

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

GYULIANNA PINHEIRO RIBEIRO

**APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ENSINO USANDO A TEORIA
DE CAMPOS CONCEITUAIS PARA O ESTUDO DAS LEIS DE KEPLER NO
ENSINO MÉDIO**

São Luís - MA

2020

GYULIANNA PINHEIRO RIBEIRO

**APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ENSINO USANDO A TEORIA
DE CAMPOS CONCEITUAIS PARA O ESTUDO DAS LEIS DE KEPLER NO
ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado Profissional Nacional em Ensino de
Física pelo UFMA, como parte dos requisitos
necessários para obtenção do título de Mestre
em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Processos de ensino e
aprendizagem e tecnologias de informação e
comunicação no Ensino de Física

Orientador: Prof. Dr. Fábio Henrique Silva
Sales

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Karla Cristina Silva
Sousa

São Luís - MA

2020

GYULIANNA PINHEIRO RIBEIRO

**APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ENSINO USANDO A TEORIA
DE CAMPOS CONCEITUAIS PARA O ESTUDO DAS LEIS DE KEPLER NO
ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de
Física pelo UFMA, como parte dos requisitos
necessários para obtenção do título de Mestre
em Ensino de Física.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fábio Henrique Silva Sales (Orientador)

Doutor em Física

Instituto Federal do Maranhão

Prof^a. Dr^a. Helianane Oliveira Rocha

Doutora em Educação

Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Samir Silva Coutinho

Doutor em Física

Instituto Federal do Maranhão

“Milhões viram a maçã cair, mas Newton foi quem perguntou por quê.”.

Bernard M. Baruch

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar.

Aos meus pais, Tânia Maria e Dejad, que são os meus maiores exemplos de vida.

Aos meus segundos pais, Gláucia Maria e Indalécio, que são também minha fonte de inspiração.

Às minhas irmãs Thyanna e Polianna, verdadeiras amigas que sempre me apoiaram nessa caminhada.

À coordenação do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

Ao meu orientador Dr. Fábio Sales, que antes de tudo foi e sempre será o meu Professor querido.

A minha querida coorientadora Dra. Karla Cristina Sousa, que em todos os momentos que precisei me atendeu com toda a sua sabedoria e dedicação exímia.

A todos os meus queridos amigos do C. E. Profº Barjonas Lobão, em especial meus queridos gestores, Veridiana, João Jr. e Conceição Simeão, minhas coordenadoras que sempre estiveram me apoiando intensamente: Luzimar, Angélica e Mardila. E a todos os meus parceiros de profissão, aqui alguns deles: Raimundo Jr, Valderlândio, Eva, Marcinha, Beth, Wolkmar, Adriana. Pessoas especiais que sempre levarei em meu coração.

Aos professores do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física polo 47/UFMA, mestres que me transmitiram infinitos conhecimentos.

A todos os colegas do curso pela amizade e companheirismo que ficarão marcadas para sempre.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), código de financiamento 001, pelo fomento a este programa de Pós-Graduação.

Por fim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste Trabalho.

RESUMO

O trabalho aqui proposto aborda de forma objetiva os conceitos referentes à Física sobre a movimentação dos corpos celestes e suas causas por base do conteúdo - As Leis de Kepler, à luz da Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Vergnaud (1990), como um instrumento para o planejamento juntamente com a metodologia da Sequência de Ensino Investigativa (SEI) para a análise das atividades de intervenção didática. A pesquisa foi realizada com os estudantes da 1ª série do ensino médio, no C. E. Professor Barjonas Lobão, na cidade de São Luís - MA, onde foram acompanhadas todas as trajetórias de aprendizagem dos conceitos e da identificação de indícios de invariantes operatórios da TCC, nas diversas situações potencialmente favoráveis tais como: atividades demonstrativas das leis, apresentação de maquetes, mapas conceituais e oficina de *lapbook*. Para as análises das situações utilizou-se a taxonomia SOLO que permite analisar e classificar o nível de aprendizagem dos discentes com relação aos conceitos apresentados pelos mesmos. Os resultados evidenciaram que é possível para o professor, a partir da teoria e da metodologia utilizada, traçar estratégias de ensino-aprendizagem, que desafiam os alunos a pensar e buscar soluções e explicações mais desenvolvidas e elaboradas para os fenômenos que analisam.

Palavras-chave: Teoria dos campos conceituais. Invariantes operatórios. Sequência de ensino investigativa.

ABSTRACT

The work proposed here objectively addresses the concepts referring to physics about the movement of celestial bodies and their causes based on content - Kepler's Laws, in the light of Vergnaud's Conceptual Field Theory (CBT) (1990), as a instrument for planning together with the Investigative Teaching Sequence (SEI) methodology for the analysis of didactic intervention activities. The research was carried out with the students of the 1st grade of high school, at CE Professor Barjonas Lobão, in the city of São Luís - MA, where all the trajectories of learning the concepts and identifying indications of operative invariants of the CBT were followed several potentially favorable situations such as: demonstrative activities of the laws, presentation of models, concept maps and lapbook workshop. For the analysis of the situations, the SOLO taxonomy was used, which allows analyzing and classifying the students' level of learning in relation to the concepts presented by them. The results showed that it is possible for the teacher, based on the theory and methodology used, to outline teaching-learning strategies, which challenge students to think and seek more developed and elaborated solutions and explanations for the phenomena they analyze.

Keywords: Theory of conceptual fields. Operative invariants. Investigative teaching sequence.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama do modelo geocêntrico de Ptolomeu.....	19
Figura 2 - Diagrama feito por Copérnico em 1543 mostra os planetas girando em torno do Sol.....	20
Figura 3 - Johannes Kepler (1571 – 1630).	21
Figura 4 - Capa do livro Astronomia Nova (1609).	22
Figura 5 - Construção de uma elipse e F1 e F2 são os focos dessa elipse.....	23
Figura 6 - Construção de uma elipse e F1 e F2 são os focos dessa elipse.....	23
Figura 7 - Excentricidades de uma elipse.....	24
Figura 8 - Ilustração demonstra a segunda Lei de Kepler, onde P representa o periélio, ponto mais próximo do Sol, e A representa o afélio, ponto mais distante do Sol.	25
Figura 9 - Capa do livro Harmonia do Mundo (1619).	26
Figura 10 - Atividade diagnóstica discursiva.	44
Figura 11 - Materiais para a Atividade 1 e 2 “Desenhando as órbitas dos planetas”.....	46
Figura 12 - Esquema do método do jardineiro.	47
Figura 13 - Alunos desenhando a órbita de Plutão pelo método do jardineiro.	47
Figura 14 - Tabela preenchida pelos alunos com dados da órbita de Plutão. Em (a) estão os dados da dupla 1 e (b) da dupla 2.	48
Figura 15 - Desenho das duplas representativo da órbita de Plutão [(c) dupla 1 e (d) dupla 2].	48
Figura 16 - Tabela com valores das áreas da órbita de Plutão [(a) dupla 1 e (b) dupla 2)].	50
Figura 17 - Resultado da segunda questão obtidos pelas duplas. Na figura (c) são os dados da dupla 1 e (d) da dupla 2.	50
Figura 18 - Aluno desenvolvendo os cálculos da atividade 3.	53

Figura 19 - Em (a) são os dados dos cálculos de uma das duplas da constante k de alguns Planetas, e em (b) os dados dos resultados do período de translação dos Planetas: Urano, Netuno e Plutão.	55
Figura 20 - Maquete das Leis de Kepler.	56
Figura 21 - Demonstração da primeira Lei de Kepler – Lei das órbitas. (a) luz do laser que representa o planeta; (b) suporte de papel para representar a órbita descrita pelo planeta.....	56
Figura 22 - (c) representação do periélio – maior velocidade; (d) representação do afélio – menor velocidade.....	57
Figura 23 - Alunos manuseando a maquete.	58
Figura 24 - Mapa conceitual feito pelos alunos (dupla).	59
Figura 25 - Modelo de lapbook apresentado para os alunos. (a) parte externa do recurso; (b) parte interna com modelos de minibooks (ou minilivros) conceituais.	61
Figura 26 - Alunos construindo seus lapbooks.....	63
Figura 27 - Parte interna dos lapbooks feito pelas duas duplas. Na figura (c) material da dupla 1 e na (d) da dupla 2.	63
Figura 28 - Algumas representações simbólicas produzidas pelos alunos em seus minibooks.	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas dos Momentos Pedagógicos por base na proposta de Carvalho (1998) e Nascimento (2016).	39
Quadro 2 - Níveis de avaliação de aprendizagem utilizados na diagnóstica.	41
Quadro 3 - Resultados das duplas através da TCC.	51
Quadro 4 - Invariantes operatórios apresentados pelos alunos no Mapa Conceitual.....	60
Quadro 5 - Invariantes operatórios apresentados pelas duas duplas nos <i>minibooks</i>	64
Quadro 6 - Resultados dos alunos sobre a questão 1.	67
Quadro 7 - Respostas para a Questão 3.....	71
Quadro 8 - Respostas para a Questão 4.....	72
Quadro 9 - Respostas para a Questão 5.....	72

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Terceira Lei de Kepler para os períodos dos planetas do Sistema Solar.....	26
Tabela 2 - Planilha de apuração de dados após a aplicação da diagnóstica.	43
Tabela 3 - Relação geral do nível Taxonômico da sala de aula.....	52

