIA: TRANSIÇÃO, OCULTAÇÃO, ECLIPSE E O CASO DE PLUTÃO

Antonio Ribeiro Ferreira

Orientadora:  
Anailde Ferreira da Silva

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

Este trabalho tem como objetivo a discussão do ensino de Conceitos Científicos com base na Teoria Histórico-Cultural onde utilizamos os conceitos de Transição, Eclipses e Ocultação, bem como o conceito de planeta e planeta anão aplicado ao caso de Plutão. Foram utilizados materiais didáticos confeccionados em impressoras 3D e de baixo custo para que práticas experimentais sobre o tema em questão fossem trabalhadas no contexto da pandemia de COVID-19 em que aulas experimentais foram diretamente impactadas pelo distanciamento social e pelo fechamento dos espaços públicos, tais como as escolas e instituições de ensino. O método de pesquisa foi o qualitativo e por esta razão relatos dos alunos, atividades e outras ferramentas foram utilizadas para qualificar o sucesso da prática docente desenvolvida. Ao final os discentes desenvolveram um entendimento completo sobre os conceitos envolvidos e que estão diretamente relacionados aos aspectos que são apresentados nesse trabalho. Observou-se que o material didático é de grande contribuição para a aprendizagem dos conceitos e para a elucidação de diferenças que estes conceitos científicos apresentam.

**Palavras-chave:** Ensino de Conceitos Científicos. Transição. Ocultação e Eclipse. Plutão e o Conceito de Planeta.

Porto Velho - RO  
2021

## **Abstract**

### **THE TEACHING OF SCIENTIFIC CONCEPTS IN ASTRONOMY: PLANETARY TRANSITION, OCCULTATION AND ECLIPSE AND THE CASE OF PLUTO**

Antonio Ribeiro Ferreira

Supervisor:

Profa. Dra. Anailde Ferreira da Silva

Abstract of master's thesis submitted to the Graduate Program (Professional Master's Degree in Physics Teaching (MNPEF)) of the Federal University of Rondônia (UNIR) in partial fulfillment of the requirements for the degree Master in Physics Teaching.

This work aims to discuss the teaching of Scientific Concepts based on Historical-Cultural Theory where we use the concepts of Planetary Transition, Eclipses and Concealment, as well as the concept of planet and dwarf planet applied to the case of Pluto. Teaching materials made in 3D printers and low cost were used so that experimental practices on the subject in question were worked on in the context of the COVID-19 pandemic, in which experimental classes were directly impacted by social distancing and the closing of public spaces, such as schools and educational institutions. The research method was qualitative and for this reason students' reports, activities and other tools were used to qualify the success of the teaching practice developed. At the end, the students developed a complete understanding of the concepts involved and that are directly related to the aspects that are presented in this work. It was observed that the didactic material is of great contribution to the learning of concepts and to the elucidation of differences that these scientific concepts present.

Keywords: Teaching of Scientific Concepts. Planetary Transition, Concealment And Eclipse. Pluto and the Planet Concept.

Porto Velho - RO  
2021



# Sumário

<b>Agradecimentos</b>	vi
<b>Resumo</b>	vii
<b>Abstract</b>	viii
<b>1 - INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2 - CONCEPÇÕES INTRODUTÓRIAS SOBRE A FÍSICA</b>	<b>4</b>
2.1 A finitude da velocidade da Luz	4
2.2 O centro de massa de um corpo massivo	7
<b>3 - O ENSINO DE CONCEITOS ATRAVÉS DA VISÃO DA TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL</b>	<b>11</b>
3.1 Um panorama geral da Teoria Histórico-Cultural	11
3.1.1 O ensino de conceitos através do experimento de Ole Roemer	14
3.1.2 O caráter social da Ciência: O Caso de Plutão	16
3.1.3 Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) como ponto de partida	18
<b>4 - DOIS MATERIAIS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE CONCEITOS: O EXPERIMENTO DE ROEMER E O SISTEMA PLUTÃO-CARONTE</b>	<b>21</b>
4.1 A construção do Experimento de Ole Roemer	21
4.2 A Construção do Modelo de Plutão-Caronte	25
<b>5 - A UTILIZAÇÃO DO EXPERIMENTO NO CONTEXTO DAS AULAS REMOTAS</b>	<b>31</b>
5.1 Local da pesquisa	31
5.2 Metodologia da prática docente (Conceito de eclipse, trânsito e ocultação planetária)	32
5.3 Metodologia da prática docente (classificação de planeta)	35
<b>6 - RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>39</b>
6.1 Resultados e discussões acerca do ensino de conceitos de transição, ocultação planetária, e eclipse	39
6.2 Resultados e discussões acerca do ensino de conceitos de planeta	42

6.2.1 Resultado do teste de sondagem dos conhecimentos prévios dos discentes.....	42
6.2.2 Resultado da sondagem dos conhecimentos adquiridos pelos discentes após a prática de ensino. ....	46
<b>7 - CONCLUSÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>

## INTRODUÇÃO

Em muitas situações deve-se considerar as dificuldades de se trabalhar determinados conteúdos com os alunos das escolas públicas brasileiras que ofertam o Ensino Fundamental e Médio. É comum observar em todo o território nacional localidades em que conceitos desacreditados na época de Galileu Galilei ainda perdurem, ou que sejam pouco esclarecidos entre o público em geral. Isto se deve ao fato de muitos cidadãos não possuírem acesso a informações básicas para o entendimento de fenômenos naturais que ocorrem nos céus, bem como a forte crença em mitos e lendas que fazem parte da cultura popular (ALMEIDA et al., 2016).

Pode-se observar a necessidade de abordagens relacionadas ao entendimento do cosmos por parte dos docentes com vistas a divulgar o conhecimento científico e suas descobertas. É possível verificar que os conteúdos de Astronomia podem ser facilitadores para o despertar do chamado senso científico, tão importante para a sociedade atual, tendo como grande contribuição o chamamento do aluno para o estudo de conceitos básicos que podem ser usados na compreensão desta Ciência e no estudo dos astros (GAMA; HENRIQUE, 2010).

Ainda com relação a este aspecto importante vale ressaltar que o ensino de Astronomia também gera grande expectativa nos alunos em todas as modalidades da educação. A produção e divulgação de materiais didáticos através de artigos e outros meios de comunicação têm permitido a observação celeste sem a necessidade de investimentos que extrapolam as capacidades financeiras dos alunos, escolas e professores. Um exemplo deste conhecimento produzido pode ser observado em (CATELLI et al., 2013; DARROZ et al., 2013) que tem tornado mais acessível o estudo da Astronomia nas escolas, levando-a ao âmbito prático e servindo como facilitador da aprendizagem de Astronomia e outras ciências.

O ensino de Astronomia tem sido modificado através do acesso e publicação de materiais para a visualização dos fenômenos astronômicos nas

escolas públicas, no entanto, a pouca ênfase nesta Ciência para a formação docente tem dificultado o processo de difusão do conhecimento. Além deste contexto é possível destacar também o pouco tempo reservado aos docentes às atividades de planejamento, que fornecem o aporte para as práticas bem sucedidas em ensino de Astronomia. Com todos estes pontos e entraves sendo superados pode-se esperar que a Astronomia seja sempre buscada por docentes e bem apreciada pelo maior número de estudantes possíveis.

O fascínio despertado e as disciplinas que transversalizam a Astronomia tem importância indiscutível, bastando que os conteúdos sejam escolhidos de maneira correta e estejam alinhados a didáticas específicas e que melhor aproveitem o objeto de aprendizagem do aluno. Essas ações possibilitarão aos discentes o desenvolvimento da capacidade de concatenar conteúdos além dos pertencentes ao ramo da Física, tal como é observado em diversas práticas docentes, bem sucedidas, em Astronomia (OLIVEIRA et al., 2020; LIMA, NARDI, 2020).

Historicamente, um dos pontos da Astronomia que contribuiu para o desenvolvimento e para o esclarecimento de uma das questões mais importantes da Física foi o experimento de Christensen Ole Roemer, que mediu a velocidade da luz através da constatação da existência de um atraso na observação de eclipses de Io, uma das quatro luas descobertas por Galileu Galilei.

Roemer verificou que os eclipses ficavam atrasados quando Júpiter estava mais distante da Terra e adiantados quando Júpiter estava mais próximo da Terra. O atraso total [...] era de 1000 segundos. Roemer atribuiu o efeito ao tempo que a luz levava para ir de um ponto da órbita da Terra a outro, isto é, do tempo que a luz levava para atravessar a diferença da distância entre o satélite e a Terra (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2017, p. 147).

A importância da abordagem deste aspecto dentro do contexto educacional permite com que os alunos visualizem a evolução do conhecimento e a contribuição de diversas áreas do conhecimento para a construção das teorias da Física e a estreita relação entre ela e a Astronomia, tal como pode-se constatar por meio do histórico experimento de Ole Roemer.

Este relato de experiência docente traz resultados da aplicação de dois materiais didáticos para o ensino de Astronomia. O primeiro deles utiliza os aspectos do experimento de Ole Roemer para tratar de conceitos como Transição, Eclipses e Ocultação. O Segundo experimento didático trata do conceito de planeta, explorando as peculiaridades de Plutão, que foi reclassificado no ano de 2006 como planeta-anão, assim, as peculiaridades do astro foram esgotadas, permitindo o entendimento dos discentes.

### CONCEPÇÕES INTRODUTÓRIAS SOBRE A FÍSICA

#### 2.1 A finitude da velocidade da Luz

A luz sempre foi um dos fenômenos mais intrigantes da natureza, questiona-se do que ela é sua velocidade, sua composição e etc., desde muito tempo antes da era atual. Grandes revoluções científicas foram embasadas nos conceitos de estudo da luz, Albert Einstein, Max Planck, Aristóteles, Christian Huygens, Isaac Newton e outros físicos de exuberante potencial científico se enveredaram na tentativa de buscar a teoria perfeita que descrevesse as propriedades deste ente da natureza e quase todos eles morreram sem ver a resposta final sobre os aspectos da velocidade da luz por exemplo, ou ainda a verificação das hipóteses referentes a natureza da luz (PIRES, 2011).

Não será questionado aqui se a luz é onda ou partícula, mas sim se ela tem uma velocidade finita ou não. A resposta, tendo em vista a difusão de conhecimentos científicos que existe hoje em dia, parece óbvia, no entanto, em outros tempos a velocidade da luz era algo inimaginável ou ainda infinita. Estes debates tomaram corpo ainda na Grécia e tanto a finitude de sua velocidade quanto o oposto tinham defensores ferrenhos (RIVAL, 1997, p. 29).

Físicos como Johannes Kepler, René Descartes e outros tantos gênios de tempos diversos ainda contabilizavam a velocidade da luz como sendo de um valor infinito (RIVAL, 1997, p. 29). A velocidade de aproximadamente 300.000 km/s só foi calculada muito tempo depois e demonstrado experimentalmente igualmente tarde. Até os primórdios do renascimento era creditado o valor infinito para a velocidade da luz.

“No entanto, cientistas do século XI como o físico árabe Alhacén e o sábio persa Al-Biruni, baseando-se em certos experimentos, assegurarão que a luz teria uma velocidade finita. O debate continuou até o século XVII, com personalidades como Kepler a favor de uma velocidade infinita e outros como Galileu a favor de uma velocidade finita. Faltava uma medição definitiva.” (BELL, 2014, p. 527, **Tradução nossa**).

Empédocles, pensador grego da época de Aristóteles era um dos que defendiam uma velocidade finita para a luz, mas seu pensamento foi ofuscado pelo de Aristóteles que acreditava no oposto, ou seja, a velocidade infinita da luz. Alguns fatos foram trazidos por Aristóteles para demonstrar a propriedade da velocidade desta manifestação eletromagnética (BASSALO, 1986).

Dizia Aristóteles que ao fechar os olhos em uma noite escura sob a luz das estrelas ou do luar os sentidos humanos não eram capazes de detectar luz alguma, no entanto ao abrirem-se os olhos os sentidos perceberiam instantaneamente a luz destes corpos celestes provando assim que a sua velocidade era infinita. Quando o sol se escondia atrás das nuvens era possível observar automaticamente a queda na luminosidade, mesmo a nuvem estando muito acima da cabeça das pessoas, este era o efeito causado pela velocidade da luz, que era infinita.

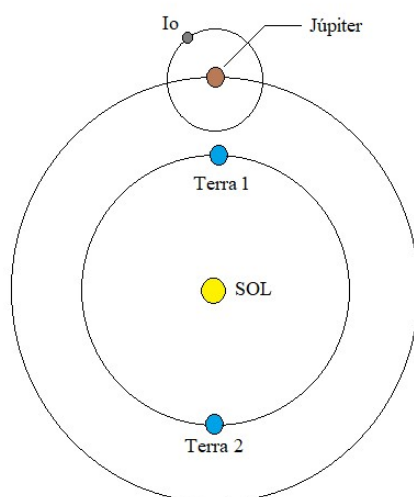
A distância que pode ser percorrida pela luz em um segundo é de 7,5 vezes o valor da circunferência do equador terrestre, mesmo ao se tomar o limiar de percepção da visão do ser humano ainda assim terá uma distância considerável. Para este limite de percepção da visão humana (1/24 s) é necessária uma distância de 12.500 km, o que é quase o dobro da distância entre Alexandria e a antiga cidade de Siena, palco do experimento de Eratóstenes (SANTOS et al., 2012).

Na época de Empédocles e Aristóteles não era possível realizar um experimento que provasse uma teoria ou outra sobre a luz, tendo em vista que para a medida do tempo de locomoção de um feixe de luz se faz necessária a utilização de relógios de precisão e os primeiros só viriam com Galileu Galilei, e ainda não tinham precisão de segundos (STRATHERN, 1999).