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 O ESTUDO DAS LEIS DE KEPLER.....	16
2.1 AS LEIS DE KEPLER NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO BÁSICA.....	16
2.2 ANTES DE KEPLER – CONTEXTO HISTÓRICO.....	17
2.3 AS LEIS DE KEPLER.....	20
2.4 A PRIMEIRA LEI DE KEPLER	21
2.5 A SEGUNDA LEI DE KEPLER	24
2.6 A TERCEIRA LEI DE KEPLER	25
3 VERGNAUD E A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS NO ENSINO DE FÍSICA.....	29
4 A IMPORTÂNCIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS NO ENSINO DE FÍSICA.....	34
4.1 EXPLICANDO OS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA.....	35
4.2 CONSTRUÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA (SEI).....	36
4.2.1 A Taxonomia SOLO como método de análise da SEI.....	37
4.2.2 Etapas e objetivos dos momentos pedagógicos.....	39
4.3 PRIMEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO	40
4.4 SEGUNDO MOMENTO PEDAGÓGICO	45
4.4.1 Procedimentos e análises dos resultados das aulas aplicadas	45
4.4.2 Maquete das Leis de Kepler	56
4.5 TERCEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO	58
4.5.1 Aplicação e análise dos resultados dos mapas conceituais	59
4.6 QUARTO MOMENTO PEDAGÓGICO	61
4.7 QUINTO MOMENTO PEDAGÓGICO - AVALIAÇÃO DA SEI	66
4.7.1 Avaliação Formativa (Aspectos Qualitativos)	71
REFERÊNCIAS	77
APÊNDICE A – QUESTÃO 7 DA AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA.....	82
APÊNDICE B – ATIVIDADES DEMONSTRATIVAS DAS LEIS DE KEPLER.....	83
APÊNDICE C – FICHA PARA A CONSTRUÇÃO DO MAPA CONCEITUAL.....	85
APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DA AVALIAÇÃO FINAL.....	86
APÊNDICE E – PRODUTO EDUCACIONAL	88
ANEXO A – QUESTIONÁRIO DA AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA (HOFFMANN, 2013).....	138
ANEXO B – CARTA DE AUTORIZAÇÃO.....	139

1 INTRODUÇÃO

A disciplina de Física é admitida como uma das mais difíceis disciplinas do currículo escolar, e tem sido alvo de constantes indagações ao longo dos últimos tempos, seja para se questionar dada metodologia, seja para verificar se dado conteúdo é ou não pertinente. Uma das questões centrais desse cenário situa-se no âmbito de como os conhecimentos são apresentados aos estudantes e como eles conseguem construir generalizações a partir da consecução das atividades didáticas propostas.

É importante enfatizar que para abordar determinado conhecimento científico, o aluno precisa de diversos meios e situações plausíveis como: atividades diversas, questionamentos e experimentações, que sirvam de suporte para uma aprendizagem mais ampla e concreta, quando o ponto crucial é a compreensão do conceito científico estudado.

Essas situações de aprendizagem se localizam no centro da relação didática que se estabelece entre o professor – aluno/alunos – saberes a ensinar [...] Se um desses atores for negligenciado ou esquecido, a relação didática não se constitui. É a situação de aprendizagem que irá fazer funcionar a relação didática. (CARVALHO, 2018, p. 41)

Diante do exposto acima, Perrenoud (2000) aponta que o desafio maior do professor é justamente dirigir e organizar essas situações de aprendizagem, que dentro do seu ponto de vista, devem ser significativas, problematizadoras e contextualizadas. Dentro dessa perspectiva, o trabalho aqui proposto partiu da necessidade de buscar métodos e estratégias para o ensino de um conteúdo físico - As Leis de Kepler, utilizando instrumentos que auxiliam a prática pedagógica na apreensão dos conceitos abordados do tema em questão, realizadas no Ensino de Física no 1º ano do nível médio, reconhecendo ainda de acordo com Carvalho *et. all.* (2018, p.41) que “as representações dos alunos, os obstáculos à aprendizagem, a elaboração de sequências didáticas e o conhecimentos dos conteúdos a ser ensinados”, pois, são tidas pelos autores como atribuições fundamentais.

Por fim, é através das diversificações de estratégias e didáticas de ensino e das situações de aprendizagem, que o aluno (a) poderá compreender a importância da aquisição do sistema planetário atual, para uma compreensão mais global do conteúdo inicial da Gravitação que são as Leis de Kepler.

Mas por que estudar as Leis de Kepler?

A resposta mais coerente para esta indagação está no fato de que tal conteúdo é complexo de ser abordado com os recursos oferecidos pelas escolas públicas (que é o foco deste trabalho), sendo estes na sua grande maioria apenas quadro, pincel e livro didático, ou seja, é um método tradicional de aprendizagem, a partir disso, tais leis são apenas

mencionadas se tornando algo abstrato e incompreensível para os discentes. Outro ponto importante a ser destacado é de que o conhecimento sobre os movimentos do sistema planetário, cometas, naves e satélites está previsto no tema 6 do PCN+ (2006) e nas Orientações Curriculares do Ensino Médio (2018), e são um dos tópicos responsáveis pela origem da Física Clássica e da Astronomia. Assim, a abordagem de tal conceito deve estar presente na mente do professor durante seu planejamento de atividade docente. Deste modo, acreditamos que simplesmente enunciar as leis aos alunos não tem a mesma capacidade de propiciar uma aprendizagem significativa.

Portanto, neste sentido, pretendemos com este trabalho sanar essas problemáticas promovendo aulas de Física com relação ao tema proposto, para além das fórmulas, que resulta em uma aprendizagem mecânica, e isso implica em elevar a compreensão dos fenômenos por parte dos discentes, a partir da construção de seus próprios conceitos, que são moldados de situações que segundo Vergnaud (1990), procura relacionar o crescimento do sujeito com as tarefas que ele é levado a resolver, tendo como cerne a conceitualização, um processo longo e que requer uma diversidade de situações.

Idealizando uma aprendizagem mais completa qualitativamente, é que a proposta metodológica deste projeto partiu da construção de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), sendo uma proposta pedagógica que visa o desenvolvimento de atividades planejadas e organizadas, com o referencial teórico abordado nas Teorias dos Campos Conceituais (TCC) de Vergnaud (1990; 1993), que segundo Moreira (2002), tem sido empregada na aprendizagem dos conceitos físicos, mostrando eficiência no processo, na identificação de dificuldades nos referidos conceitos e na seleção de situações instrucionais que possam auxiliar na superação e evolução desses aprendizados.

É através desse enfoque teórico e metodológico que este trabalho foi desenvolvido com estudantes do primeiro ano do ensino médio no C. E. Professor Barjonas Lobão, da cidade de São Luís – MA, e contou com a colaboração do professor regente da turma que disponibilizou sua sala de aula para que esta pesquisa fosse realizada.

Quanto ao desenvolvimento da Sequência de Ensino Investigativa (SEI), baseamo-nos nas contribuições de Carvalho (1998) e Nascimento (2016) como instrumentos norteadores para a construção da nossa proposta pedagógica, cujo objetivo geral é propor uma SEI baseada em situações divididas em momentos pedagógicos com vivências de 10 horas-aulas, levadas aos discentes, com distintos níveis de dificuldades em consonância com a teoria psicológica do processo de conceitualização do real, de maneira que rupturas e continuidades entre conhecimentos já adquiridos pelos alunos são previstas e precisam ser monitoradas pelo

(a) professor (a). É importante lembrar que, de acordo com a teoria dos campos conceituais, são as tarefas as situações que dão sentido aos conceitos, e que para cada campo conceitual deve ser atribuída uma classe de situações, pois somente uma não seria suficiente para conferir significados ao campo conceitual (VERGNAUD, 1982). Para tanto, houve momentos (situações impostas a esses alunos) relacionados ao campo conceitual das Leis de Kepler, previstos de (1) atividades sobre as leis estudadas, (2) demonstração de maquetes, (3) mapas conceituais e (4) construção de *Lapbooks* (são pastas ou fichários com desenhos, recortes, etc.). Por fim, para a avaliação da SEI, utilizou-se a Taxonomia SOLO, além dos questionários que foram aplicados em dois momentos: no início – para uma avaliação diagnóstica; e no final – avaliar o nível de conceitos apresentados pelos discentes após as situações apresentadas.

É a partir dessa perspectiva que esta pesquisa foi estruturada da seguinte maneira: A introdução faz uma análise crítica do trabalho abordado; o segundo capítulo descreve inicialmente uma visão das Leis de Kepler no contexto da educação básica e após faz uma descrição dos seus conceitos científicos. O terceiro capítulo aborda a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud no ensino de Física como um referencial pedagógico do trabalho. No quarto capítulo foi descrita uma abordagem dos Campos Conceituais e também apresentamos todos os detalhes metodológicos e análise de resultados da SEI aplicada junto aos alunos. Logo após, apresentamos os Momentos Pedagógicos da sequência didática e juntamente os resultados da aplicação desta proposta didática.

Contudo, espera-se que este trabalho sirva de referencial teórico para os profissionais da área da educação e Ensino de Física, especialmente aos professores desta disciplina do Ensino Médio de escolas públicas, dando condições de refletir sobre suas aulas e, principalmente, sobre a aprendizagem de seus alunos, objetivando esperar que ele ajude a desenvolver competências e habilidades científicas norteadoras através de vivências reais para que os mesmos percebam e vejam o universo ao seu redor tendo condições reais de formular conceitos e hipóteses numa visão crítica e tecnológica.

É importante salientar, que não pretendemos, neste trabalho, expor uma receita pronta e acabada, pois o professor deve ter autonomia para decidir qual a melhor estratégia didática que precisa utilizar para desenvolver a aprendizagem de seus discentes.

2 O ESTUDO DAS LEIS DE KEPLER

Neste capítulo, iremos abordar inicialmente a relação das Leis de Kepler no contexto da Educação Básica, com um enfoque na importância de levar o conhecimento de tal fenômeno a partir da análise de conceitos, de forma significativa e processual para o ensino e aprendizagem desse campo conceitual, com isso, nos outros tópicos, entendermos esse campo conceitual a partir inicialmente de uma breve abordagem do estudo, desde a história da Astronomia, que teve início na Grécia antiga e se estendeu até o período medieval com a teoria geocêntrica do universo, e anos depois, por volta do final do século XVI, com a proposta de um novo modelo chamado heliocêntrico. Por final, a partir da teoria heliocêntrica o rumo das ideias astronômicas e da física mudaram, principalmente por levar a descoberta das chamadas Leis de Kepler, que será o foco principal deste trabalho.