Alguns pensadores gregos sabiam que os sentidos não eram confiáveis, no entanto, a visão de Aristóteles perdurou até depois da idade média, e foi fortemente questionada pelo gênio científico de Galileu (POLITO; SILVA FILHO, 2013). Embora o Físico e Matemático Italiano não tenha demonstrado em suas experimentações o valor finito da velocidade da luz era comum encontrar em seus escritos sobre o tema a questão da finitude dela. Em 1632 em seu célebre livro Diálogos sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano eram apresentadas as bases do pensamento de

Galileu sobre a velocidade da luz, e também outras propostas que iam de encontro ao que Aristóteles havia falado tempos atrás (PIRES, 2011, p. 126).

Esta questão só ganhou vislumbre de sua solução após observações astronômicas divulgadas pelo astrônomo Giovanni Cassini, que constatou discrepâncias entre medidas observacionais de eclipses na primeira lua de Júpiter. Quando a Terra e o gigante gasoso estavam em oposição (Figura 1 – Terra 1) ocorriam adiantamentos na imersão e emersão desta lua com relação ao cone de sombra que é formado por Júpiter (Ocultação), e o oposto quando ocorre a conjunção entre esses dois planetas (Figura 1 – Terra 2). Esta ideia foi abandonada por ele, pois o efeito só pode ser notado para a primeira lua, nada foi constatado para as demais, mas a possibilidade de estudos posteriores continuou pairando sobre as cabeças de vários astrônomos da época.



**Figura 1:** Terra 1 - em configuração planetária de oposição com Júpiter, marcando o ponto de maior proximidade durante aquele ciclo; Terra 2 - em configuração planetária de conjunção com Júpiter, marcando o ponto de maior afastamento durante aquele ciclo (Baseado em LANGHI, 2016, p. 35). **Fonte: Elaborado pelo autor.**

As observações de Cassini dos atrasos dos eclipses da lua por Júpiter só poderiam ser explicadas devido a finitude da velocidade da luz. O astrônomo dinamarquês Ole Roemer utilizando observações semelhantes indicou que o Eclipse do primeiro satélite de Júpiter, previsto para o dia 09 de novembro ocorreria com aproximadamente 1.000 segundos de atraso, tendo em vista a posição de conjunção entre os dois planetas e a diferença entre o caminho que haveria de ser percorrido pela luz, que nesse caso seria



significativamente maior. O ano era 1676 e a previsão foi anunciada na Academia Real de Ciências e confirmada (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2017).

A medida da velocidade da luz era impossibilitada para a época, devido a imprecisão da distância Terra-Sol, que ainda não havia sido realizada através das paralaxes no decorrer do ano devido a variação de posição do Sol no céu visto da terra, as distâncias médias que eram tidas como mais confiáveis eram de 120.750.000 km que difere 19,30% do valor que é considerado hoje (149.600.000 km). Com os dados da época teríamos uma velocidade de 241.500 km/s. No entanto Ole Roemer não fez o cálculo desta velocidade a priori, se contentando apenas em discutir a finitude da velocidade da luz em seu comunicado a comunidade científica da época.

Os dados referentes ao raio da órbita da terra ao redor do sol foram sendo refinados pelo próprio Giovanni Cassini, em colaboração com outros astrônomos e assim foi se tornando cada vez mais possível encontrar um valor aproximado para a velocidade da luz. O próprio Ole Roemer chegou a um valor de 225.000 km/s para a velocidade da luz, utilizando dados referentes ao valor do diâmetro da terra e fazendo previsões mais precisas do atraso dos eclipses (HAWKING; MLODINOW, 2005).

É possível refazer os experimentos de Ole Roemer chegar aos valores conseguidos por ele nos dias atuais, no entanto com a pouca disponibilidade de dados experimentais que existiam na época, em que a civilização acabava de emergir de um período de trevas científicas, e tendo poucos materiais de precisão é necessário mais do que ressaltar os números e evidenciar a genialidade dos métodos adotados, pois estes sim são de valor incomensurável.

## **2.2 O centro de massa de um corpo massivo**

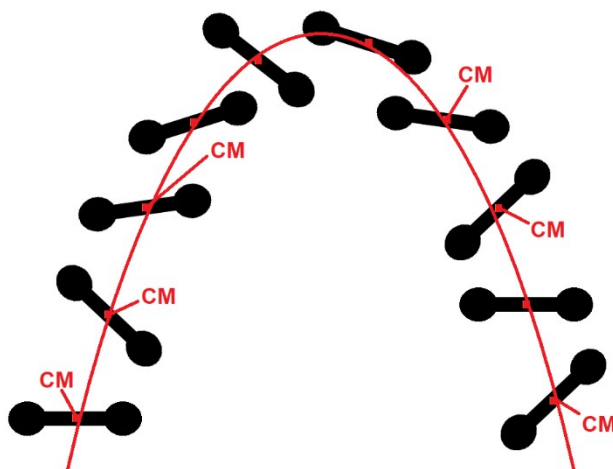
O centro de massa de um sistema de partículas (duas partículas ou mais em uma dada configuração de posições) é tido como o ponto pelo qual a análise do movimento pode se tornar mais facilitada em termos de trajetória, conservação de momento e outros aspectos de origem mecânica. Para Halliday et al., (2016) é possível definir duas características básicas para o centro de massa de um sistema de partículas.

“O centro de massa de um sistema de partículas é o ponto que se move como se (1) toda a massa do sistema estivesse concentrada nesse ponto e (2) todas as forças externas estivessem aplicadas nesse ponto” – (Halliday et al., 2016, p. 207).

Para verificação da primeira assertiva imagine duas bolas de bilhar que foram conectadas através de uma mola e lançadas para cima de maneira que se aproximassem ou se afastassem uma da outra. É possível de maneira equivalente discutir o movimento caótico de cada massa envolvida a fim de saber a trajetória do sistema, ou ainda, de maneira mais simples, calcular a posição do centro de massa desse mesmo sistema e obter a descrição completa da trajetória como se toda a massa do sistema estivesse concentrada no ponto que foi mostrado através das equações.

Quanto à segunda assertiva observe que se toda a massa estiver concentrada em um único ponto poderá existir uma equivalência entre o movimento do centro de massa de um sistema de partículas e o movimento de um ponto material. Ao lançar obliquamente um objeto qualquer é possível observar o seu centro de massa e verificar a trajetória parabólica que é descrita pelo mesmo, tal como quando é lançada uma bola de gude que se comporta como um ponto material para este caso.

A Figura 2 evidencia o que foi colocado até aqui e pode ser obtida através de fotografias de longa exposição. Foi marcada a posição do centro de massa de um altere, lançando-o de maneira oblíqua, fazendo com que rotacionasse ao mesmo tempo em que descrevia o movimento de translação.



**Figura 2:** Trajetória parabólica do centro de massa de um altere. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Outros exemplos de igual interesse são abordados em Nussenzveig (2013, p. 151) bem como uma análise matemática detalhada sobre a questão do centro de massa dos sistemas de partículas. Observa-se também que uma análise detalhada de sistemas estelares e a sua aplicação ao ensino de Física/Astronomia pode ser encontrada em Mello (2014), neste trabalho é ressaltado que os sistemas de estrelas estão totalmente ligados através da força gravitacional e tem massas com proporções razoáveis entre si. Neste caso cada estrela individual orbitará em torno de um centro de massa que poderá ficar fora da superfície das duas, ou mais, envolvidas.

Uma equação para o cálculo do centro de massa de sistemas com duas massas é dada em Nussenzveig (2013) e também em Halliday et al., (2016) que será reproduzida na equação (1).

$$X_{CM} = \frac{M_1x_1 + M_2x_2}{M_1 + M_2} \quad (1)$$

Neste caso observa-se que a massa  $M_1$  e a coordenada de posição  $x_1$  são referentes ao primeiro objeto do sistema enquanto que  $M_2$  e  $x_2$  são relativos ao segundo objeto, sendo estes considerados pontos materiais. A equação (1) é unidimensional e serve muito bem aos propósitos deste trabalho, no entanto, para um caso bidimensional, ou seja, com vários corpos dispostos no plano, ou ainda para o caso tridimensional, pode-se valer de uma equação vetorial análoga com componentes  $X_{CM}$ ,  $Y_{CM}$  e  $Z_{CM}$  apresentadas abaixo.

$$Y_{CM} = \frac{M_1y_1 + M_2y_2}{M_1 + M_2} \quad (2)$$

$$Z_{CM} = \frac{M_1z_1 + M_2z_2}{M_1 + M_2} \quad (3)$$

$$\mathbf{R}_{CM} = \frac{M_1\mathbf{r}_1 + M_2\mathbf{r}_2}{M_1 + M_2} \quad (4)$$

Novamente, nas equações (2), (3) e (4), observa-se que a massa é dada por  $M_1$  e a coordenada de posição  $y_1$ ,  $z_1$  são referentes ao primeiro objeto do sistema ( $\mathbf{r}_1$  é referente ao vetor de posição do primeiro objeto) enquanto que  $M_2$  e  $y_2$ ,  $z_2$  são relativos ao segundo objeto ( $\mathbf{r}_2$  é referente ao vetor de posição

do primeiro objeto), sendo estes considerados pontos materiais. Para mais de duas partículas envolvidas no sistema, é possível substituir as somas simples por somatórios, tal como será visto adiante, no entanto a generalidade é automática.

$$X_{CM} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i x_i}{\sum_{i=1}^N m_i} \quad (5)$$

$$Y_{CM} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i y_i}{\sum_{i=1}^N m_i} \quad (6)$$

$$Z_{CM} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i z_i}{\sum_{i=1}^N m_i} \quad (7)$$

$$\mathbf{R}_{CM} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \mathbf{r}_i}{\sum_{i=1}^N m_i} \quad (8)$$

Posteriormente será aplicada a equação (1) ao caso de dois objetos massivos, tais como planetas e seus satélites naturais, permitindo com que se possa calcular o centro de massa de dois sistemas muito importantes e que tem sido causa de discussões acaloradas entre o público leigo em Astronomia.

# O ENSINO DE CONCEITOS ATRAVÉS DA VISÃO DA TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL

### 3.1 Um panorama geral da Teoria Histórico-Cultural

Nascido no dia 17 de novembro de 1896, na cidade provinciana e pequena de Orsha, na Bielo-Rússia, Lev Semenovitch Vygotsky (de origem judaica assim como muitos pensadores influentes e de renome da época), era pertencente a uma família bem estruturada em termos financeiros. Vygotsky teve sua vida encurtada pela tuberculose, vindo a óbito em 11 de junho de 1934, o que não impediu que a brevidade de sua vida lhe permitisse grandes contribuições no estudo da Psicologia, bem como em outras áreas relacionadas, tais como a Pedagogia e as Artes.

Sobre Vygotsky e sua genialidade é possível encontrar nos escritos de um de seus colaboradores, Lúria, as seguintes palavras:

Não é exagero dizer que Vygotsky era um gênio. Ao longo de mais de cinco décadas trabalhando no campo da ciência, eu nunca encontrei alguém que sequer se aproximasse de sua clareza de mente, sua habilidade para expor a estrutura essencial de problemas complexos, sua amplitude de conhecimentos em muitos campos e sua capacidade para antever o desenvolvimento do futuro da ciência (LURIA, 2017, p. 21).

A educação do jovem Vygotsky, até os 15 anos, se processou totalmente em casa, através de tutores particulares que detectaram, desde cedo, o grande interesse em informações e por leituras por parte do futuro criador da Psicologia Histórico Cultural, em geral alimentadas pelo grande conhecimento de línguas além da materna (REGO; 1995; p. 20).

O interesse pela psicologia surgiu após o contato com crianças com deficiências congênitas, tais como a cegueira, retardo mental severo e afasia, sendo esta última uma perturbação na linguagem. As investigações iniciais sobre tais problemas permitiram com que fossem delineadas decisões posteriores sobre as investigações tanto de Vygotsky quanto de seus

colaboradores. A compreensão profunda deste acometimento, que foi conseguida por estes pesquisadores encaminhou os trabalhos de Vygotsky para dois caminhos um deles culminava com o entendimento das estruturas cerebrais envolvidas intimamente no distúrbio o outro aportava nos traços psicológicos deste distúrbio.

Uma das grandes contribuições de Vygotsky utilizada como embasamento dessa pesquisa, é o ensino de conceitos. Ele se apoia em teorias e estudos anteriores de outros autores, para realizar discussões profundas que vão desde os métodos de investigação da construção dos conceitos em todas as faixas de desenvolvimento do ser humano, até sobre como estes aspectos são desenvolvidos.

Um dos autores que havia sido bastante criticado por Vygotsky era o biólogo suíço Jean Piaget, que também traz questionamentos e posicionamentos sobre os conceitos espontâneos e os conceitos científicos na aprendizagem humana. No entanto parte das teorias de Piaget são contrapostas pelo autor russo, utilizando resultados de pesquisas e questionamentos sobre o desenvolvimento e maturação humanas (VYGOTSKY, 2009).

É encontrado em Vygotsky que os processos que levam à formação dos conceitos só começam a se desenvolverem a partir dos doze anos, sendo assim, os processos de abstração ampliam-se após este momento de início da puberdade.

Achamos suficiente ressaltar o seguinte resultado básico: estudos especiais mostram que só depois dos doze anos, ou seja, com o início da puberdade e ao término da primeira idade escolar, começam a desenvolver-se na criança os processos que levam a formação dos conceitos e ao pensamento abstrato (VYGOTSKY, 2009, p. 155).

De forma mais incisiva é destacado por Vygotsky o desenvolvimento dos conceitos científicos na idade escolar como ponto de superação dos conceitos espontâneos e parte do desenvolvimento e maturação do aluno. Experiências realizadas com alunos do ensino fundamental mostraram que no campo dos conceitos científicos ocorrem níveis mais elevados de tomada de consciência do que nos conceitos espontâneos, o que pede que a escola leve em

consideração estes aspectos no desenvolvimento de suas metodologias de ensino, e na construção do currículo.

Davidov (1987, p. 157) também destaca a necessidade de conteúdos escolares superarem os empíricos que são apropriados no cotidiano do discente, tendo assim maior importância à abordagem destes através do ensino de conceitos. Ainda sobre esse aspecto do desenvolvimento destaca-se os dizeres de Sforzi (2015, p. 11), quando afirma que “[...] a apropriação de conceitos contribui para o desenvolvimento psíquico”.

Especialmente sobre os conceitos científicos, Vygotsky estabelece que estes evoluem de maneira igual aos significados das palavras. Esse processo de evolução dos conceitos é resultado de uma série de outras interferências diretas das funções psicológicas, indo desde a atenção arbitrária até a memória lógica. Desta maneira estes processos de construção dos conceitos científicos não podem ser memorizações, ou assimilações, tais como era destacado por algumas teorias dos tempos de Vygotsky. Esse aspecto da evolução dos conceitos científicos ao longo do desenvolvimento das funções psicológicas superiores é parte integrante dos questionamentos pedagógicos de Vygotsky, tal como pode ser observado no fragmento abaixo.

Não menos que a investigação teórica, a experiência pedagógica nos ensina que o **ensino direto de conceitos** sempre se mostra impossível e pedagogicamente estéril. O professor que se envereda por esse caminho costuma não conseguir senão uma assimilação vazia de palavras, um verbalismo puro e simples que estimula e imita a existência dos respectivos conceitos na criança, mas, na prática, esconde o vazio. Em tais casos, a criança não assimila o conceito, mas a palavra, capta mais de memória que de pensamento e sente-se impotente diante de qualquer tentativa de emprego consciente do conhecimento assimilado (VYGOTSKY, 2009, p. 247, grifo nosso).

O ensino de conceitos científicos novos ao aluno, bem como de palavras, não só é possível como pode ser fonte de grande potencial para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores e permitir com que os discentes desenvolvam grandes possibilidades quanto à revisão dos conceitos que estão previamente aprendidos, tendo em vista que como o próprio Vygotsky nos assevera, os conceitos não são estáticos e evoluem, tal como a amplitude do significado das palavras (VYGOTSKY, 2009, p. 250).

Assim, partindo do pressuposto de que o ensino e apropriação de conceitos pelos discentes é o principal ponto de fundamentação teórica desta dissertação e que esta metodologia de organização dos conteúdos implica em diversos fatores que vão desde a construção de um currículo que esteja apoiado na Teoria Histórico-Cultural e que permitam a sua utilização até o impacto no desenvolvimento e maturação do discente, será tratado no próximo tópico o método de desenvolvimento do projeto e as implicações deste para a análise a abordagem dos dados produzidos durante a pesquisa.

### ***3.1.1 O ensino de conceitos através do experimento de Ole Roemer***

Dentro do contexto do experimento de Ole Roemer foram escolhidos alguns aspectos conceituais que estão diretamente ligados à prática histórica que foi realizada, são eles: o trânsito planetário, o eclipse e a ocultação. O trânsito planetário é em muitos casos aplicado ao caso de um planeta que orbita sua estrela hospedeira, e neste sentido, de acordo com Silva et al., (2020, p. 2) pode-se defini-lo como sendo:

[...] um fenômeno similar ao eclipse solar. Quando o planeta se desloca na frente do disco estelar ele bloqueia parte da radiação emitida pela estrela e o seu brilho é atenuado. Esse deslocamento é denominado trânsito. Através do monitoramento do brilho da estrela ao longo do tempo é possível observar esse pequeno decréscimo. Chamamos de curva de luz o gráfico desse brilho aparente da estrela (fluxo) em função do tempo. A Técnica do Trânsito Planetário (TTP) consiste em observar esse trânsito, o que só é possível se houver um alinhamento da órbita do planeta com a nossa linha de visada.

Como é possível observar eclipses e trânsitos planetários são semelhantes, ou seja, possuem conceitos que conduzem a mesma interpretação, no entanto geram aplicações diferentes. Pode-se também conceituar eclipses, de acordo com Oliveira Filho e Saraiva (2017, p. 54) tem-se o seguinte conceito:

“Um eclipse acontece sempre que um corpo entra na sombra do outro. Assim quando a Lua entra na sombra da Terra, acontece um **eclipse lunar** quando a terra entra na sombra da lua acontece o **eclipse solar**.”



É possível também conceituar a ocultação, que é quando um corpo celeste atravessa a linha de visada de outro, a partir da Terra, impossibilitando sua observação por alguns instantes ou até mesmo horas. No caso de Io e Júpiter o satélite imerge na sombra de seu planeta hospedeiro, sendo ocultado do campo de visão. A partir das contextualizações apresentadas, o objetivo do trabalho é tratar desses três conceitos a partir do experimento de Ole Roemer, tendo em vista o ambiente fecundo proporcionado por esse evento celeste analisado pelos astrônomos. Para tanto será desenvolvido um material didático que terá como objetivo a demonstração desses fenômenos e permitirá aos discentes a formulação e diferenciação desses conceitos.

Sobre o ensino de conceitos Sforni (2015) traz uma série de ações necessárias às práticas docentes com o intuito de nortear o ensino de conceitos científicos. Dentre os cinco princípios necessários para a prática docente, destaca-se aquele relacionado à ação mediada pelo conceito.

Neste âmbito, de ação mediada pelo conceito, são colocadas pela autora três ações docentes motivadas por este princípio, sendo a *“análise da gênese do conceito no seu aspecto lógico-histórico para buscar o que é nuclear no conceito”* a primeira destas e está diretamente relacionada a busca por aquilo que é direcionador do entendimento do conceito, ou seja, nuclear.

Nessa esteira tem-se também *“a elaboração de problemas desencadeadores com a finalidade de levar os alunos a resolvê-los por meio da mediação do conceito”* onde para o aprendizado do conceito o aluno deve aplicá-los à problemáticas diversas e, através da mediação do conceito, resolvê-los.

Por fim *“inclusão de novos problemas de aprendizagem ao final do processo de estudo para analisar se os alunos operam mentalmente com o conceito”* Observa-se a inclusão de novos problemas para a resolução do discente com a aplicação do conceito aprendido e a concretização do aprendizado.

Essas três ações docentes estão presentes na prática descrita adiante, tendo em vista que os discentes trabalharão com conceitos científicos e estruturarão a sua concepção e sua inclusão dentro do rol de conhecimentos que já dispõem.

### ***3.1.2 O caráter social da Ciência: O Caso de Plutão***

Plutão foi descoberto em 1930 pelo astrônomo norte-americano Clayde Tombaugh e figurou como planeta por muito tempo, até sua reclassificação em 2006. Plutão tem cinco luas conhecidas, dentre as quais a mais famosa e mais massiva é Caronte, sendo as outras batizadas como Estige, Nix Cérbero e Hidra. A distância entre este corpo celeste e o Sol varia ao longo de sua órbita, apresentando um periélio de 29 UA (Unidade astronômica) e um afélio de 49 UA.

O planeta anão é considerado aquele que tem maior excentricidade entre as órbitas, ou seja, 0,248 enquanto que sua inclinação orbital é de 17° aproximadamente. Estas características são específicas do corpo celeste, que destoa de todos os outros que tem conhecimento, não se enquadrando na categoria de planeta, nem de cometa.

O corpo celeste foi estudado exaustivamente após a chegada da sonda New Horizons, que foi responsável por estudar o Cinturão de Kuiper e os corpos que pertencem a esta região, que é uma das limítrofes do sistema solar.

Plutão esteve ao longo de muitos anos no cerne das discussões sobre Astronomia e também se tornou parte integrante da revisitação do conceito científico de planeta. No ano de 2006 durante a 26ª assembleia Geral da União Internacional de Astronomia (UIA) o corpo celeste foi rebaixado à categoria de planeta-anão. Algumas considerações foram feitas com relação a esta nova categoria todas elas com base em aspectos referentes a evolução deste conceito ao longo da história da humanidade. Estas discussões levavam em consideração a descoberta de outros corpos celestes, tais como Cérís, Éris e Caronte, estando estes no Cinturão de Asteroides e também no Cinturão de Kuiper, local de encontro de Plutão.

A nova definição e a mudança de classificação de Plutão são potencialmente problemas motivadores da discussão da natureza da ciência, tendo em vista esta recente classificação. O entendimento do fazer científico é uma das maneiras de permitir que os cidadãos tenham em mente, como atua a produção de conhecimento e o desenvolvimento de novas tecnologias para serem utilizadas no dia-a-dia, tem relação também com o entrelaçamento da

Ciência com a sociedade e como isto impacta nos conceitos e na evolução destes ao longo do tempo.

O entendimento do *fazer científico* pode ter como consequência o estabelecimento de objetivos dentro das aulas de ciências, que tem sido inundada de falta de significados e utilizando-se de fórmulas e equações que são recitadas sem que nem mesmo os discentes conheçam conteúdo e o impacto desta as no seu dia-a-dia.

Atualmente, o ensino sobre a natureza da ciência tem ganhado destaque se tornando importante e impactante. Quando o tema é tratado no contexto social, é preciso desmistificar crenças, rituais e mitos, e distinguir a ciência da pseudociência, que por sua vez desagrega valor à produção de conhecimento e produz a desinformação aos cidadãos.

O conceito científico de planeta teve evolução ao longo dos anos, séculos e milênios partindo de pequenos pontos luminosos que se movem tendo como fundo as estrelas fixas da abóbada celeste, até conceitos que envolvem critérios para a sua classificação. Esta evolução com relação a complexidade destes corpos celestes é fruto da evolução do pensamento humano e também da Ciência como fundamentação do conhecimento que serve à sociedade.

As chamadas estrelas errantes, já na antiguidade foram as primeiras formas de classificação e diferenciação das estrelas fixas para os planetas. Hoje sabe-se que naquele momento eram observados os planetas Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno, que eram os conhecidos até então. Observações referentes aos planetas netuno e urano só foram possíveis com advento dos grandes telescópios e também de estudos referentes a perturbações nas órbitas de planeta já conhecidos.

Assim a concepção de planeta foi sendo modificada e passou então a incluir estes dois últimos (Urano e Netuno) como parte do grupo seletivo de corpos do sistema solar. Desta maneira em 2006 foi colocado os seguintes critérios para a definição do que vem a ser um planeta.

Os membros da União Internacional de Astronomia (UIA) na Assembleia Geral de 2006 concordaram que um planeta é definido como um corpo celeste que:

a) está em órbita ao redor do Sol,

- b)** tem massa suficiente para que sua auto-gravidade supere as forças de corpo rígido de modo que ele assume uma forma de acordo com o equilíbrio hidrostático (aproximadamente redondo), e
- c)** limpe a vizinhança em torno de sua órbita.

Um planeta anão é um corpo celeste que:

- a)** está em órbita ao redor do Sol,
- b)** tem massa suficiente para que sua auto-gravidade supere as forças de corpo rígido de modo que ele assume uma forma de acordo com o equilíbrio hidrostático (aproximadamente redondo),
- c)** não limpou claramente a vizinhança em torno de sua órbita, e
- d)** não é um satélite.

Isto significa que o Sistema Solar consiste de oito “planetas” Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno. Uma nova categoria de objetos chamada “planeta anão” também foi decidida. [...] Os primeiros membros da categoria ‘planeta anão’ são Ceres, Plutão e Eris (UIA, 2006, nossa tradução).

Após a crescente descoberta de outros corpos do sistema solar presentes no Cinturão de Kuiper um impasse se formou, ou era necessária a consideração de que os outros corpos descobertos fossem considerados planetas ou Plutão deveria ser retirado dessa categoria e incluído em uma nova. Assim foi feita a resolução e definição do conceito de Planeta e planeta anão.

As várias mudanças das categorias de alguns dos corpos celestes de acordo com o modelo de universo, geocêntrico ou heliocêntrico, exemplificam o caráter transitório e temporário do conhecimento científico, tal como os casos de Ceres e Plutão, que tiveram sua classificação alterada em consequência das implicações decorrentes de descobertas de asteroides ao seu redor (ALBUQUERQUE; LEITE, 2016, p. 41).

A ciência, portanto, é um conjunto de conhecimentos construídos de maneira social, onde as descobertas de uma geração são base para aquelas que venham a ser realizadas por outras gerações posteriores, onde em muitos casos a ideia de um gênio onipotente não é reflexo do que realmente ocorre, servindo apenas para descaracterizar o real significado da ciência.

### ***3.1.3 Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) como ponto de partida***

Ao realizar estudos sobre as características da aprendizagem observa-se uma maior facilidade de execução de certas tarefas ou o entendimento de alguns conceitos quando estes estão relacionados à experiência cotidiana do estudante. Assim, ao se ensinar, por exemplo, sobre o crescimento de uma

árvore ou ainda o desenvolvimento de um embrião, aqueles que estão em contato direto com a natureza estarão mais propensos a entender de maneira mais satisfatória as nuances dos conceitos envolvidos.

Isto se deve ao fato de que a Teoria Histórico-Cultural leva em consideração os aspectos históricos e sociais do indivíduo como importantes para a formação do conhecimento, essa importância tem a ver com a interação social deste com o meio de sua vivência, assim o aprendizado é considerado fundamental para o desenvolvimento de algumas funções psicológicas ditas superiores, tais como a linguagem, a memória e a atenção arbitrária.

Vygotsky chamou a atenção para a existências de algumas zonas dentro da estrutura cognitiva da criança que merecerão destaque e definições precisas a fim de evitar qualquer confusão entre esses conceitos. A primeira delas se refere a Zona de Desenvolvimento Real da Criança. A segunda, também de grande importância é a Zona de Desenvolvimento Potencial. Já a última, que será abordada aqui com maior ênfase é a Zona da Desenvolvimento Proximal

A(O) *Zona (Nível) de Desenvolvimento Real* é tida com as habilidades e conquistas que foram adquiridas pela criança e que já estão consolidadas nela, ou seja, aquelas funções que podem ser desenvolvidas de maneira autônoma, sem a necessidade de ajuda de terceiros (uma criança mais velha, um adulto, um professor, familiares e etc.). Os processos mentais que a criança experimenta nesta zona são aqueles que já completaram todos os ciclos de desenvolvimento.

A(O) *Zona (Nível) de Desenvolvimento Potencial* refere-se a alguma atividade que a criança também consegue desenvolver sozinha, no entanto, diferentemente da Zona de Desenvolvimento Real aqui o educando deve realizá-la com o auxílio de um adulto. Isto porque os conhecimentos sobre aquela atividade não estão completamente desenvolvidos e nem passaram por todos os ciclos da aprendizagem.