2.1 As Leis de Kepler no contexto da Educação Básica

O conhecimento sobre os movimentos do sistema planetário, cometas, naves e satélites está previsto no tema 6 do PCN+ (2006) e nas Orientações Curriculares de Física para o Ensino Médio (2018). Dentro desse conteúdo estruturante as Leis de Kepler são a base para o estudo de gravitação que, além de ser um assunto fascinante, é fundamental para que os alunos tenham uma compreensão da dinâmica do Sistema Solar e de uma boa parte do universo observável.

Nesse nível de ensino, de modo geral, as leis de Kepler são simplesmente enunciadas, fazendo com que o papel dos alunos seja apenas de aceitação. Deste modo, acredita-se que simplesmente enunciar as leis aos alunos não tem a mesma capacidade de propiciar uma aprendizagem significativa quando comparada a que se os alunos têm ao descobrir como são as órbitas dos planetas ao redor do Sol por si mesmos, com o mínimo de interferência possível do professor. Ao invés de fornecer as respostas, o docente pode fornecer a ferramenta necessária para que seus alunos cheguem a conclusões que virão a serem significativas.

Assim, a indagação “como ensinar as Leis de Kepler” deve estar presente na mente do professor durante seu planejamento de atividade docente. E nesse planejamento é importante que o mesmo se atente a transmissão dos conceitos ensinados, pois no processo de ensino-aprendizagem, devem existir uma estruturação entre a transmissão dos conceitos para surgir de fato a aprendizagem por parte do estudante. Com isso, o tema aqui proposto, foi

baseado em uma abordagem psicológica da importância de se trabalhar a aprendizagem conceitual do *saber dizer* (VERGNAUD, 1990; 1998) como uma estruturante da apreensão dos conceitos científicos estudados.

A construção dessa pesquisa teve sua origem como objeto de estudos os fundamentos das Leis de Kepler, como um campo conceitual que segundo Vergnaud (1990) é um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante um processo de aquisição. Nesse sentido, Moreira (2002) afirma que esse conhecimento por parte do aprendiz vai acontecendo ao longo de um extenso período de tempo, por meio da experiência, maturidade e aprendizagem, e o papel do professor como mediador nessa *práxis* é fundamental para o processo.

Nessa perspectiva, os próximos tópicos complementarão a abordagem do Campo Conceitual das Leis de Kepler, analisando os conceitos referentes ao entendimento dos movimentos dos corpos celestes através do contexto histórico, das descrições das leis, equações e representações geométricas que definem tal fenômeno físico abordado.

2.2 Antes de Kepler – Contexto Histórico

O movimento dos corpos celestes, por ser um dos fenômenos da natureza que observamos com maior facilidade foi algo que sempre intrigou o Homem desde os tempos remotos da civilização.

Por muitos anos se chegou a acreditar que a Terra era o centro do Universo, e isso era perfeitamente explicado e justificado devido a nossa observação cotidiana que é a de que os astros estão fixos em um movimento esférico e em uma rotação uniforme ao redor do nosso planeta.

Esta noção, que direcionava muitos homens do ocidente europeu, desde o século II, era mantida por axiomas da física clássica apresentada pelo filósofo grego Aristóteles.

Segundo Aristóteles, os únicos movimentos simples seriam apenas o retilíneo e o circular. Os movimentos retilíneos básicos são aqueles que se aproximam radialmente do centro do universo, ou os que se afastam radialmente do centro do universo.

Comparando essas possibilidades teóricas com os movimentos espontâneos observados na natureza, ele pensava que existiam movimentos retilíneos naturais como: o da pedra que cai para baixo, e do fogo que vai para cima. A terra naturalmente pesada, e o fogo naturalmente leve, estando a água e o ar em estados intermediários. Por outro lado, Aristóteles

observou que as estrelas e planetas não caem em direção a Terra, e nem se afastam dela, nem tão pouco descrevem movimentos retilíneos. Com isso, ele apontou que os mesmos descreviam um movimento circular, e concluiu que eram feitos de outra substância, o éter.

O universo aristotélico, seria então constituído de duas partes: a celeste – incorruptível, perfeita e formada de éter, que se estenderia da lua até as estrelas, e sendo regido pelo princípio do movimento circular; e o mundo sublunar – corruptível, constituído de terra, água, fogo e ar, e regido pelo movimento retilíneo.

Em resumo, como apontado no segundo parágrafo, o cosmo aristotélico tinha a Terra no centro do universo e os planetas ao redor, girando em movimento circular uniforme, encrustado em esferas cristalinas e invisíveis. E a partir da visão filosófica aristotélica surge consequentemente o modelo Geocêntrico, que prevaleceu por muitos anos, mas começou a falhar quando se era questionado o movimento dos planetas com relação as estrelas. Em certas épocas, esses planetas pareciam desacelerar, e em outros momentos demonstravam um movimento retrógrado, pondo em desacordo o modelo conhecido que não apresentava apenas implicações contra a sua física, mas também, contra todo um conceito filosófico que figurava uma verdade básica.

Na primeira hipótese sobre o movimento planetário supunha-se que estes planetas descreviam círculos concêntricos em volta da Terra. Esta suposição, no entanto, não descrevia bem o movimento observado dos planetas, em relação a Terra. Em consequência, a descrição geométrica para explicar as observações astronômicas do movimento planetário tornou-se cada vez mais complexa. (ALONSO; FINN, p. 189, 2012).

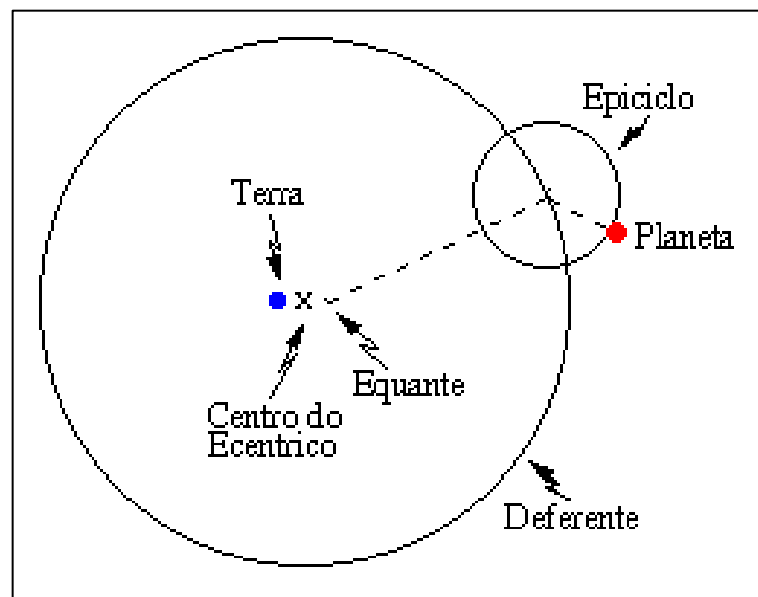
A mais duradoura teoria geocêntrica da história da ciência respondeu as inquietantes questões sobre a retrogradação dos planetas, sem desconsiderar o que o modelo aristotélico havia proposto.

Usando uma matemática sofisticada para a sua época, Claudius Ptolomeu (110 – 170 d. C.) quis provar que a retrogradação dos planetas em relação as estrelas era o efeito da superposição de vários movimentos circulares uniformes, chamados de epiciclos. Também através de sua descrição matemática, conseguiu detalhar do movimento do Sol e da Lua, e com isso, sendo capaz de prever, precisamente, as datas de futuros eclipses tanto solares quanto lunares.

Em sua teoria, Ptolomeu explicou o movimento dos planetas através de uma combinação de círculos: o planeta se move ao longo de um pequeno círculo chamado epiciclo, como já apresentado acima, cujo centro se move em um círculo maior chamado deferente. A

Terra fica numa posição um pouco afastada do centro do deferente (portanto o deferente é um círculo excêntrico em relação à Terra). Para dar conta do movimento não uniforme dos planetas, Ptolomeu introduziu ainda o equante, que é um ponto ao lado do centro do deferente oposto à posição da Terra, em relação ao qual o centro do epiciclo se move a uma taxa uniforme (veja na Figura 1).

Figura 1 - Diagrama do modelo geocêntrico de Ptolomeu.



Fonte: OLIVEIRA FILHO; SARAIVA (2006).

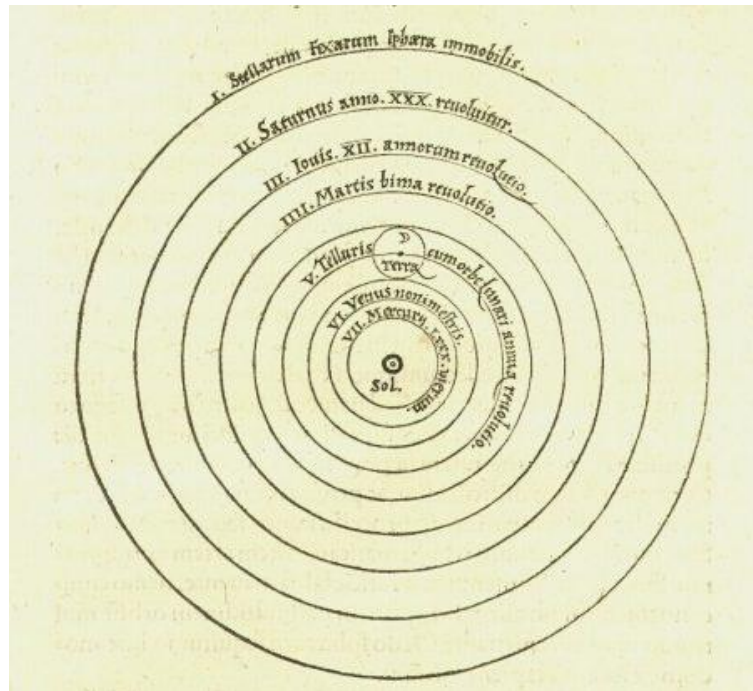
Com a sua teoria, Ptolomeu conseguiu sustentar substancialmente por 1300 anos o modelo de Aristóteles, visto que, o objetivo era produzir um modelo que permitisse prever a posição dos planetas de forma correta, e nesse ponto ele foi razoavelmente bem-sucedido.