“Nesse caso, a criança realiza tarefas e soluciona problemas através do diálogo, da colaboração, da imitação, da experiência compartilhada e das pistas que a elas são fornecidas. Como por exemplo, uma criança de cinco anos pode não conseguir, numa primeira vez, montar sozinho quebra-cabeças que tenha muitas peças, mas com a assistência de seu irmão mais velho,

ou mesmo de uma criança de sua idade, mas que já tenha a experiência neste jogo, pode realizar a tarefa. Este nível é para Vigotski bem mais indicativo de seu desenvolvimento mental do que aquilo que ela consegue fazer sozinha.” (REGO, 1995, p. 73)

A distância entre a Zona de Desenvolvimento Real, ou seja, aquilo que a criança é capaz de fazer de forma autônoma, e a Zona de Desenvolvimento Potencial, aquilo que a criança executa com o auxílio de outros mais experientes, é o que Vygotsky chamou de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). A ZDP define aquelas funções que ainda não amadureceram na criança, que estão em processo de formação embrionária e que estão em pleno desenvolvimento, assim o aprendizado tem papel importante, nuclear no desenvolvimento da criança, pois somente através dele é possível que o indivíduo coloque em exercícios diversos processos de desenvolvimento que sem a ajuda externa seriam impossíveis.

O papel da escola no desenvolvimento dessas zonas, tornando real o potencial e aumentando a ZDP é parte integrante da Teoria Histórico-Cultural, pois é através desse procedimento que os discentes desenvolveram suas capacidades para explorar novos conceitos e também para aprofundar aqueles que já dominam de maneira superficial.

O processo de ensino que leve em consideração os desenvolvimentos dos estudantes em termos das Zonas descritas pela Teoria Histórico-Cultural deverá certamente ser exitosa em ensinar diversos conceitos. O ensino de conceitos é parte integrante dessa teoria do aprendizado e permite que se possam descrever os aspectos mais primordiais do conhecimento dos educandos.

# DOIS MATERIAIS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE CONCEITOS: O EXPERIMENTO DE OLE ROEMER E O SISTEMA PLUTÃO-CARONTE

### 4.1 A construção do Experimento de Ole Roemer

Através do estudo do experimento de Ole Roemer e de construções de materiais de baixo custo foi possível modelar e imprimir em impressora 3D os materiais didáticos, que constituem o equipamento que foi utilizado na prática de ensino. Os arquivos para impressão em 3D estão disponíveis em link nas referências deste trabalho e tem como objetivo a divulgação do conhecimento e da prática docente com base no referido equipamento.

O equipamento tem sua versão construída com materiais de baixo custo e conta com um anteparo circular de 20 cm de diâmetro (podendo ser pintado para representar as características de algum planeta conhecido), dois anteparos pequenos de 2 cm e 3 cm de diâmetro, um mecanismo de visada para melhor controle observacional por parte do observador e duas fontes luminosas de dimensões diferentes, em que a primeira pode ser a lanterna de um celular (fonte pontual para os experimentos de ocultação e transito) ou um Light-Emitting Diode – LED, e a segunda uma lâmpada de LED (fonte extensa para o experimento de eclipse). Os materiais aparecem na Figura 3.

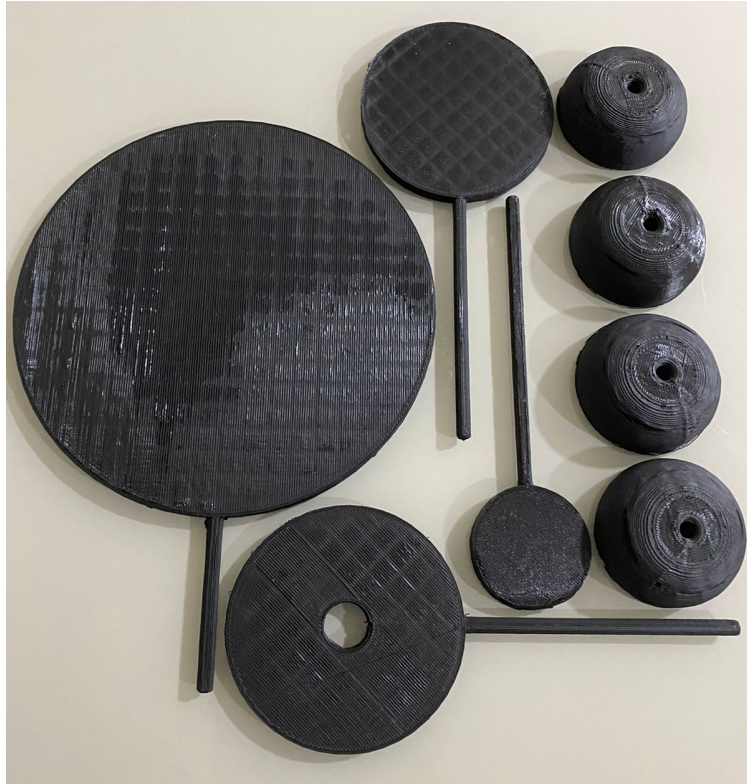


**Figura 3:** Conjunto construído com materiais de baixo custo onde observa-se um anteparo de 20 cm de diâmetro, mecanismo de visada e dois anteparos de 2 cm e 3 cm de diâmetro. **Fonte: Elaborado pelo autor.**

No ponto onde é colocado um observador foi associado o mecanismo de visada, que possibilita a simulação da visualização dos modelos dos astros e das simulações dos fenômenos que pretende-se abordar. O mecanismo de visada permite que se tenha uma diminuição do campo de visão dos objetos, o que se assemelha aos processos de visualização dos telescópios, tanto os usados na época de Roemer quanto em alguns de pequena abertura que é usado nos dias atuais.

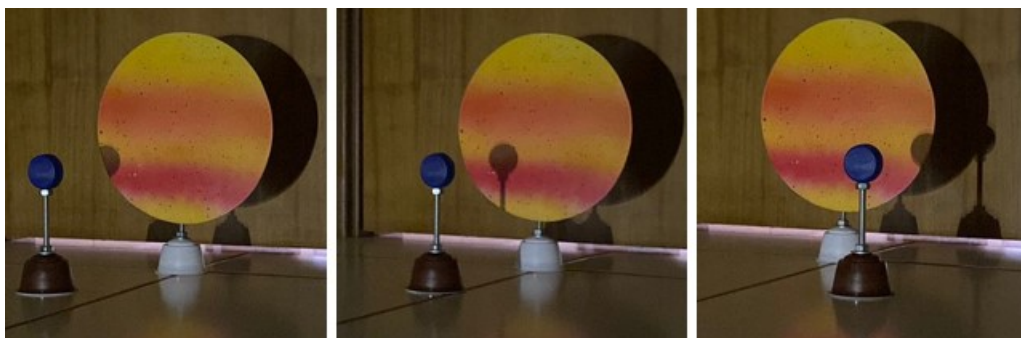
Estes mecanismos foram construídos em impressoras 3D como forma de facilitar a sua confecção para aqueles que tem acesso a esses equipamentos, permitindo maiores possibilidades em termos de tamanho dos objetos a serem impressos. Todos os pontos do experimento foram reproduzidos nessas impressoras e foi possível reproduzir as proporções reais de planetas e suas luas sem maiores problemas, apenas modificando os dados de diâmetro dos materiais que deveriam ser impressos. Os componentes em Plástico Polilático (PLA) estão apresentados na Figura 4.





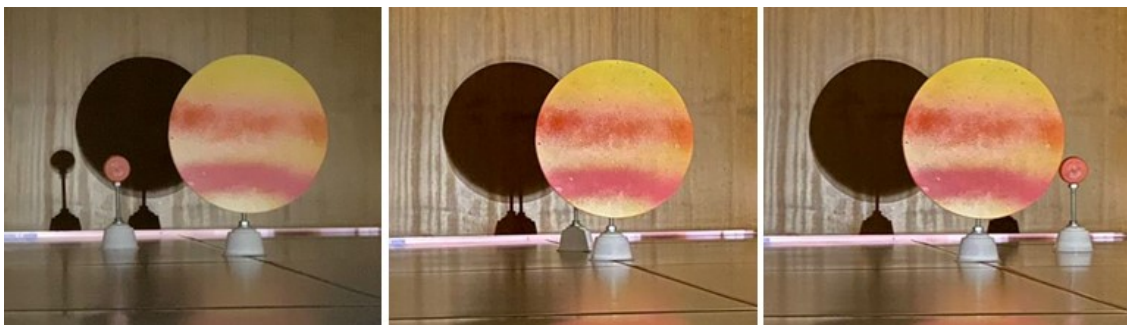
**Figura 4:** Resultado da impressão e verificação das dimensões dos objetos celestes impressos em impressora 3D (material PLA). **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Os materiais devem ser dispostos em um local escuro, para potencializar os efeitos e simular a luminosidade que é colocada pela fonte de luz e permitir que as devidas sombras sejam realizadas de maneira satisfatória. Para o desenvolvimento do experimento é necessária uma bancada de aproximadamente 2 m de comprimento, permitindo o maior conforto para os alunos e professores que utilizarão o material didático. Tendo em vista as condições adotadas, pode-se observar na Figura 5, a configuração do progresso de transição após a construção de sombras.



**Figura 5:** Configuração progressiva da transição assemelhando-se a projeção que é observada a partir da Terra das luas de Júpiter sobre o próprio planeta. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Através do mesmo procedimento é possível conceituar outras configurações, tais como o eclipse e a ocultação. Para a ocultação é possível a construção progressiva, tal como mostra a Figura 6.



**Figura 6:** Composição progressiva da Ocultação assemelhando-se a projeção que é observada a partir da Terra das luas de Júpiter sobre o próprio planeta. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Como observado anteriormente tanto a transição quanto o eclipse podem ser considerados equivalentes bastando que seja modificado o referencial da visualização do fenômeno. Esta característica deve ser constatada pelos discentes ao final da prática experimental, o que pode ser obtido por meio de diagramas e também por meio da utilização do material didático apresentado.

Além das duas configurações mencionadas é possível criar condições para que o aluno, através da utilização deste material didático, verifique as condições para um eclipse, assim, a composição que mostramos na Figura 7, representa um eclipse anular, reproduzido através de uma fonte de luz (Lâmpada de LED) acoplada à luminária.



**Figura 7:** Configuração de eclipse Anular obtida através da utilização do material didático. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Tendo sido elucidados todas as nuances do material didático, pois todas as configurações didáticas já foram demonstradas, a próxima seção será utilizada para apresentação do local da pesquisa, a descrição da prática docente e da metodologia de ensino.

## **4.2 A Construção do Modelo de Plutão-Caronte**

O modelo que será descrito adiante terá como base a construção através de impressoras 3D, cuja utilização é bastante acessível para aqueles que saibam utilizar aplicativos/programas de modelagem impressão de componentes.

O material didático que se descreve a seguir tem como base a utilização de programas básicos de modelagem, o principal deles é o software Solid Works, sendo este um software com licença adquirida pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) – Campus Porto Velho Calama e que se constitui no mais indicado do mercado para a criação de modelos educacionais, tendo em vista a facilidade de construção de equipamentos e aparelhos dedicados para esta finalidade.

Não será apresentada no escopo desta dissertação a construção do material, apenas o resultado final e a metodologia de utilização deste em sala de aula, auxiliada por uma câmera do tipo DSLR, ou ainda um celular com aplicação para longa exposição, para traçar as trajetórias dos corpos em torno de um ponto incomum.

A descrição completa do material, sua construção e utilização aparecem como apêndice, tendo em vista que constitui-se no produto educacional desenvolvido ao longo dos anos em que o pesquisador atuou como discente do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

Ao analisar o sistema de planetas duplos, Plutão-Caronte, tal como é colocada através da definição de Oliveira Filho e Saraiva (2018) percebe-se que o cálculo do centro de massa deste sistema pode ser realizado através de aspectos e equações que são ensinados corriqueiramente nos cursos de ensino médio das escolas públicas de todo o país.

Ao estabelecer uma proporção entre as distâncias dos centros de massa é possível obter a posição indicada tal como na Tabela 1.

Corpo Celeste	Dimensão (Diâmetro)	Posição no eixo X do centro do corpo	Posição do centro de massa do corpo
Plutão	3,0 cm	1,5 cm	4,0 cm
Caronte	1,5 cm	25,5 cm	

**Tabela 1:** Tabela de distância/proporção/posição para o corpo celeste. **Fonte: Elaborado pelo autor.**

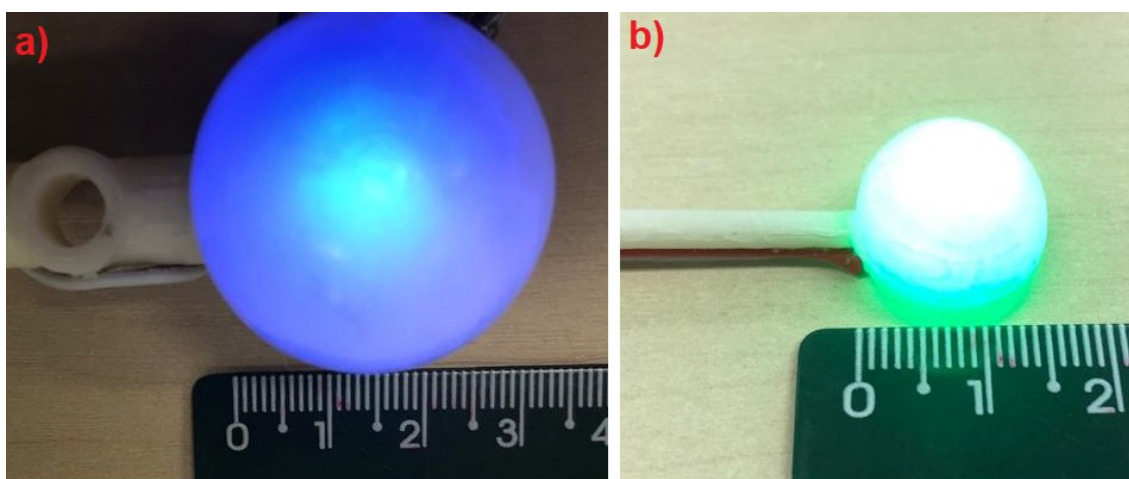
Da mesma forma como no estudo do experimento de Ole Roemer, onde foram utilizados modelos representativos da situação real, foram realizados estudos sobre as proporções ideais para a representação da configuração de Plutão-Caronte. Assim, com base nos dados da Tabela 1 foi possível realizar a modelagem e impressão dos componentes em impressora 3D. Os links para download do arquivo que foi construído estão nas referências desse trabalho e tem como objetivo, novamente, a divulgação do conhecimento produzido e a facilitação de possíveis práticas docentes futuras sobre o tema.