Tempos depois, no século XVI, Nicolau Copérnico (1473-1543) desenvolveu o modelo heliocêntrico, em que todos os planetas giravam em torno do Sol, e ocupava o centro do Universo em órbitas circulares.

Este modelo heliocêntrico, não era novo, já tinha sido proposto pelo astrônomo Aristarco, no século III a. C. [...] O que Copérnico propôs era essencialmente um sistema de referência, com a origem colocada no Sol. No referido sistema, o movimento dos planetas teria uma descrição mais simples. (ALONSO; FINN, p. 189, 2012).

Copérnico simplificou todo o sistema de Ptolomeu com seus muitos epiciclos, apenas atribuindo a retrogradação dos planetas ao simples fato de possuírem velocidades diferentes ao redor do Sol, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 - Diagrama feito por Copérnico em 1543 mostra os planetas girando em torno do Sol.



Fonte: SOUZA, [entre 2006 e 2019].

Durante sua vida, Copérnico não teve coragem de expor sua teoria e o seu mais famoso livro *De Revolutionibus*, que foi publicado por seus discípulos no ano de sua morte.

A proposta de Copérnico sobre o modelo heliocêntrico ajudou Kepler a formular anos depois as suas famosas leis que descreviam os movimentos dos planetas.

2.3 As Leis de Kepler

Johannes Kepler (Figura 3) nasceu em Weil der Stadt, cidade do sul da Alemanha, em 27 de dezembro de 1571. Apesar de pertencer a uma família extremamente problemática, e viver em uma época de grandes conflitos religiosos, Kepler realizou grandes contribuições para a ciência.

Figura 3 - Johannes Kepler (1571 – 1630).



Fonte: JOHANNES KEPLER (2019).

Por viver em constante desafio, por ter que defender sua postura religiosa, ao contrário de Copérnico, Kepler não tinha dificuldade em estabelecer seu pensamento científico.

Em 1589, obteve uma bolsa de estudo para a Universidade de Tuebingen, onde entrou em contato com as ideias de Copérnico a respeito do movimento do planeta em torno do Sol. A fascinação pela Ciência e pela Matemática era tão grande que ele desistiu de se tornar ministro da igreja. Aos 23 anos aceitou o convite para lecionar Astronomia na Universidade de Graz.

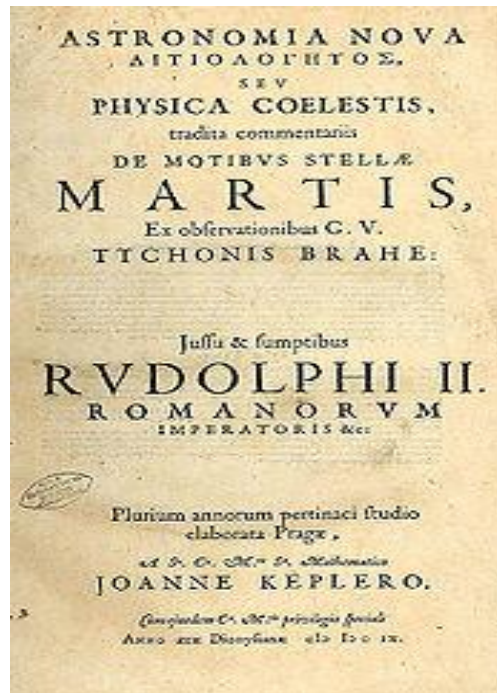
No ano de 1598, Kepler deixou Graz e se reuniu ao astrônomo dinamarquês Tycho Brahe, que se encontrava exilado em Praga, e era famoso por gerar uma grande quantidade de dados de alta qualidade, e precisava encontrar a melhor explicação sobre o movimento Marte.

Depois da morte de Tycho em 1601, Kepler continuou as observações astronômicas e sob sua orientação foram cuidadosamente estudadas mais de 228 estrelas. A análise dos dados de Brahe, levou Kepler a formular as “Leis do Movimento Planetário”. Tais Leis serão explicadas com detalhes nos próximos tópicos.

2.4 A Primeira Lei de Kepler

Em 1609, Kepler publicou **Astronomia Nova** (Figura 4), um livro que continha anos de seus esforços para entender a órbita do planeta Marte.

Figura 4 - Capa do livro *Astronomia Nova* (1609).



Fonte: (ASTRONOMIA NOVA, 2017).

Havia três modelos do sistema solar naquela época, mas nenhum funcionava para Marte. Eram os modelos de Ptolomeu – Geocêntrico, o de Copérnico – Heliocêntrico e o de Tycho Brahe – que combinava aspectos do modelo ptolomaico e copernicano. Os três sistemas contemplavam órbitas circulares, pois o círculo era aceito como uma figura ideal.

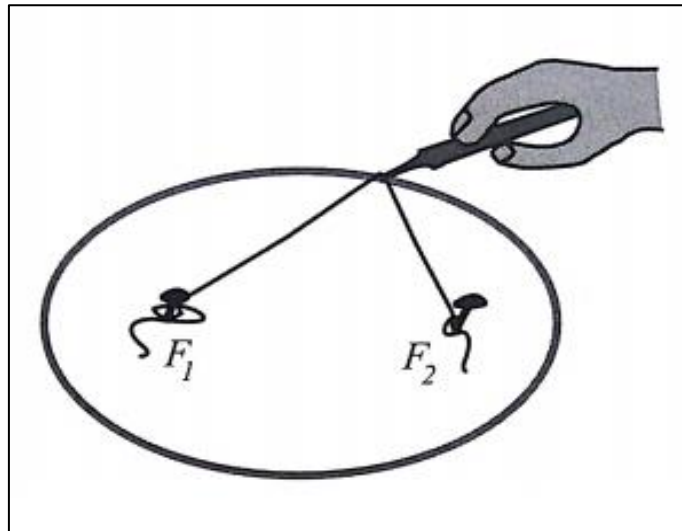
Com isso, segundo MARQUES *et al* (2016), Kepler descobriu desvios e erros experimentais que inicialmente notou uma boa aproximação desses dados, nas observações de Marte, através das análises de Tycho Brahe e do modelo de Copérnico.

Após várias tentativas, incluindo uma modificação no modelo original de Copérnico, colocando o Sol no centro geométrico das órbitas circulares, Kepler concluiu que a curva que melhor descrevia a órbita de Marte, de acordo com o experimento, seria uma elipse, com o Sol ocupando um dos focos. (MARQUES *et al*, p. 253; 2016).

A partir dessas informações nascia então a **1ª Lei de Kepler**, chamada de **Lei das Órbitas**, enunciada por Rocha (2011, p. 80), “Todos os planetas se movem em órbitas elípticas com o Sol em um dos focos.”

Uma elipse não é apenas uma oval, e sim o lugar geométrico dos pontos para os quais as somas das distancias a dois pontos fixos, que são definidos como focos (F) seja uma constante, como mostrado na Figura 5, em que é observado a construção de uma elipse utilizando um barbante preso em dois pontos que representam os focos. Vejamos abaixo:

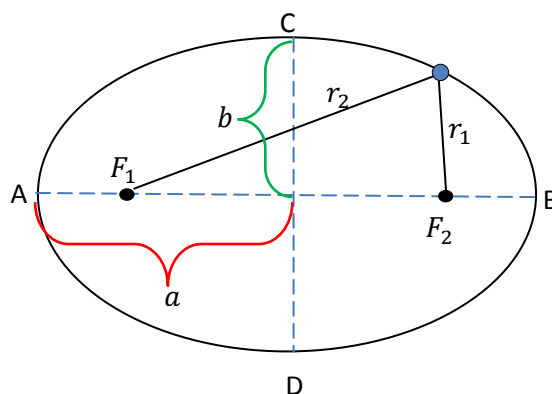
Figura 5 - Construção de uma elipse e F1 e F2 são os focos dessa elipse.



Fonte: (MARQUES *et.al*, p. 254, 2016).

Já a Figura 6, representa os parametros de uma elipse para os quais os valores dos pontos convergem para a seguinte relação $r_1 + r_2 = \text{constante}$.

Figura 6 - Construção de uma elipse e F1 e F2 são os focos dessa elipse.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

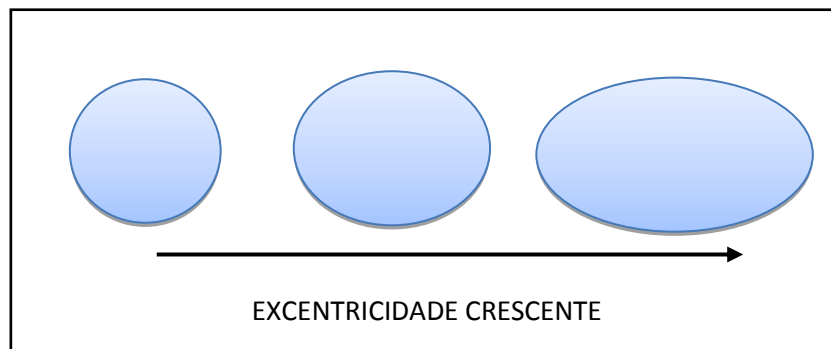
A elipse possui as seguintes propriedades: a linha AB é chamada eixo maior; a linha CD é o eixo menor; e os pontos F1 e F2 são chamados focos da elipse. As distâncias **a** e **b** são o semi-eixo maior e o semi-eixo menor, respectivamente. Ela também é caracterizada

por um número e , chamado excentricidade, que é igual à distância entre os focos F_1F_2 dividida pelo eixo maior, ou seja,

$$e = \frac{\overline{F_1F_2}}{\overline{AB}}$$

A excentricidade é uma grandeza que varia de 0 a 1. Quando a excentricidade é igual a 0, a elipse torna-se um círculo, pois F_1 coincide com F_2 , sendo a distância F_1F_2 igual a 0, e a distância AB o diâmetro do círculo. Quanto maior a excentricidade, mais alongada será a elipse, conforme se vê na Figura 7 abaixo:

Figura 7 - Excentricidades de uma elipse.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

É importante enfatizar que nas ilustrações anteriores, mostramos órbitas bastante excêntricas. Porém, as órbitas reais dos planetas são muito menos excêntricas do que estas.