O material didático é composto por uma haste que possui duas semiesferas de dimensões diferentes ligadas entre si por um eixo de mesmo material utilizado nas impressões e que por si constitui parte do material didático, uma base de madeira e um circuito elétrico embarcado. Na haste, especificamente no ponto em que ficaria o centro de massa do sistema existe um orifício para encaixe do eixo de um motor de passo (9 V). A Figura 8 permite com que seja visualizada a configuração final do sistema.



**Figura 8:** Representação do sistema Plutão-Caronte, em que se observa o tamanho completo do material didático desenvolvido e impresso em impressora 3D. **Fonte: Elaborado pelo autor.**

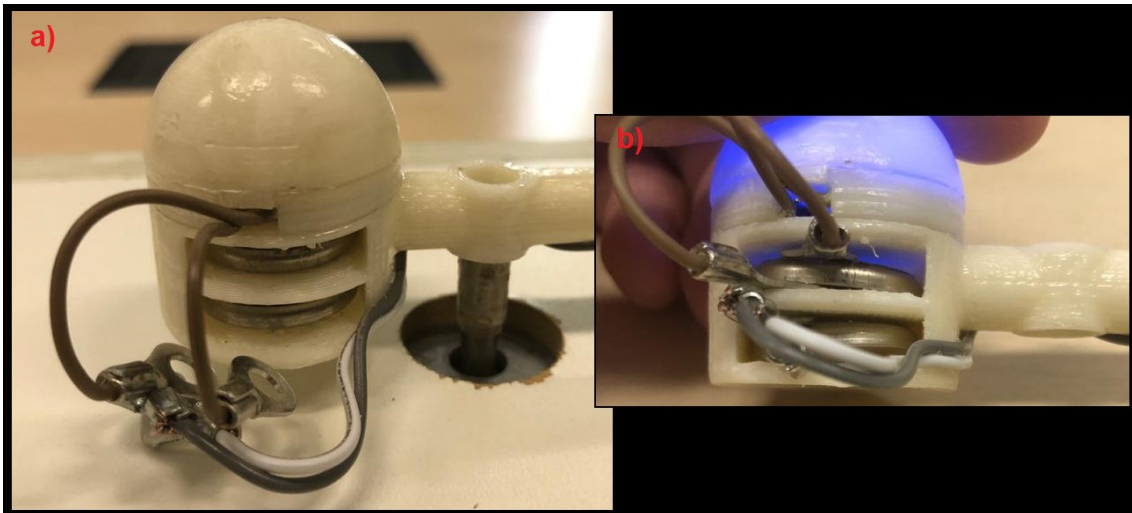
Observe que a semiesfera que representa Plutão aparece na Figura 8 com uma coloração azulada, tendo aproximadamente 1,5 cm de raio, enquanto que a semiesfera que representa Caronte tem aproximadamente 0,75 cm de raio tendo coloração verde. Ambas estão separadas por uma distância de 25,5 cm e o orifício para a conexão com o eixo do motor de passo, está mais próximo da superfície da semiesfera que representa Plutão do que daquela que representa Caronte, tendo em vista que é ali que está localizado o centro de massa do sistema. As proporções para construção do material estão apresentadas na Tabela 1 e estas dimensões foram adotadas para permitir que o sistema exemplificasse de forma aproximada a configuração real. Pode-se obter uma visualização das proporções comentadas na Figura 9.



**Figura 9:** a) A representação do Planeta-anão Plutão é feita com o diâmetro de 3 cm, sendo evidenciado na figura através de medida direta, o orifício para a conexão com o eixo de rotação do motor é evidenciado à esquerda da semiesfera azul; b) A representação do corpo celeste Caronte é feita com o diâmetro de 1,5 cm, sendo evidenciado na figura através de medida direta, sendo evidenciada na figura através da semiesfera com coloração verde. **Fonte: Elaborado pelo autor.**

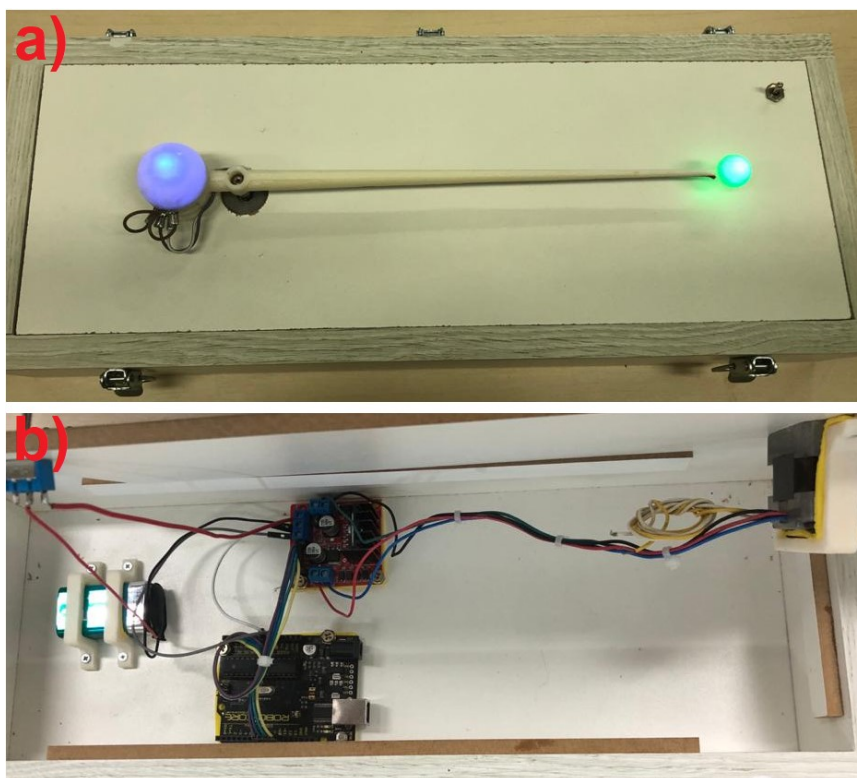
Para que o efeito visual pudesse ser obtido foram utilizados dois Diodos Emissores de Luz (Light Emitting Diodes - LED's) que foram ligados de maneira independente através de um sistema de gavetas, confeccionado durante a impressão do material didático. Este sistema é necessário para posicionar e permitir a rotação solidária de duas baterias de 3 V que acionam os LED's de forma individual. Na Figura 10 é possível observar este sistema realizando o acionamento dos LED's e seu acionamento através de bornes eletrônicos.





**Figura 10:** a) Observa-se o sistema como um todo, com duas baterias de lítio de 3 V para acionamento dos LED's de maneira individual, o sistema não está acionado, já que os bornes de ligação não estão em contato com os polos da bateria; b) Os bornes de ligação em contato com os polos da bateria, permitindo com que os LED's fossem acionados e causassem o efeito luminoso desejado. **Fonte: Elaborado pelo autor.**

Todo este sistema foi montado em uma caixa de madeira, permitindo com que um motor de passo fosse colocado na parte interna e o conjunto Plutão-Caronte fosse deixado à mostra para as utilizações didáticas. Este motor pode ser programado para ter uma rotação que seja proporcional aquela experimentada pelo sistema real em torno do centro de massa, aproximando ainda mais a experimentação dos aspectos observados pelos astrônomos através de grandes telescópios. A Figura 11 demonstra o conjunto inteiro montado, bem como os componentes internos que constituem um experimento como um todo.



**Figura 11:** a) Vista superior do conjunto, mostrando o material didático completamente ajustado para utilização em sala de aula; b) Vista interna do conjunto mostrando módulo de controle de arduino, motor de passo, bateria de 9V e chave de acionamento do conjunto. **Fonte: Elaborado pelo autor.**

Para a prática docente, o sistema era posto em movimento e os alunos tentavam colocar em papel a trajetória dos dois pontos luminosos, ao redor do centro de massa. Com as luzes da sala de aula desligadas o professor fazia uma fotografia de longa exposição (3 a 5 segundos) permitindo a visualização dos círculos concêntricos ao redor do centro de massa. Esta imagem era projetada através de um Datashow, permitindo a verificação da trajetória correta dos dois corpos. A Figura 12 ilustra esse procedimento e também a figura final obtida através do experimento.



**Figura 12:** Imagem de longa exposição do movimento dos corpos celestes (Plutão e Caronte) em torno do centro de massa. **Fonte:** Elaborado pelo autor.



# A UTILIZAÇÃO DO EXPERIMENTO NO CONTEXTO DAS AULAS REMOTAS

## 5.1 Local da pesquisa

O Campo de Pesquisa no qual foram desenvolvidas as investigações acerca do ensino destes tópicos da Astronomia e Física foi o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), campus Porto Velho – Calama. Os IF's foram criados através da Lei nº 11.892 de 29 de dezembro de 2008, e foi possível a reorganização dos CEFET's e Escolas Técnicas e Agrotécnicas transformando-as em Autarquias e dando início à abertura de novos polos em diversas localidades.

O campus Porto Velho - Calama, que teve seus trabalhos iniciados em 2010, passou por mudanças e expansões, indo desde a criação de novos cursos até a mudança de sede, estando atualmente localizado na Avenida Calama nº 4985, no Bairro Flodoaldo Pontes Pinto.

O campus conta com cursos em diversas modalidades, indo desde os cursos de formação em nível médio (Técnicos integrados e subsequentes) até os cursos de pós graduação Lato Sensu (Gestão Ambiental e Metodologia da Educação Profissional, Científica e Tecnológica). Na Tabela 2 é possível observar uma descrição dos cursos que estão disponíveis à comunidade no campus Porto Velho Calama.

<b>TIPO</b>	<b>NOME</b>
Técnico Integrado	Edificações
	Eletrotécnica
	Informática
	Química
Técnico Subs. ao Ensino Médio	Manutenção e Suporte de Informática
Superior Tecnólogo	Análise e Desenvolvimento de Sistemas
Superior Licenciatura	Física
Superior Bacharel	Engenharia de Controle e Automação
	Engenharia Civil

Pós-Graduação Lato Sensu	Gestão Ambiental e Metodologia da Educação Profissional, Científica e Tecnológica.
--------------------------	--

**Tabela 2:** Cursos ofertados pelo IFRO – Porto Velho – Campus Calama. **Fonte:** [Portal.ifro.edu.br/calama/o-campus](http://Portal.ifro.edu.br/calama/o-campus).

A pesquisa será desenvolvida no Curso Técnico Integrado em Química que conta com seis turmas divididas entre manhã e tarde, sendo três funcionando no turno matutino e outras três no vespertino. A disciplina de Física, de acordo com o Projeto Pedagógico do Curso (PPC) conta com duas aulas semanais, para as turmas de primeiro e segundo ano, e uma aula semanal para as turmas de terceiro ano.

Os participantes da pesquisa foram estudantes do segundo ano do ensino médio, que frequentam o Curso Técnico Integrado em Química. São jovens que têm entre 15 e 18 anos e o total de estudantes participantes poderá ser de 15 (discentes que aceitaram participar do projeto).

Alunos da Graduação relacionados ao curso de Licenciatura em Física também foram selecionados para participar de partes da pesquisa, no entanto atuaram como estudantes referência e de controle das práticas, sendo composta por aproximadamente 10 estudantes, todos maiores de idade. As atividades referentes ao ensino dos conceitos de eclipse, transição e ocultação foram aplicadas a este público e, que foi melhorada e aplicada como atividade de entrada aos alunos do ensino médio para em seguida serem inseridos no estudo do conceito científico de planeta e planeta anão.

Os participantes escolhidos estão diretamente relacionados ao momento da abordagem dos conceitos científicos relacionados à Astronomia e Física, ou seja, o segundo ano do ensino médio e ao curso de Licenciatura em Física. A escolha dos participantes sendo aqueles que estudam no IFRO liga-se à disponibilidade de turmas para a prática docente servindo como ponto de reflexão sobre a própria prática e engrandecimento profissional que será alcançada ao final da pesquisa.

## **5.2 Metodologia da prática docente (Conceito de eclipse, trânsito e ocultação planetária)**

A metodologia (que engloba métodos, concepções pedagógicas e filosóficas dentre outros) utilizada permitirá que ao final de 05 encontros (sendo

dois semanais nos dias de segunda-feira e sexta-feira) seja possível obter dados referentes à verificação da aprendizagem, a aceitação do material didático desenvolvido por parte dos discentes e professor, pontos de relevância da prática docente e etc.

O público que participou da pesquisa são alunos de um curso de formação de professores de Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) Campus Porto Velho – Calama. Os discentes tinham idade variada, no entanto todos possuíam acima de 18 anos, tendo permitido que os dados da pesquisa fossem divulgados. A pesquisa foi desenvolvida de maneira remota, tendo em vista a situação vivenciada em virtude da COVID-19, por esta razão os kits experimentais foram confeccionados em materiais de baixo custo, permitindo com que os discentes realizassem suas atividades de maneira completa sem se fazerem presentes no IFRO.

Encontro 01: neste momento foi colocado aos alunos todos os pontos necessários para o entendimento da prática que viria a ser desenvolvida. A seguir, foi exposto pelo pesquisador a necessidade do desenvolvimento daquele conteúdo e também a aplicação deste no contexto da formação dos professores. Foi solicitada a manifestação dos participantes da pesquisa sobre sua participação e todos os 10 alunos demonstraram interesse fazerem parte da pesquisa e sobre o conteúdo a ser desenvolvido.