Pelos dados observacionais de Tycho Brahe, Kepler descobriu que as órbitas dos planetas eram elípticas com baixíssima excentricidade, e não circulares, como até então se acreditava. (CANALLE, p. 12, 2003).

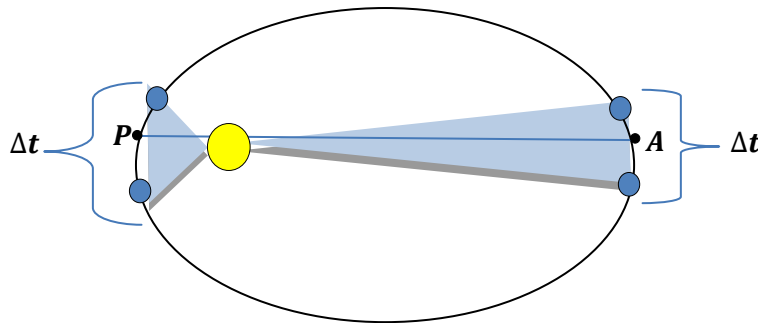
Cairia assim um dos mais antigos paradigmas da ciência grega: o círculo como figura perfeita, e quase sagrada, da qual deveriam todos os movimentos conhecidos.

2.5 A Segunda Lei de Kepler

Outra observação feita por Kepler em sua obra foi com relação aos movimentos dos planetas não serem uniformes, ou seja, o módulo de sua velocidade orbital varia ao longo de sua órbita elíptica interferindo assim na proximidade dos planetas com relação ao Sol. Logo, o ponto mais próximo do planeta com relação ao Sol é chamado de *periélio* e sua

velocidade é maior, enquanto que o mais distante é o *afélio* e sua velocidade menor. Porém, ainda que a velocidade orbital não seja constante, a taxa de variação da área $\left(\frac{dA}{dt}\right)$ varrida em intervalos de tempos iguais é constante (Veja a Figura 8).

Figura 8 - Ilustração demonstra a segunda Lei de Kepler, onde P representa o periélio, ponto mais próximo do Sol, e A representa o afélio, ponto mais distante do Sol.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Após essas observações, Kepler então deduzindo a sua **2ª Lei** chamada de **Leis das Áreas**, que é definida em Rocha (2011, p. 80) como “A linha que liga o Sol aos planetas varre áreas iguais em tempos iguais.”

É importante enfatizar que Kepler descobriu primeiro a lei que pedagogicamente nos livros didáticos chamam de Segunda Lei.

2.6 A Terceira Lei de Kepler

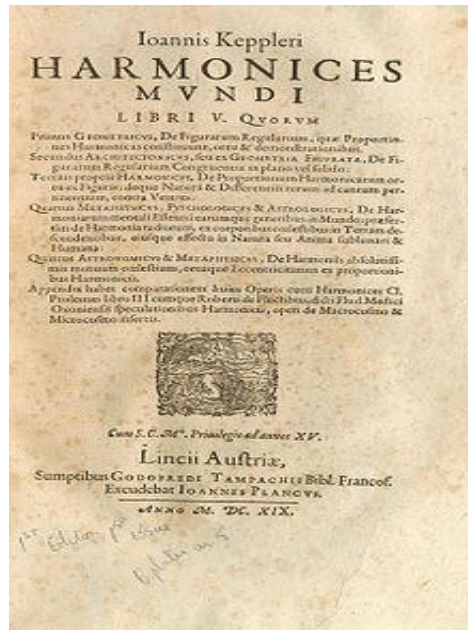
Anos depois, ainda intrigado com a busca de uma regularidade para relacionar as diferentes órbitas dos planetas, Kepler descobriu essa regularidade afirmando que os quadrados dos períodos de revolução de dois planetas quaisquer estão entre si como os cubos das suas distâncias médias ao Sol.

Até agora, cada planeta parecia ter sua própria órbita e velocidade, sem existir um modelo geral para todos os planetas. Kepler buscava uma relação simples que pudesse descrever todos os movimentos que ocorrem no sistema solar. A procura pela simplicidade e uniformidade da natureza é na verdade uma tendência que se manifesta por toda história da ciência. (HOLTON *et. al.*, 1993).

E com essa análise, em 1619 rendeu o seu livro **Harmonia do Mundo** (Figura 9), publicada dez anos depois, e que mencionava a sua **3ª Lei** conhecida como a **Lei dos**

Períodos, que de acordo com Rocha (2011, p. 81) enunciada, como “O quadrado do período de revolução de qualquer planeta é proporcional ao cubo do semieixo maior de sua órbita.”

Figura 9 - Capa do livro Harmonia do Mundo (1619).



Fonte: (HARMONICES MUNDI, 2019).

Com isso, de acordo com Marques (2016), se tomarmos dois planetas X e Y, com os períodos T_X e T_Y que estão relacionados aos semieixos maiores de suas órbitas a_X e a_Y , teremos tais relações:

$$\frac{T_X^2}{T_Y^2} = \frac{a_X^3}{a_Y^3} \rightarrow \frac{T_X^2}{a_X^3} = \frac{T_Y^2}{a_Y^3} = \text{constante} \quad (2.2)$$

De acordo com a equação 2.2 acima é visível que a constante de proporcionalidade é a mesma para todos os planetas. A tabela 1 abaixo mostra que tal relação entre a razão dos períodos e dos semieixos maiores tem praticamente o mesmo valor para todas as órbitas planetárias em torno de um corpo de grande massa.

Tabela 1 - Terceira Lei de Kepler para os períodos dos planetas do Sistema Solar.

Planeta	Semieixo Maior $a(10^{10}m)$	Período $T(anos)$	T^2/a^3 $(10^{-34} anos^2/m^3)$
Mercúrio	5,79	0,241	2,99
Vênus	10,8	0,615	3,00
Terra	15,0	1,00	2,96
Marte	22,8	1,88	2,98
Júpiter	77,8	11,9	3,01
Saturo	143	29,5	2,98
Urano	278	84,0	2,98
Netuno	450	165	2,99
Plutão	590	248	2,99

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

De acordo com os dados acima, o período de um planeta em torno do Sol aumenta rapidamente com o raio de sua órbita. Por exemplo, Mercúrio, que é o planeta mais próximo do Sol, leva somente 88 dias, ou 0,241 anos para completar uma órbita em torno do Sol, enquanto o planeta mais externo, Netuno, leva 60.190 dias, ou seja, 165 anos para fazer o mesmo.

A terceira lei sendo uma regularidade cósmica teve profundas implicações na lei da gravidade de Newton, pois mostrava a distância de um corpo em órbita com relação ao Sol e o tempo que ele levava para completar o seu ciclo, ou seja, o giro completo ao redor do Sol.

Com isso, após toda essa análise é importante se questionar qual a maior importância de Kepler com a publicação de suas três leis? A resposta para essa importante indagação é descrita no trabalho de Silva, que afirma:

Kepler além de ter tornado o Sistema de Copérnico mais simples (sem a necessidade de epiciclos e de outros recursos) e preciso, foi fonte de inspiração para que Newton conseguisse desenvolver a Lei da Gravitação Universal. Afinal, qual deveria ser a dependência da força gravitacional com a distância que separa um corpo celeste do Sol, para que o primeiro execute uma órbita elíptica em torno deste último? Além desta importante contribuição de Kepler, na visão do autor desta dissertação, trata-se de um personagem demasiadamente interessante por se colocar como um elemento de transição entre o fazer ciência na modernidade e na antiguidade. Seus argumentos de natureza metafísica como também os de Newton (que, no entanto, os suprimiu dos seus tratados científicos) andam lado a lado com o seu fazer ciência, seja na ordenação dos orbes celestes, utilizando sólidos platônicos, seja ao considerar o porquê de o Sol dever estar em posição tão privilegiada. (2017, p. 22)

Em outra consideração, temos que:

Kepler tentou suprir a física que faltava no esquema de Copérnico. Foi o primeiro a sugerir que os planetas giram em torno do Sol devido a uma força que este astro exerce sobre eles. Com isso, Kepler propôs, pela primeira vez na história da ciência, uma aliança entre a física e a astronomia. Ninguém havia pensado em fazer isso em mais de 2500 anos! [...] A partir de Kepler, a astronomia toma outro rumo, definido pela precisão das medidas e pela busca por leis matemáticas capazes de descrever os fenômenos celestes. (GLEISER, 2017, p. 63 – 64)

A partir do exposto acima é relevante confirmar que os dados apresentados por Kepler foram e continuam sendo indispensáveis para a formação do homem no fazer ciência, em uma concepção holística no contexto social.

Contudo, de acordo com o que foi abordado no tópico 2.1, o conteúdo estruturante “As Leis de Kepler” é compreendido nesta dissertação como um campo conceitual fundamentado na teoria de Vergnaud, a partir disso, no próximo capítulo a sua teoria será abordada em uma perspectiva significativa da aprendizagem conceitual.

3 VERGNAUD E A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS NO ENSINO DE FÍSICA

Gérard Vergnaud, nascido em 1933 é um matemático, filósofo e psicólogo francês orientando de doutorado de Jean Piaget, onde compôs o seu segundo conjunto de pesquisadores, e tendo elaborado a Teoria dos Campos Conceituais (TCC)¹. Atualmente é diretor emérito de estudos do Centro Nacional de Pesquisas Científicas (CNRS, na sigla em francês), em Paris.