Neste encontro os discentes foram solicitados a responderem um questionário que continham 05 perguntas dissertativas (pré-teste) via Google Forms, que tratavam da medida da velocidade da luz através do experimento de Ole Roemer, bem como dos conceitos de ocultação, eclipse e transição. Estas perguntas serão deixadas para a análise na seção de resultados e discussão, onde serão examinadas e comentadas. Devido a situação da pandemia o questionário foi disponibilizado de maneira *online*. Como o conteúdo não havia sido trabalhado dentro de sala de aula ficou claro aos discentes que as respostas deveriam ser dadas com base no conhecimento que eles dispunham até o momento.

Encontro 02: neste momento o docente/pesquisador foi o responsável pela condução da prática. A aula expositiva durou aproximadamente uma hora

e meia e permitiu com que todos os aspectos do Experimento de Ole Roemer fossem tratados.

A seguir será apresentado um roteiro que vai desde a introdução do conteúdo até a conceituação de ocultação, trânsito planetário e eclipse.

1. **Introdução:** foi apresentada uma listagem dos conteúdos que seriam colocados durante a aula, o caminho que deveria ser percorrido e as práticas docentes que seriam desenvolvidas;
2. **Problematização:** foi colocada a problematização da finitude da velocidade da luz, no entanto está problemática tem teor histórico e pouco interessa aos discentes que já tem a ideia da luz com velocidade finita e com valor determinado, assim, foi pedido aos discentes que colocassem um método alternativo para medir a velocidade da luz;
3. **Experimento de Ole Roemer:** o experimento de Ole Roemer foi colocado e explicado aos discentes e com base nisso os alunos tiveram uma elucidação sobre como foi realizado a construção do conhecimento sobre a finitude da velocidade da luz;
4. **Conceitos de Ocultação, Trânsito Planetário e Eclipse:** os conceitos foram colocados de maneira formal, tal como foi enunciado nas sessões anteriores. Foi comentado as diferenças e igualdades/equivalências, na tentativa de permitir o maior esclarecimento possível, para em seguida, através do material didático realizar as complementações e preencher as lacunas que persistiram.

Encontro 03: aqui o material didático foi colocado com o intuito de permitir com que os discentes desenvolvessem as considerações sobre os conceitos de Ocultação, Trânsito Planetário e Eclipse. Após a explicação de funcionamento do equipamento o professor pediu para que cada um posicionasse o material didático em posição de ocultação, a partir da linha de visada da Terra, em seguida de trânsito, tendo novamente nosso planeta como referência e também de eclipse, o que permitiria com que os discentes verificassem a igualdade de ambos não somente em termos de conceitos, mas também em termos de configuração.

Ao final de cada etapa os discentes eram convidados a mostrarem o resultado do arranjo e da posição das peças do material didático, isto era feito através do compartilhamento de fotos durante a aula. Os alunos eram convidados a anotarem características da posição dos objetos envolvidos, bem como das sombras projetadas por estes. Ao final da prática todos deveriam conceituar essas três configurações astronômicas através de frases simples que refletissem a sua própria linguagem, as anotações eram compartilhadas com os outros discentes e professor permitindo a construção conjunta e a troca de informações.

Encontro 04: após a finalização da prática docente e da utilização do material didático foi utilizado um questionário semelhante àquele aplicado no encontro 01, constituindo-se no pós-teste, permitindo a mensuração das questões que haviam sido colocadas pelo docente e também os conceitos trabalhados com base na Teoria Histórico-Cultural. Foram inseridos questionamentos adicionais sobre a característica do material didático e sobre a percepção dos alunos com relação ao impacto deste no entendimento dos conceitos científicos tratados.

Encontro 05: Os resultados da pesquisa foram colocados aos participantes, foram apresentados os métodos de análise dos dados, bem como os pontos que permitiram o engrandecimento do conhecimento dos discentes ao longo da prática. Alguns aspectos errôneos ou incompletos foram corrigidos e permitiram a conclusão com êxito da proposta. Este ponto de retorno dos resultados da pesquisa são diretamente apoiados nos dizeres de Luna (2011, p. 34), onde é destacada a necessidade de publicidade da pesquisa como elemento essencial para o processo de produção do conhecimento.

### **5.3 Metodologia da prática docente (classificação de planeta)**

A classificação dos planetas é um aspecto de grande importância por que permite aos discentes e estudantes do tema em geral o entendimento da ciência e a evolução de conceitos. A metodologia desenvolvida aqui tinha como principal aspecto a motivação para o entendimento do tema a partir de um problema inicial, que impulsionaria os alunos ao questionamento sobre o tema.

Foram despendidos, ao total, 05 encontros com os alunos, no primeiro deles foi realizada uma sondagem dos conteúdos que os discentes sabiam sobre o tema, e aqueles que deveriam ser reforçados para o entendimento completo do que seria colocado. O último encontro foi reservado para a composição do pós-teste, que é desenvolvido após a execução da prática docente.

O problema que é tomado como motivador aparecerá como parte integrante da metodologia do produto educacional, por esta razão será descrito, no corpo desta dissertação, de maneira superficial sem comprometer a análise apresentando-o de maneira completa no apêndice do produto. Os 05 encontros tiveram a seguinte construção:

Encontro 01: como comentado anteriormente, foi realizada a sondagem de conhecimento e do domínio dos conteúdos necessários para o entendimento do conceito nuclear da prática.

Encontro 02: após os resultados obtidos no primeiro encontro e a socialização destes com os alunos foi realizada a Revisão/Elucidação/Ensino de conteúdos necessários para o entendimento da prática central. Estes conceitos foram revisados em duas aulas que não foram contabilizados no cômputo geral daquelas destinadas ao ensino do conceito de planeta.

Os conceitos revisados estavam relacionados ao centro de massa de um corpo, leis de Kepler, gravitação, proporção e razão e outros pontos de interesse do docente.

Encontro 03: Após a revisão com base no planejamento de aula, os objetivos gerais e específicos, foi possível elaborar e aplicar o pré-teste que era composto por 05 questões de múltipla escolha e dissertativas. O resultado desta atividade será abordado no capítulo destinado aos Resultados e Discussões, e permitirá ao leitor observar a eficácia do produto educacional e da metodologia de ensino do conceito científico de planeta.

Encontro 04 e 05: A consolidação da prática ocorreu neste momento, onde os discentes tiveram contato direto com o material didático com a explanação do professor e também com aspectos que estavam diretamente relacionados com o conceito de planeta.

Iniciou-se com o problema motriz, que cumpriu sua função e permitiu aos discentes o desenvolvimento da necessidade de conhecer mais sobre o

escopo deste problema, após isso tratou-se do conceito de planeta com base no artigo escrito por Albuquerque e Leite (2016) que traz o histórico da problemática e a sua solução em 2006 pela União Internacional de Astronomia (UIA).

Em seguida uma atividade foi realizada. Nela os discentes calculavam o centro de massa de uma série de planetas e alguns de seus satélites hospedeiros, após esse momento os discentes eram convidados a comparar com o resultado obtido no problema motriz, inicialmente apresentado.

Após este momento os alunos foram divididos em três grupos de acordo com a formatação da Tabela 3, para dar continuidade a atividade. Destes planetas os discentes, através de suas pesquisas deveriam anotar os satélites naturais mais massivos, computando até 04. Alguns destes satélites, por razão de pequenez de sua massa em comparação com o planeta, poderiam ser desprezados, permitindo com que os cálculos de centro de massa fossem mais simplificados.

<b>Grupo 01</b>	<b>Grupo 02</b>	<b>Grupo 03</b>
Plutão	Plutão	Plutão
Marte	Terra	Júpiter
Saturno	Urano	Netuno

**Tabela 3:** Divisão dos grupos de trabalhos dos alunos com para a realização do cálculo e representação em folha A4. **Fonte: Elaborado pelo autor.**

Através de uma folha de papel tamanho A3 os discentes representariam o planeta ou Plutão e o(s) satélite(s) e indicariam o centro de massa desse sistema, permitindo com que visualizassem se este ponto se encontra dentro ou fora da superfície do corpo celeste. A inclusão de Plutão em todos os grupos reside no fato de que este corpo celeste é um caso especial, tendo em vista que o planeta anão, juntamente com Caronte, orbitam em torno de um centro de massa que não fica na superfície do maior corpo da região, tal como evidenciado no problema motriz.

Após a finalização do problema os alunos foram convidados a elaborarem um texto explicativo para sintetizar aquilo que havia sido colocado durante toda a prática docente. A prática foi exitosa e permitiu a sua verificação

através do questionário pós-teste, realizado no último encontro e que será desenvolvido nas próximas páginas.

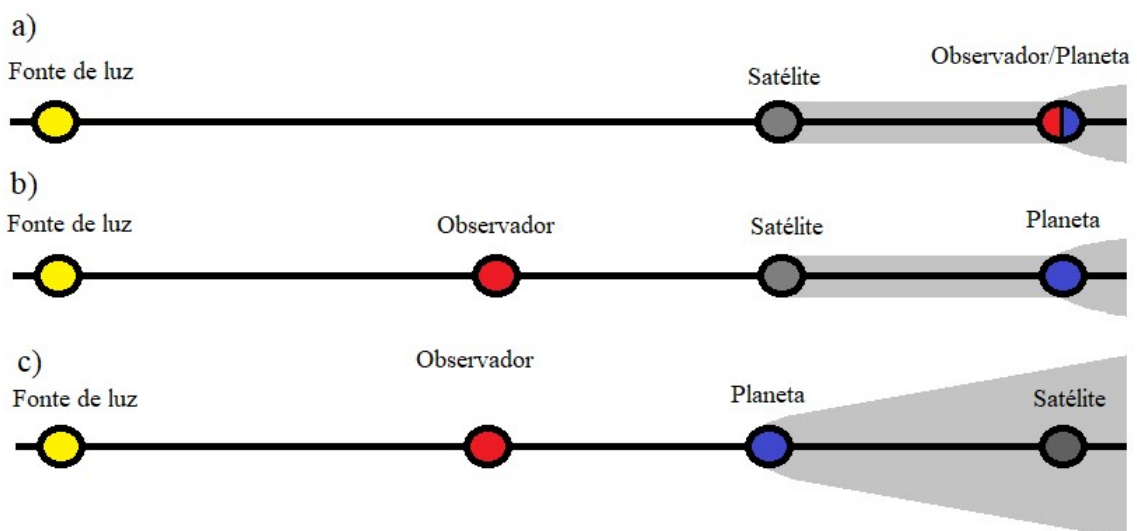


## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 Resultados e discussões acerca do ensino de conceitos de transição, ocultação planetária, e eclipse

O conceito de transição e ocultação, bem como de eclipses, trabalhados no encontro 03 constituem o ponto de maior necessidade de discussão, tendo em vista que constituem o cerne da prática desenvolvida.

O conteúdo da ocultação foi trabalhado de acordo com a perspectiva observada por Ole Roemer, ou seja, tal como mencionado nas seções anteriores. Dessa forma, este fenômeno foi reproduzido, juntamente com os estudantes e através do material didático, não deixando de referir aos alunos todos os aspectos necessários para o entendimento do conceito de ocultação. Em termos de diagramas optou-se por representar todas estas configurações posicionando pontos sobre uma linha reta e indicando-as como observador, satélite, planeta e fonte de luz, tal como observa-se na Figura 13.



**Figura 13:** As três configurações sendo esquematizadas em cima de uma reta. Em a) Observa-se a configuração de eclipse, onde o satélite projeta a sua sombra sobre parte da área da superfície do planeta, onde também deverá ser colocado o observador para a visualização do fenômeno. Em b) Observa-se a configuração de

transição que ocorre quando um satélite projeta sua sombra sobre a superfície de um planeta externo ao nosso. Em c) Observa-se a configuração de ocultação, que é quando o satélite natural do planeta atravessa a região de sombra do planeta. **Fonte: Elaborado pelo autor.**

Neste caso era solicitado ao aluno que colocasse o observador e os outros três objetos que participavam da configuração de ocultação sobre uma reta, em que **O** seria o observador, **P** o planeta, **F** a fonte de luz e **S** o satélite que sofreria a ocultação.

O conceito de transição também foi trabalhado com base em Silva et al., (2020). Observa-se assim, a transição sendo realizada de acordo com observações progressivas de diversas posições do satélite que passava pelo disco visual do planeta. Da mesma maneira os discentes foram solicitados a colocarem sobre uma reta os pontos que significavam o observador, o planeta e o satélite, utilizando as mesmas letras.

Com o auxílio do material didático, mas com uma nova configuração é possível realizar uma simulação de um eclipse, pois bastou que fossem modificados poucos aspectos da montagem para obter a mesma caracterização de um eclipse, pelo menos no que tange aos aspectos geométricos. A Figura 14 mostra a configuração que foi utilizada para este caso, aqui também foi realizada uma solicitação para que desenhassem os objetos envolvidos, nesse caso, o observador **O**, o planeta **P**, o satélite natural **S**, e a fonte de luz **F**.

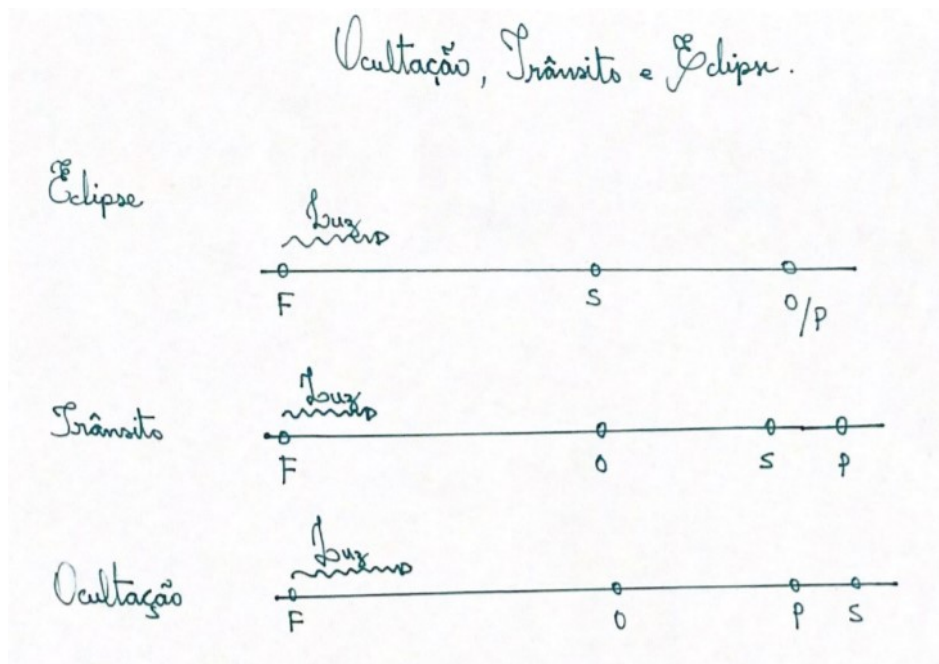
Foram utilizadas as figuras geradas pelos discentes para que eles pudessem diferenciar as três configurações apresentadas. Isso permitiu com que o aluno pudesse observar que as configurações são diferenciadas por questões associados aos referenciais adotados para o observador, tal como será visto na próxima seção.

A aula foi finalizada com uma revisão rápida do material e das configurações que foram colocadas e também com a verificação do que havia sido estudado. As definições foram avaliadas através de relatórios escritos pelos próprios discentes e também por meio do envio das figuras que foram construídas por eles durante a prática.

O aluno deveria, com base no material produzido definir o que eram as três configurações, seja por meio de esquemas, seja por meio de linguagem verbal e em seguida desenvolver a aplicação a outros fenômenos, tais como a

detecção de um exoplaneta pelo método de trânsito, fazendo uma comparação com os esquemas que foram construídos ao longo da aula.

Quanto à representação gráfica das configurações que foram trabalhadas em aula, obtivemos êxito completo por parte dos alunos, todos conseguiram descrever de maneira gráfica as três que foram ensinadas e simuladas por eles. Foi possível também observar que os estudantes entenderam o papel do observador na proposta colocada. Isto ficou claro nos relatórios que foram enviados pelos discentes e considerados para a avaliação da aprendizagem. A Figura 14 mostra-nos o formato final de uma das figuras que foram construídas pelos alunos, onde foi adotado a nossa denominação para a fonte de luz, observador, planeta e satélite, como sendo F, O, P e S, respectivamente.



**Figura 14:** Desenho das três configurações que foram mostradas através da utilização do material didático, sendo adotado a denominação de F para a fonte de luz, O para o observador, P para o planeta e S para o satélite, como sendo F, O, P e S, respectivamente. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Foi possível observar que os alunos constataram três aspectos de grande importância para os conceitos, estando estas relacionadas com os aspectos do posicionamento do observador. Assim, no trânsito, se o observador ocupar o lugar do planeta terá a mesma configuração que o eclipse; na ocultação, se o observador estiver ocupando o lugar do satélite terá

a mesma configuração que o eclipse; se no eclipse o observador se encontrar posicionado entre o foco e o satélite terá a configuração do trânsito.

As configurações ensinadas aos discentes são de grande importância pois permitem que estes entendam as leituras científicas, comparando-as com situações já conhecidas, assim ao lerem um periódico que trata da detecção de exoplanetas pelo método de trânsito estes terão o entendimento de que o esquema será o mesmo que o de um eclipse, tal como é possível encontrar em Silva et al., (2020) que traz a definição de trânsito comparando-a com um eclipse.

## **6.2 Resultados e discussões acerca do ensino de conceitos de planeta**

### ***6.2.1 Resultado do teste de sondagem dos conhecimentos prévios dos discentes***

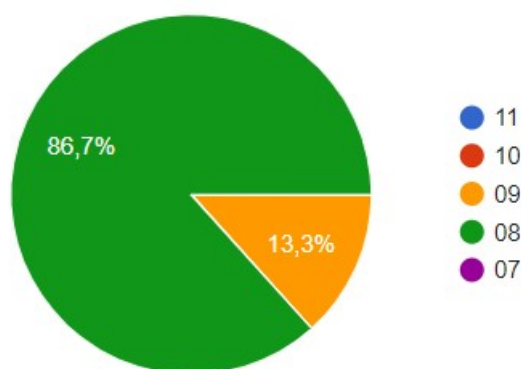
Como parte integrante das atividades de sondagem dos discentes foi proposto a eles que respondessem a um questionário online, via Google Forms, contendo cinco questões dissertativas e de múltipla escolha. As perguntas variavam em níveis de dificuldade e algumas delas precisavam de conceitos que não haviam sido trabalhados pelo professor, tais como, os critérios para a classificação de um corpo celeste como planeta ou não, as descobertas de corpos celestes no cinturão de Kuiper e etc.

Algumas das questões do formulário revelaram que muitos dos discentes já tinha um conhecimento prévio acerca do conteúdo a ser trabalhado, ou seja, sabiam algumas características dos planetas e sua classificação, entendiam a necessidade da padronização, porém a profundidade sobre este tópico não era tão grande assim e necessitava de um trabalho mais intenso sobre estes conteúdos. Alguns alunos divergiram sobre o número de planetas existentes no sistema solar e mesmo passados 15 anos da reclassificação de Plutão (2006) ainda existiam aqueles que acreditavam que Plutão era classificado como Planeta.

A seguir será apresentada cada uma das questões que foram colocadas pelos discentes e dessa forma serão verificadas a existência de incongruências

no pensamento dos alunos e também a falta de um direcionamento para uma determinada proposta.

A primeira questão (“Quantos planetas existem no sistema solar, de acordo com os critérios estabelecidos pela UIA?”) tratava da quantidade de planetas que existe um no sistema solar. Dos 15 alunos que participaram da entrevista, 02 (dois) disseram que existem nove planetas no rol daqueles pertencentes ao sistema solar. Isso representa um total de 13,3% do total, o gráfico que foi gerado para esta pergunta pode ser observado na Figura 15.



**Figura 15:** Gráfico correspondente à questão 01 em que era questionada a quantidade de planetas no nosso sistema solar. As alternativas escolhidas foram 08 planetas (86,7%) e 09 planetas (13,3%). **Fonte: Elaborado pelo autor.**

A segunda questão (“Liste TODOS os planetas que são conhecidos por você”) tinha como objetivo a fundamentação da primeira, visto que solicitava aos alunos que elencassem todos os planetas conhecidos por eles. Novamente, dois alunos relacionaram plutão pertencente ao rol de planetas do sistema solar. O restante dos alunos respondeu de maneira completa a coleção de planetas, indo desde Mercúrio até Netuno, assim, a persistência no equívoco destes estudantes é evidência da concepção individual de que Plutão é um planeta.

A terceira questão [Qual(is) do(s) item(ns) abaixo NÃO é(são) característica(s) de um planeta?] tratava dos critérios para a definição do conceito de planetas, sendo estas definidas da mesma forma como a União Internacional de Astronomia o fez em 2006. Esta característica foi explorada com intuito de saber a porcentagem dos descentes que tinham conhecimento sobre os aspectos que conceituavam planeta e que deveriam estar presentes,

em maior ou menor grau, sob o domínio daqueles que já obtiveram um aprendizado deste conceito científico fora do contexto escolar.

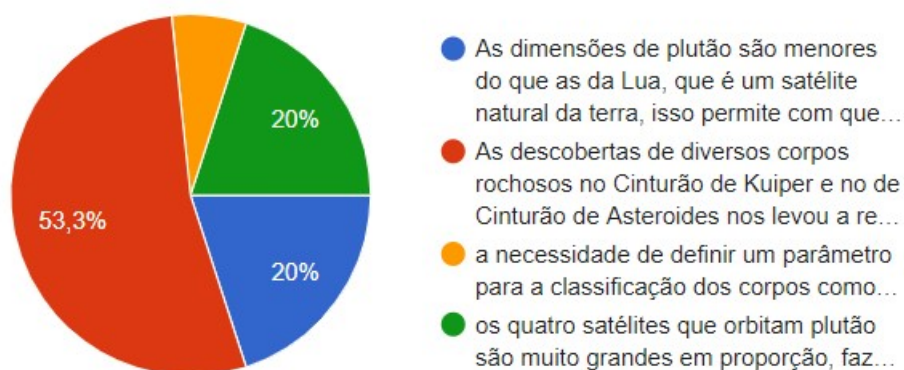
Foram colocadas quatro opções contendo os três critérios mais um que não fazia parte dos que são elencados pela UIA. A opção que obteve maior resposta pelos descentes foi a “rotacionar em torno de um ponto fora de sua superfície”. No entanto a falta de um consenso por parte da turma revela que aproximadamente 53% dos alunos não tinham conhecimento dos critérios para a definição do planeta, pode-se observar também que os estudantes utilizaram conhecimentos prévios sobre os planetas, bem como suas características gerais, para escolher opção correta, ou seja, aquela que não representava a realidade. A utilização dos conceitos prévios não é incorreta, revela apenas que os estudantes buscam assimilar ou responder as situações novas com base em suas experiências, tal como já foi observado no capítulo 3 em que comentou-se sobre a Zona de Desenvolvimento Proximal. Os resultados da questão estão apresentados na Figura 16.



**Figura 16:** Gráfico correspondente à questão 03 em que era questionada o critério que não fazia parte da definição de planeta. A alternativa escolhida por 46%,7 dos estudantes representava a correta. **Fonte: Elaborado pelo autor.**

A quarta questão (Qual o principal motivo para a reclassificação em 2006 de plutão para a categoria de planeta-anão?) estava relacionada com os aspectos históricos da reclassificação de Plutão e estando vinculada à descoberta de outros corpos celestes no cinturão de Kuiper. Do total, observou-se que 53,3% dos estudantes responderam de forma correta sobre a reclassificação de Plutão como planeta-anão.

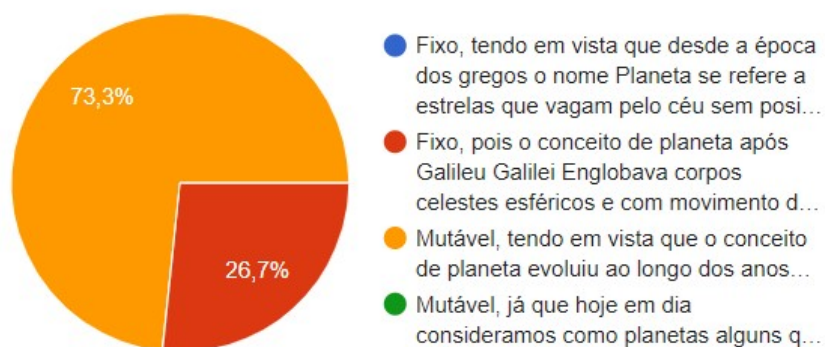
As outras três alternativas não levavam em consideração a realidade do planeta e seus satélites o que certamente evidencia um desconhecimento dos alunos sobre este corpo celeste. Foi observado na Figura 17 o resultado da sondagem dos conhecimentos dos alunos sobre a reclassificação.



**Figura 17:** Resultado da questão que versava sobre a reclassificação de plutão para a categoria de Planeta-anão. A maioria dos discentes escolheram a alternativa correta, ou seja, 53,3% do total mostraram que a descoberta de outros corpos celestes foi o motivo para a reclassificação de Plutão. **Fonte: Elaborado pelo autor.**

Por fim, a quinta questão (Como é considerado o conceito de planeta ao longo da história da humanidade?) trata dos aspectos históricos do conceito de planeta. Observa-se que pouco mais de um quarto dos discentes (26,7%) acredita que o conceito de planeta é fixo ao longo da história.

O restante dos discentes (73,3%) considera, corretamente o conceito de planeta como algo mutável, tendo sido modificado ao longo dos séculos para além de estrelas que se deslocam ao longo do céu noturno. A Figura 18 nos evidencia esse resultado, mostrando as alternativas e as porcentagens que foi mencionado.



**Figura 18:** Resultado da questão 05 que tratava sobre o conceito de planeta ao longo da história da humanidade. A maioria dos discentes escolheram a alternativa correta, ou seja, 73,3% do total acreditam que o conceito de planeta é mutável ao longo da história da humanidade. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

A seguir serão apresentados os resultados alcançados após o desenvolvimento da prática docentes aos estudantes do curso de formação de professores, bem como a perspectiva da utilização do material didático para o esclarecimento do movimento do corpo celeste e seu satélite natural.

### ***6.2.2 Resultado da sondagem dos conhecimentos adquiridos pelos discentes após a prática de ensino.***

Como pós-teste o professor solicitou aos estudantes que elaborassem um relatório contendo a nova visão que eles adquiriram sobre o conceito de planetas a partir das aulas e também da utilização do experimento didático pelo docente em sala de aula. A abordagem do conceito de planeta e as considerações sobre a situação de Plutão ante a sua nova posição declarada pela União Internacional de Astronomia em 2006 era necessária para o entendimento do conceito em sua completude.

Foram elaborados 15 relatórios pelos alunos especialmente aqueles que participaram do teste inicial de sondagem dos conceitos prévios que os discentes dispunham. Estes relatórios continham, em grande parte, as concepções que eles adquiriram após a prática docente desenvolvida e comentada anteriormente. Os conceitos que haviam sido colocados também deveriam ser aplicados a outras situações, como por exemplo, Ceres e Sedna, dois outros planetas anões que também tem características semelhantes a



Plutão, tendo suas descobertas associadas à exploração crescente dos Cinturões de Asteroides e de Kuiper respectivamente.

Quando o professor ensina um determinado conceito científico o estudante deve apreendê-lo e, em seguida aplicar, a situações diversas às em que foi trabalhado dentro de sala de aula. Através da inserção destes dois casos (Ceres e Sedna) tentamos implementar esta dinâmica e fazer com que o estudante aplique a situação aquilo que era colocado como parte do exercício de verificação da aprendizagem.