A teoria de Vergnaud aponta que os pontos conceituais trazem contribuições no contexto da reflexão sobre aprendizagem e desenvolvimento, com conexões evidentes com as ideias de Piaget e Vygotsky, que acrescentados como contribuições específicas, e original, o que este autor denomina “Teoria de Referencia” que propõe conexões necessárias dos conceitos ao domínio epistemológico e específico, no caso da proposta deste trabalho.

A TCC procura explicitar o desenvolvimento dos processos de conceitualização, partindo do princípio que a maior parte dos nossos conhecimentos são formados por competências (informações e habilidades). Para Vergnaud (1990), existem dois tipos de situações ou problemas que quando assumem algum significado para o aprendiz, geram dois tipos de processos diferentes para a sua resolução, e eles identificam-se como: 1 - a primeira classe de situações onde o sujeito já possui em seu repertório de competências dos conhecimentos prévios; 2 - a segunda classe de situações o sujeito não dispõe de todas as competências.

Acredita-se que o Ensino de Física no processo de aprendizagem nos anos do ensino médio, passa por grandes desafios devido à dificuldade que o discente encontra de tornar significativo tal conhecimento abordado e construir assim seus próprios invariantes operatórios através da linguagem, seja oral, pictórica, gráfica ou corporal. Entretanto, os saberes práticos, mesmo quando explicitados, muitas vezes não revelam todos os conceitos e sistemas, são como sugerem Vergnaud em um dos seus trabalhos definindo como apenas a “ponta visível do iceberg” da conceitualização, ressaltando que:

Não há necessariamente, uma hierarquia de competências. Compreendemos, assim, que em diversas situações que dão sentido a um determinado conceito de ordem mais simples ou concreto podendo ser aplicado de modo mais eficaz na solução de determinado problema do que um conceito mais complexo e abstrato, dependendo do tipo de situação encontrada. Isto requer da parte do indivíduo, não somente a

¹ A **teoria dos campos conceituais** de Gerard Vergnaud é uma teoria cognitivista que visa fornecer um quadro coerente e alguns princípios de base para o estudo do desenvolvimento e da aprendizagem das competências complexas, sobretudo aquelas relacionadas com as ciências e as técnicas (VERGNAUD, 1990).

posse conjunto de competências, mas na capacidade de utilizá-las adequadamente. Sendo que elas dependem do ensino aprendizagem [...] entre estes dois processos que é a ação e compreensão as relações são dialéticas. (LIMA; SANTOS, 2015, p. 62).

Nessa visão, relacionar os conceitos em diferentes formas de linguagem e representações usadas nas ciências físicas, como textos discursivos, gráficos, tabelas, maquetes ou linguagem simbólica, para confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum ao longo do tempo ou em diferentes realidades no contexto da inclusão social em termos igualitários e justos com direitos garantidos para ter qualidade de vida. Para Vergnaud, a competência do aprendiz pode, portanto, ser definida a partir dos seguintes critérios, segundo Lima e Santos (2015, p. 65):

O que ele é capaz de fazer;
Sua capacidade de obter desempenhos melhores;
Se ele possui um leque de opções no que se refere a procedimentos ou métodos alternativos que permite ao aluno uma adaptação mais definida frente às diversas situações do dia a dia.

Já em outra argumentação, temos que:

A partir desse entendimento, percebe-se que a teoria dos campos conceituais de Vergnaud supõe que o centro do desenvolvimento cognitivo é a conceitualização. Sendo assim, ao estabilizar de forma eficaz os conceitos estamos consolidando também de forma eficaz o conhecimento referente ao mesmo. Esta é uma teoria psicológica do processo de conceitualização do real que permite localizar e estudar continuidades entre conhecimento do ponto de vista de seu conteúdo conceitual. (GRECA; MOREIRA, 2002, não paginado).

Baseando nos expostos apontados acima, percebemos que, para se obter uma educação que busque o desempenho contínuo do aluno na área das ciências da natureza (especificamente na Física), deve-se buscar conceitos básicos caracterizando as causas e efeitos dos fenômenos (exemplo: Leis de Kepler), através das competências e habilidades, para que este discente consolide efetivamente as informações através da legitimidade do conjunto formal de problemas elucidados em aula. E com isso, no processo de apreensão desses campos conceituais, os estudantes vão adquirindo concepções e competências. De fato, a maior parte de nossos conhecimentos são competências (ou seja, o saber fazer) que se formam, desenvolvem, diferenciam, melhoram ou pioram ao longo de nossas vidas (VERGNAUD, 1996, p. 200). Confirmando o que se aborda na TCC “cognitivista neopiagetiana” e que tem uma forte contribuição dos trabalhos de Vygotsky. Particularmente implicadas nas ciências e nas técnicas, levando em conta os próprios conteúdos dos conhecimentos e a análise conceitual do seu domínio, podendo vir a ser utilizada como

modelo e estratégias de trabalho no ensino da física, devido à grande possibilidade do seu uso em sala de aula de forma interativa diretamente com os sujeitos (alunos). A construção dos invariantes operatórios associados ao cálculo depende, como em todo campo conceitual, do conjunto de situações estabelecidas e incorporadas às aulas e que dão sentido aos conteúdos conceituais estudados a Linguagem Física depende de uma hermenêutica textual, mas também pictórica e de “neologismo simbólicos” assim como a Matemática que costumam causar impactos nos alunos.

O professor deverá ter percebido quais pontos de rupturas entre o processo de ensino e aprendizagem e os de “inércia cognitiva” ao mudar o enfoque da explicação pelo fato que envolve conceitos estudados. Isto se justifica pelas ações, pois para Vergnaud um conceito torna-se significativo para o aprendiz por meio de uma variedade de situações e os diversos aspectos que estão envolvidos nas diferentes situações sendo necessário na prática educativa intra e extraescolar inserido no contexto ambiental e social como um conjunto de situações, sendo defendido da seguinte maneira:

[...] é a de um conjunto de situações; no campo conceitual de problemas cujo tratamento necessita conceitos procedimentos e representações de tipos distintos porém estritamente interconectado. Campo conceitual é um conjunto de situações cuja abordagem requer o domínio de vários conceitos de natureza diferente. Campo conceitual pode ser considerada em primeiro lugar como um conjunto de situações. (MOREIRA, 1996, p. 9).

Vergnaud esclarece que o significado de situações em sua teoria tem limitações ao sentido que esse conceito tem habitualmente em psicologia, ou seja, os processos cognitivos e respostas do sujeito são função das situações com as quais se defronta. Para ele, são situações que dão sentido aos conceitos, mas o sentido não está nas situações em si, e sim no isomorfismo estabelecido entre situações e os próprios conceitos sob a ótica de vários deles. São necessários, acredita-se que cabe ao facilitador (docente) quando este detecta o aparecimento da zona de desenvolvimento proximal, estabelecer as situações corretas e os sentidos corretos para que sejam solidificados os conceitos corretamente.

Por outro lado, Vergnaud reconhece a relevância da teoria de Piaget (1996), destacando as ideias de adaptação, desequilíbrio e reequilíbrio como pedras angulares para a investigação em didática das Ciências e da Matemática. Mas acredita que a grande pedra angular colocada por Piaget foi o conceito de esquema. Tal conceito, como aponta, é fundamental na teoria de Vergnaud, e chama de esquema a organização invariante do comportamento para uma determinada classe de situações (1990; 1998). Ainda segundo ele, é

nos esquemas que se devem pesquisar os conhecimentos-em-ação do sujeito, ou seja, os elementos cognitivos que fazem com que ação do sujeito seja operatória. Um esquema então vai gerar ações, pelo que deve conter regras, porém não um estereótipo porque a sequência de ações depende das particularidades da situação (1994).

Em contrapartida, ele também reconhece que igualmente que sua teoria dos campos conceituais foi desenvolvida também a partir do legado de Vygotsky. Isso se percebe, por exemplo, na relevância atribuída à interação social, a linguagem e a simbolização no progressivo domínio de um campo conceitual pelos alunos. Para o professor, a tarefa mais difícil é a de prover oportunidades aos alunos para que desenvolvam seus esquemas na zona de desenvolvimento proximal (MOREIRA, 1992).

Vergnaud toma como premissa que o conhecimento está organizando em campos conceituais cujo domínio, por parte do sujeito, ocorre ao longo de um largo período de tempo, através de experiências, maturidade e aprendizagem (1982).

Campos conceituais podem ser definidos como grandes conjuntos, informais e heterogêneos, de situações e problemas cuja análise e tratamento requer diversas classes de conceitos, procedimentos e representações simbólicas que se conectam umas com outras. (VERGNAUD, 1990, p. 23).

Os conceitos chaves das teorias de campos conceituais são, além do seu próprio conceito a grande herança Piagetiana de Vergnaud situações invariantes operatórios (teoremas – em – ação ou conceito em ação), e a sua concepção de conceitos, as implicações para o ensino, de ciências em particular para a pesquisa em ensino, considerando o campo conceitual como uma unidade de estudo para dar sentido às dificuldades observadas do conceito real que apresenta três conjuntos. Já que o núcleo do desenvolvimento cognitivo é a conceitualização, Vergnaud (1994) destaca que é preciso dar toda atenção aos aspectos conceituais das quais os aprendizes desenvolvem seus esquemas na escola ou na vida real.

A teoria de Vergnaud tem forte base Piagetiana, que se manifesta principalmente nos conteúdos conceituais, para o ensino de ciências e para a pesquisa nesse campo que é o conhecimento prévio/aprendizagem significativas é considerada o sujeito como um sistema dinâmico capaz de assegurar seu progresso cognitivo.

As ideias de Vergnaud sobre o papel do conhecimento prévio (que pode ser alternativo) se caracteriza pela interação entre novos conhecimentos elencados com o prévio, para adquirir novos significados com interação relevantes, identificando os procedimentos atitudinais prévios onde o aluno pode se apropriar para aprender aprendendo.

Vergnaud (1990) ressalta que para a mudança conceitual seria decorrente, portanto, da explicação das competências, de seus invariantes operatórios por intermédio de sua expressão discussão e integração em sistemas explicativos coerentes. Esta explicação se dá através da linguagem, seja ela oral, pictórica, gráfica, ou corporal. Entretanto, de acordo com o autor, os saberes práticos, mesmo quando explicitados muitas vezes não revelam todos os conceitos e sistemas envolvidos, são apenas a ponta visível do *iceberg* da conceitualização.

No que se refere a TCC, Moreira e Sousa (2002, p. 7) afirmam que: “Sobre o conceito de interação e o potencial elétrico estão usando o referencial Vergnaud para interpretar as dificuldades dos alunos na aprendizagem significativa desses conceitos Físicos”.

Diante disto, acredita-se que a teoria Vergnaud, confirma que os conteúdos conceituais na Educação Básica, proporciona dinamicidade, com estratégias e ideia de atividade onde o professor faz com que os alunos percebam a relação de causa e efeito no contexto do ensino de física, considerando possibilidades de favorecer a melhor compreensão por parte do docente para melhor atender as dificuldades dos discentes.

Através da teoria, educador e estudante encontrarão valiosas orientações para aprender uma realidade tão significativa e elementar no processo ensino aprendizagem e as exigências que reflete no universo da educação como um todo. Também poderão encontrar através da teoria de Vergnaud, conceitos que contribuirão no âmbito acadêmico – profissional, medidas e ideias pedagógicas aplicadas a partir das perspectivas filosóficas que norteia como marco referencial do indivíduo a compreenderem e construir a sua própria história numa visão holística e esclarecida para a construção do conhecimento, mediante suas *práxis* no contexto social contemporâneo. Portanto, os fundamentos dessa teoria para um Ensino de Física voltado ao Ensino Médio são cruciais para a proposição e evolução de novos conhecimentos relevantes aos alunos, e a uma didática mais completa e igualitária.

4 A IMPORTÂNCIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS NO ENSINO DE FÍSICA

Neste tópico, abordaremos sobre a teoria estudada de Vergnaud no ensino de Física, buscando sua importância nessa área, e sua abordagem no processo de ensino-aprendizagem através dos campos conceituais, pois, uma análise da formação conceitual por parte dos alunos, tem papel fundamental para a resolução de problemas de diferentes campos da Física.

Lembrando que segundo Vergnaud, o conhecimento se encontra organizado em campos conceituais, dos quais o sujeito se apropria ao longo do tempo. O processo de construção do conceito é chamado também por ele de “conceitualização”, e constitui o núcleo do desenvolvimento cognitivo. Esse processo é lento e também direta e fortemente influenciado pela vivência do sujeito que aprende, por suas experiências, sua maturidade etc. Ou seja, nesse processo de conceitualizar, o aprendiz cria relações e representações, e atribui significados à medida que é confrontado a situações concretas que está vivendo.

Greca e Moreira (2002, p. 35) afirmam que, “Em Física, os campos conceituais seriam definidos a partir das dificuldades na conceitualização dos modelos e teorias que explicam e interpretam a realidade e, como tais, são aproximações do real”. Assim, em Física há vários campos conceituais em estudo como: o da Mecânica, o da Eletricidade e o da Termologia. Tais campos não podem ser ensinados de forma isolada e nem de imediato pois proporciona o estudo das ações dos alunos e as condições de produção, registro e comunicação durante situações de aprendizagem (por ser uma teoria que é caracterizada por ser didática, pois está situada num sistema que liga o saber, o aluno e o professor).

Uma das tendências na área atualmente é a defesa de que o progresso na compreensão da resolução de problemas está vinculado ao progresso na compreensão da aprendizagem das tarefas envolvidas nesse processo. Nesta mesma linha de raciocínio, há a defesa da necessidade de se distinguir o estado da resolução de problema, o conhecimento declarativo e o conhecimento procedural. Dentro destas tendências estão alguns aportes teóricos mais explícitos no que diz respeito à análise cognitiva do sujeito humano frente a uma situação-problema, como é o caso da TCC de Vergnaud (SOUSA, 2001; MOREIRA, 2002).

E com isso, um ganho em se trabalhar com a TCC no planejamento e na análise de situações de ensino é que essa é uma teoria que lida com o desenvolvimento cognitivo e com a aprendizagem a partir dos próprios conteúdos do conhecimento e a análise conceitual

do seu domínio (MOREIRA, 2002). Para o autor, o objeto de ensino influencia fortemente a forma como o conhecimento é construído por parte do estudante.

Na pesquisa aqui descrita, adotamos o referencial teórico dessa teoria para analisar as estratégias cognitivas que os alunos desenvolveram ao se deparar com uma situação-problema no contexto do campo conceitual das Leis de Kepler. Especificamente, buscamos obter possíveis invariantes operatórios a partir das situações trabalhadas que puderam evidenciar neste processo por parte dos resultados, comparando-os com o conhecimento cientificamente aceito.

Entre outros aspectos, as Leis de Kepler constituem-se em um Campo Conceitual que de acordo com Moreira (2002, p. 23), “apresenta um conjunto de situações cujo a compreensão requer o domínio de vários conceitos de naturezas distintas”. Como o campo conceitual trabalhado é pautado em três leis distintas é necessário desenvolver diferentes situações para serem melhor compreendidas conforme suas definições.

4.1 Explicando os procedimentos metodológicos da pesquisa

O trabalho aqui proposto é um documento que efetiva uma experiência vivenciada na Universidade Federal do Maranhão (UFMA), e aplicada na escola pública (C. E. Professor Barjonas Lobão) na cidade de São Luís – MA, no 1º ano do ensino médio, com amostragem e procedimentos no processo de ensino aprendizagem no estudo de Física, apresentando uma intervenção de conceitos básicos das Leis de Kepler, com as seguintes questões: Como ocorre esses fenômenos planetários? Quais as leis e suas contribuições? Quais conteúdos de Física podem ser observados no processo da formação do sistema solar?

Tais problemáticas, foram desenvolvidas neste trabalho através da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, que destaca que o conceito é um triplete formado por:

1. Conjunto de Situações (S) – responsáveis pelo sentido do conceito;
2. Os Invariantes operatórios (I) - que representam o significado do conceito e permitem reconhecê-lo em diferentes contextos;
3. Representações Simbólicas (R) – que são as diferentes representações que se pode fazer do conceito.

A conceitualização, segundo Vergnaud, constitui o núcleo do desenvolvimento cognitivo, e é um processo lento e também direta e fortemente influenciado pela vivência do sujeito que aprende, por suas experiências, sua maturidade etc. Neste processo, o aprendiz cria

relações e representações e atribui significados à medida que é confrontado a situações concretas que está vivendo.

Para conseguir generalizar e enriquecer o significado de um conceito é fundamental que o aluno experimente muitas novas situações nas quais o conceito é relevante para resolvê-las, ou seja, situações em que ele pode ser empregado de diferentes maneiras.

Nesta perspectiva, o trabalho aqui proposto teve como foco abranger essas “vivências de situações” através, inicialmente, da construção de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), para a aplicação dos momentos pedagógicos que são constituídos por: aulas, atividades demonstrativas, apresentações de maquetes, mapas conceituais e oficinas de *lapbook*. Para que consequentemente, a essência do conceito e o aprimoramento do mesmo, fosse captado pelo discente de forma substancial.

4.2 Construção da Sequência de Ensino Investigativa (SEI)

Os procedimentos metodológicos foram aplicados através da Sequência de Ensino Investigativa, baseada nos estudos de Carvalho (1998) e Nascimento (2016), à luz da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud (que têm como foco as situações para dar sentido aos conceitos científicos), pelo professor aos alunos, levando em consideração a Proposta Curricular, o perfil e a realidade em que a escola está inserida. Aponta-se que o tema gerador em estudo é uma proposta que pode ser reorganizada conforme a realidade dos educandos e outros conhecimentos relevantes e significativos, de acordo com a aprendizagem esperada das teorias científicas físicas no dia a dia do aluno, utilizando a problematização no contexto da Prática Social, tais apontadas aqui abaixo:

- A) Como ocorrem as três leis de Kepler;
- B) Propor questionamentos que tenham como foco: As leis de Kepler;
- C) Aplicação de uma maquete para compreender a utilização das leis.

D) Aulas práticas, com visitas técnicas e estudos dirigidos com situações-problema considerando os valores e atitudes de cada um.

Entretanto, a elaboração e aplicação desta SEI, que é definida por Carvalho (2018, p. 765) como “uma proposta didática que tem por finalidade desenvolver conteúdos ou temas científicos”. Justificando a utilização desta importante metodologia que visa levar o aluno a ingressar no campo conceitual referente ao conteúdo estruturante – Leis de Kepler, acessando lentamente, as situações (que para a SEI são as diferentes atividades investigativas) que lhe são apresentadas. Tal metodologia também propõe ao discente pôr em ação seus esquemas e

os conhecimentos formados por teoremas e conceitos contidos nos mesmos, para então, interagir com essas situações no intuito de resolvê-las, concretizando assim o fim da aprendizagem.

Diante disso, afirma-se o papel do professor nessa fase de aprendizagem que segundo Moreira (2002), é de um mediador no longo processo de domínio de um campo conceitual, e sua principal tarefa consiste em ajudar o aluno a desenvolver seu repertório de esquemas e representações, oferecendo-lhe, para isso, situações que favoreçam este desenvolvimento. Tendo em vista que, não é com apenas uma situação ou um conjunto de situações semelhantes que o sujeito logrará um bom desenvolvimento cognitivo, e sim durante a realização de tarefas que lhe exijam comportamento ativo de exploração, experimentação dentre outros, com o objetivo de encontrar uma resposta ou solução. Com isso, também vai fazendo relações entre diferentes conceitos, abrangendo diferentes contexto, e ao fazer isso, estará se desenvolvendo cognitivamente.