A adaptação da situação vivenciada pelos alunos ao longo das práticas docentes e relacionadas ao conceito de planeta aplicado a situação de Plutão e de Sedna e Ceres está evidenciada ao longo dos textos dos estudantes permitindo com que seja possível a verificação da Real aprendizagem dos sobre este conceito de grande importância para Astronomia.

A solicitação de elaboração do relatório por parte do docente foi pautada em roteiro que continha alguns aspectos que deveriam ser contemplados pelos alunos ao longo da escrita. Este roteiro tem relação direta com às questões de 1 a 5 que foram colocadas no pré-teste, ou seja, o aluno deve responder alguns critérios que estavam contemplados no pré-teste afim de certificar o seu entendimento sobre estes.

Para melhor entendimento acerca dos conhecimentos obtidos e escritos pelos alunos, foram destacados alguns trechos desses escritos que evidenciam a evolução do pensamento e também da concepção dos estudantes. A análise dos fragmentos dos textos dos estudantes permitiu com que diversas características do pensamento deles pudessem ser elucidados. Foi possível perceber também uma quebra da resistência que os alunos tinham com relação a reclassificação deste corpo celeste à sua nova condição, planeta-anão. Este novo patamar alcançado por Plutão foi destacado por um aluno como um incômodo e ao longo das aulas o estudante buscava maneiras de se convencer que Plutão era ainda um planeta chegando até a procurar evidências de que aquele corpo celeste ainda pertencia a característica dos planetas. Observe o fragmento abaixo em que é possível enxergar a transcrição das palavras do estudante sem comprometer o seu anonimato.

“Eu fui atrás de vários argumentos pra defender que ele é sim um planeta, mas infelizmente não foi possível (Risos)”  
– Aluno A.

Muitos alunos destacaram também que os estudos realizados sobre este Planeta-anão foram elucidativos especificamente sobre os conceitos de planeta, planeta-anão e outras classes de corpos celestes. Um dos estudantes destacou que a característica planetária é algo excepcional dentro do sistema solar e não algo que é satisfeito por qualquer corpo que orbita em torno do sol.

“Eu lembro quando saiu a notícia de que haviam descoberto um novo planeta no sistema solar, Sedna, em homenagem a Deusa dos Esquimós. Eu fiquei pensando... planeta deveria ser uma categoria especial de objetos do sistema solar, não qualquer pedrinha que fica rodando em torno do Sol” – Aluno B.

O ensino de conceitos científicos permite com que os alunos se apropriem deles sendo transmitidos ou aplicados a situações modelos e em seguida utilizem estes princípios e conceitos para tratar outras situações semelhantes ou totalmente diferentes daquilo que foi visto dentro de sala de aula. A utilização destes aspectos para o entendimento do que é um planeta necessita da aplicação de todos os critérios que foram ensinados, um a um, um após o outro, excluindo ou incluindo diversos corpos dentro daquela classe pretendida. Este procedimento foi realizado por uma aluna e evidencia o caminho após a leitura do texto da estudante, tal como observa-se no fragmento a seguir.

“Plutão orbita o Sol e também tem forma arredondada, porém não se encaixa na terceira característica.” – Aluno C  
“O fato de estar perto de muitos outros objetos ajudou Plutão a não se encaixar nas novas definições da União Astronômica Internacional (IAU) para ser um planeta.” – Aluno A.

A comparação de Plutão com outros corpos do sistema solar, tais como a Lua a Terra e outros corpos evidencia que há comparação dos tamanhos de cada um dos corpos e isto foi relevante para a construção do conceito por parte dos alunos. Esta necessidade de comparação está apoiada no conhecimento prévio que cada um deles tem sobre o que se consiste em um planeta, indo desde os diâmetros de Marte e Mercúrio (os menores do sistema solar) até aqueles de Saturno e Júpiter (Os maiores do sistema solar).

Uma comparação no sentido inverso também foi realizada, ou seja, comparação de tamanho de Plutão com Ceres e Éris, pois estes são objetos pertencentes ao Cinturão de Asteroides ou Cinturão de Kuiper onde existem grandes quantidades de asteroides e corpos errantes do sistema solar. Podemos evidenciar isto nos fragmentos abaixo.

“Plutão pode ser maior que os asteroides, mas é menor do que a Lua, cujo diâmetro é de 3476 km.” – Aluno B  
“Em 1992, diversos corpos celestes com órbitas bastante similares a Plutão foram observados na região do Cinturão de Kuiper. Então, surgiu a seguinte questão: Plutão tornava-se um dos maiores asteroides daquela região ou Ceres e Éris deveriam ser considerados planetas.” – Aluno E.

Os alunos mostraram compreensão sobre o conceito de planeta e planeta-anão, demonstraram aplicar o conceito de maneira completa a outras situações, inclusive aquelas que não foram comentadas no decorrer da atividade de ensino e permitiram o exercício da prática do conceito.

O entendimento do conceito científico e da condição nova de plutão quebrou paradigmas que existia na grande maioria dos alunos, que estavam ligados a paixões e à compreensão de que plutão deveria ser considerado planeta, por razões históricas.

### CONCLUSÃO

Diante do exposto conclui-se que a utilização de materiais didáticos para o ensino de Astronomia permite com que seja possível a facilitação na visualização de fenômenos que estão muito distantes de ser observados de maneira direta em escolas públicas de todo o território, pois é impossível a utilização de um telescópio de grandes proporções ou ainda a existência de fenômenos tratados neste trabalho no momento da prática docente, ou seja, em qualquer hora ou estação do ano.

Os dois experimentos didáticos conduzidos, mesmo no contexto de uma pandemia, permitiram com o que fosse ensinado de maneira satisfatória os conceitos científicos de planeta e planeta anão, eclipse, transição e ocultação planetária. Utilização de um equipamento móvel para o ensino do conceito de planeta e da especificidade de Plutão foram determinantes para o êxito da prática.

Neste caso foi possível observar movimento de Plutão e Caronte ao redor do centro de massa do sistema de dois corpos e o rastro deixado pelos pontos luminosos na imagem de longa exposição foi facilitador para conectar problema motivador ao que ocorre no mundo real. Este aspecto permitiu aos alunos a visualização mais concreta de algo que o professor teria bastante dificuldade de através de experimento mental, servindo assim como poderoso mecanismo de auxílio ao docente no desenvolvimento de sua aula.

Além destes aspectos, o professor/pesquisador observou a quebra dos paradigmas e inclinações que os discentes tinham ao tratar do tema Plutão. Os relatos destes alunos indicam que a prática foi desenvolvida de maneira a permitir a ruptura destes paradigmas existentes e permitir a aceitação da nova condição de Plutão.

Sobre os conceitos referentes a transição, ocultação planetária eclipse a prática ocorreu de maneira satisfatória, permitindo novamente a visualização e manuseio do material didático por parte dos alunos mesmo contexto de pandemia, em que o distanciamento social impediu com que práticas de

laboratório ocorresse da forma como estávamos acostumados. A concretização dos procedimentos colocados pelo docente através de orientações remotas permitiu aos alunos a conclusão dos estudos referentes a esses três fenômenos que são conceituados de maneira diferente, mas que em alguns casos possuem configurações semelhantes.

O desenvolvimento de esquemas para o entendimento das três configurações analisadas foi o fator preponderante para compreensão e diferenciação dos conceitos ensinados pelo docente, servindo também de base para análise do que era proposto como fonte de dados para a elaboração de conclusões sobre o desenvolvimento da prática.

A utilização de uma turma modelo/referência foi fundamental para o desenvolvimento da prática final, no ensino médio, sem enfrentar problemas desconhecidos pelo pesquisador permitindo a correção de possíveis erros que viessem acontecer ao longo da prática final e a previsão de equívocos ao longo da prática docente.

Por fim vale destacar o impacto das ações do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) sobre as práticas futuras do docente/pesquisador que está em formação. Estas foram profundas e ficarão enraizadas após a conclusão do curso e também ao longo da carreira docente que virá a seguir.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Vanessa Nóbrega de; LEITE, Cristina; O caso de Plutão e a natureza da Ciência, **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA**, n. 21, p. 31-44, 2016

ALMEIDA, Robenil dos Santos; CERQUEIRA JÚNIOR, Welington; SILVA, Eider de Souza; Concepções de alunos da EJA sobre raios e fenômenos relacionados; **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 507-526, ago. 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2016v33n2p507/32322> Acesso em: 01 de março de 2021.

BASSALO, José Maria Filardo; A crônica da ótica clássica; **Cad. Cat. Ens. Fis.**, Florianópolis, 3(3):138-159, dez. 1986 Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7905/7271> Acesso em: 05 de março de 2021

BELL, Jim; **El libro de la Astronomía: desde el inicio hasta el final del tiempo. 250 hitos en la historia del espacio y la astronomía**; Librero b. v., Madrid, 2014, 527p.

CATELLI, Francisco; GIOVANNINI, Odilon; Da SILVA, Fernando Siqueira; Um objeto-modelo didático do movimento aparente do sol em relação ao fundo das estrelas; **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 1: p. 131-155, abr. 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2013v30n1p131/24489> Acesso em: 01 de março de 2021.

DARROZ, Luiz Marcelo; Da ROSA, Cleci Teresinha Werner; Da ROSA, Álvaro Becker; PÉREZ, Carlos Ariel Samúdio; Mapas conceituais como recurso didático na formação continuada de professores dos primeiros anos do ensino fundamental: um estudo sobre conceitos básicos de astronomia; **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, V. 6, n. 3, 2013. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/1479/1144> Acesso em: 01 de março de 2021.

DAVIDOV, Vasily. **Análisis de los principios didácticos de la escuela tradicional e posibles principios de enseñanza en el futuro próximo**; In: DAVIDOV, Vasily.; SHUARE, M (Orgs.) La psicología evolutiva y pedagógica em la URSS (Antalogía). Moscou: Progreso, 1987, p. 143 – 154.

GAMA, Leandro Daros; HENRIQUE, Alexandre Bagdonas; Astronomia na sala de Aula: Por quê? **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA**, n.9, p. 7-15, 2010. Disponível em: <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/146/187> Acesso em: 01 de março de 2021

HALLIDAY, David; WALKER, Jear; RESNICK, Robert; **Fundamentos de Física – Física Térmica, gravitação e Ondas**; 10ª Edição, Rio de Janeiro – RJ, 2016.

HAWKING, Stephen; MLODINOW, Leonard; **Uma nova história do tempo**, Ediouro Publicações, 2005, 200p.

LANGHI, Rodolfo. **Aprendendo a ler o céu: pequeno guia prático para a astronomia observacional**. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

LIMA, Sorandra Corrêa de; NARDI, Roberto; Discursos de docentes dos anos iniciais do ensino fundamental sobre o tema de “estações do ano”, **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia -RELEA**, n. 29, p. 51-72, 2020

LUNA, Sérgio Vasconcelos de; **Planejamento de pesquisa: uma introdução**, Editora EDUC 2ª edição reimpressa, São Paulo – SP, 2011, 116p.

MELLO, Daniel Rodrigues Costa; Aprendendo Física com as estrelas binárias; Revista **Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 03, 2014.

NUSSENZVEIG, Moysés Hearch; **Física Básica – Física Térmica e Ondas**; 5ª edição, São Paulo – SP, Editora Edgard Blucher, 2013.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira, **Astronomia e Astrofísica**, 4ª Ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017. 614p.

OLIVEIRA, Nadine de; TENÓRIO, Alexandro Cardoso; MIRANDA, Antônio Carlos da Silva; Episódio da queda do meteorito serra de Magé numa abordagem do ensino de astronomia, **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia -RELEA**, n. 30, p. 21-33, 2020

PIRES, Antônio Sérgio Teixeira. **Evolução das Ideias da Física**, São Paulo, 2ª edição: Editora Livraria da Física, 2011. 478p.

POLITO, Antony Marco Mota; SILVA FILHO, Olavo Leopoldino da; A filosofia da natureza dos pré-socráticos; **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 30, n. 2: p. 323-361, ago. 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2013v30n2p323/24929> Acesso em: 05 de março de 2021

REGO, Teresa Cristina; **Vygotsky: uma perspectiva histórico cultural da educação**; Petrópolis – RJ; Editora Vozes, 1995.

RIVAL, Michael; **Os grandes experimentos científicos**; Jorge Zahar Editora, 1ª edição, 1997, 168p.

SANTOS, Antônio José de Jesus; VOELZKE, Marcos Rincon; ARAÚJO, Mauro Sergio Teixeira de; O projeto Eratóstenes: a reprodução de um experimento

histórico como recurso para a inserção de conceitos da astronomia no ensino médio; **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 29, n. 3: p. 1137-1174, dez. 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29n3p1137/23614> Acesso em 05 de março de 2021

SERCONEK, Giselda Cecília. **Teoria do ensino desenvolvimental e aprendizagem: um experimento com conceitos de área e de perímetro**; Tese (Doutorado em educação) Universidade Estadual de Maringá. Orientadora: Prof. Dra. Marta Sueli de Faria Sforzi, 2018;

SFORZI, Marta Sueli de Faria; Interação entre didática e teoria histórico-cultural; **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 40, n. 2, p. 375-397, abr./jun. 2015.

SILVA, José Carlos; ROBERTO JÚNIOR; Artur Justiniano; ALVES, João Carlos Pereira; Detecção do trânsito planetário de um exoplaneta com um telescópio de pequena abertura, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 42, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbef/v42/1806-9126-RBEF-42-e20200131.pdf> Acesso em: 07 de maio de 2021.

STRATHERN, Paul; **Galileu Galilei e o Sistema Solar em 90 minutos**; Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1999

VIGOTSKII, Lev Semenovich; LURIA, Alexander Romanovich; LEONTIEV, Alex N.; **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**; 16° ed. – São Paulo – SP, Editora Ícone, 2017.

VIGOTSKY, Lev Semenovich; **construção do pensamento e da linguagem**; Tradução: Paulo Bezerra – 2° ed. São Paulo – SP, Editora WMF Martins Fontes, 2009;