Levando esses aspectos em consideração, abaixo veremos a organização da análise dos resultados dessa SEI, e os momentos pedagógicos trabalhados.

4.2.1 A Taxonomia SOLO como método de análise da SEI

No processo de aplicação da SEI, foi utilizado para a análise das respostas dos alunos, através de todos os trabalhos desenvolvidos, a Taxonomia SOLO (*Structure of Observing Learning Outcome*) que é uma teoria desenvolvida por Biggs e Collis (1982) que admite a existência de estágios de desenvolvimento cognitivo (caracterizados pelos autores como “modos de pensamento”) que, assim como na teoria piagetiana, surgem em idades aproximadamente definidas, porém, esses estágios não são gerais, mas específicos para cada domínio de conhecimento. (PEREIRA, 2019).

Com isso, os autores concebem que um mesmo aprendiz pode funcionar em vários estágios ou modos simultaneamente, justificando o fato da teoria relacionar-se a um sistema de categorias para identificar patamares de formalização do pensamento, avaliando a qualidade assim como também a quantidade de aprendizagem e informações processadas.

A partir desse ponto, os autores introduziram novos pressupostos ligados a possibilidade de identificar níveis hierárquicos de complexidade do entendimento sobre conteúdos de diferentes domínios, a partir de instrumentos desenvolvidos com esse objetivo, que são: pré-estrutural, uniestrutural, multiestrutural, relacional e abstrato estendido. Tais

níveis podem ser descritos de forma abstrata e genérica, e relativamente a uma tarefa cognitiva que exija um modo específico de funcionamento (BIGGS e COLLIS, 1982, 1991).

A Taxonomia SOLO, tem sido usada por professores devido ao fornecimento sistemático e coerente para identificação de formas de pensamento em tarefas realizadas por alunos, capacitando-os assim a enriquecer e aumentar sua aprendizagem profunda (AMANTES, 2009).

Neste trabalho, utilizamos a Taxonomia SOLO para avaliar o entendimento que os estudantes demonstraram aos conceitos relacionados às Leis de Kepler, categorizando os itens de atividades desenvolvidas em todas as etapas da aplicação do produto de acordo com o tipo de conhecimento que é solicitado em cada resposta desenvolvida pelos discentes. Essa identificação nos itens está de acordo com a característica de cada nível de complexidade de domínio da teoria, que o aluno vai retirar do tema em questão. Tais níveis serão descritos abaixo:

A) Pré-estrutural (P): as respostas explicitadas são inadequadas. O aluno elabora a resposta em um nível aquém do que o solicitado na questão, sem demonstrar capacidade para focar no essencial e eliminar aspetos irrelevantes. E com isso, o aluno não reconhece e nem consegue resolver o item.

B) Uniestrutural (U): o foco do item é correto, mas o aluno convoca ou dispõe de poucas informações no processo de resolução das resposta e do uso de dados, tornando-os inconsistentes.

C) Multiestrutural (M): o aluno desenvolve corretamente a relevância da informação requerida para sua resposta apresentando assim vários aspectos relevantes. Porém, tais informações não se integram totalmente, e com isso, algumas inconsistências podem aparecer.

D) Relacional (R): as informações são corretamente percebidas e acessadas, os dados são avaliados e as relações são estabelecidas. O todo se torna uma estrutura coerente com relação aos dados invocados e, com isso, não há inconsistências. Porém, tais respostas não demonstram uma visão global do conhecimento que está envolvido.

E) Abstrato estendido (A): O aluno neste nível demonstra a capacidade para adaptar a informação a conceitos gerais capaz de convocar estruturas propostas para um novo quadro com características mais abstratas, representando um novo e elevado modo de operação. A resposta desse nível demonstra uma consistência global capaz de estabelecer princípios aplicáveis a qualquer contexto.

A partir das descrições feitas para cada nível de complexidade da Taxonomia SOLO, iremos utilizá-los para a análise das respostas dos alunos nas atividades, mapas

conceituais, *lapbook's* e questionários aplicados durante o processo de trabalho do produto educacional, tais informações serão apresentadas abaixo em forma de gráfico e tabela.

4.2.2 Etapas e objetivos dos momentos pedagógicos

No processo de aplicação do Produto Educacional tivemos a elaboração e o desenvolvimento de aulas e atividades, construção de mapas conceituais e oficinas de construção de *Lapbook*. Tudo sobre a assessoria do professor titular da sala de aula onde foram aplicados todo o trabalho. Para a elaboração das atividades e oficina, foram disponibilizados todos os materiais utilizados pelos alunos, e tudo foi registrado com fotografias, e através de anotações, assim como todos os registros produzidos pelos mesmos foram objetos de análise e interpretação.

Todas as aulas trabalhadas foram desenvolvidas na SEI, tendo por base as 5 etapas demonstradas no trabalho de Carvalho (1998), que neste trabalho chamaremos de Momentos Pedagógicos (M.P). Com isso, no **Quadro 1** podemos ver como esses momentos pedagógicos foram planejados de acordo com as aulas ministradas e com a proposta metodológica utilizada.

Quadro 1- Etapas dos Momentos Pedagógicos por base na proposta de Carvalho (1998) e Nascimento (2016).

Momentos Pedagógicos	Tarefas	Descrição das Tarefas
Primeiro Momento Pedagógico	Análise diagnóstica	Apresentação do projeto a ser desenvolvido com os alunos, aplicação de uma atividade diagnóstica como método de sondagem dos conhecimentos prévios, que servirá como base para o desenvolvimento da experimentação - <i>Apresentação do material e problematização</i> .
Segundo Momento Pedagógico	Aula 1 a 4	Neste momento pedagógico utilizamos as <i>estratégias da experimentação</i> e a <i>busca por responder o “como” e o “porque”</i> através do desenvolvimento das aulas, estudo de conceitos, e aplicação de atividades demonstrativas relacionadas ao tema trabalhado, e da apresentação de maquetes para finalizar e auxiliar na concretização de

		conceitos trabalhados. Além da sistematização coletiva que possibilita levar os alunos a discutirem sobre os eventos e fenômenos observados sobre o tema proposto.
Terceiro Momento Pedagógico	Aula 5	Nesses dois momentos pedagógicos será trabalhada a <i>sistematização conceitual</i> , que está relacionada com a apresentação de conceitos por meio de estratégias didáticas como: a aplicação da construção de um Mapa Conceitual, das Leis de Kepler; e a oficina de <i>Lapbook</i> , em que será desenvolvido um <i>lapbook</i> sobre conceitos das Leis de Kepler.
Quarto Momento Pedagógico	Aula 6 e 7	
Quinto Momento Pedagógico	Questionário Final	Aplicação do questionário para a <i>avaliação</i> dos conceitos trabalhados sobre as Leis de Kepler.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Nos próximos tópicos apresentaremos as metodologias e resultados de cada momento pedagógico trabalhado, bem como a visão teórica dos campos conceituais de Vergnaud e suas devidas análises.

4.3 Primeiro momento pedagógico

O primeiro momento pedagógico é constituído de análise diagnóstica, onde na primeira aula, foram apresentados inicialmente, todo o projeto desde o conteúdo central “As Leis de Kepler”, as atividades que os alunos iriam produzir sobre esse conteúdo, mapas conceituais e pôr fim a oficina da construção do *lapbook* como uma proposta de avaliação.

No fim dessa aula, foi realizado uma sondagem através de uma avaliação informal e diagnóstica (Pré-teste), retirada do trabalho (Hoffmann, 2013), sobre os conhecimentos prévios que estes discentes possuem, e um desenho prático de como eles imaginam ser o sistema solar, afim de então buscar e abordar dentro dessa realidade uma aprendizagem significativa conceitualmente, e procedimentalmente, ligando a como se deve proceder para a formação dos mesmos que de acordo com Astolfi e Lopes Junior (2015), esses novos conhecimentos trabalhados pelo professor em sala de aula relacionam-se com o conhecimento que o estudante traz consigo; de experiências anteriores. Juntos eles formam uma estrutura de

conhecimento que faz sentido ao estudante. Vergnaud (1996) aponta que a teoria dos campos conceituais destaca que a aquisição de conhecimento é moldada pelas situações e problemas previamente dominados e que esse conhecimento tem, portanto, muitas características contextuais. Assim, muitas de nossas concepções vêm das primeiras situações que fomos capazes de dominar ou de nossa experiência tentando modificá-las.

Com isso, o questionário 1 teve o objetivo de propiciar questões desafiadoras e contextualizadas para a análise no processo de ensino-aprendizagem, de acordo com o conhecimento prévio do aluno, analisando por um todo, como elementos articuladores, que auxiliem a promover as necessidades básicas de aprendizagem do ponto de vista de quem ensina e de quem aprende. No Anexo 1 se encontram as questões aplicadas na diagnóstica, e a planilha de avaliação dessa atividade.

Na análise dos resultados, avaliamos os alunos através de quatro níveis de aprendizagem, que são apresentados no **Quadro 2**.

Quadro 2 - Níveis de avaliação de aprendizagem utilizados na diagnóstica.

LEGENDA DA ESCALA DE APRENDIZAGEM		
NIVEL – I	INSUFICIENTE	Os alunos neste nível precisam melhorar a: leitura e interpretação de texto científico e tecnológico. O discente neste nível não possui nenhum conhecimento prévio sobre o tema.
NIVEL – II	BÁSICO (REGULAR)	Os alunos neste nível ler e produz, porém tem a dificuldade de concretizar e analisar as informação informações objetivamente no contexto. O discente neste nível poderia ter vestígios de conhecimento prévio sobre o tema.
NIVEL – III	BOM	Os alunos neste nível ler, produz, analisa as situações impostas, porém, não concretiza as informações relacionando a teoria com a pratica. Neste nível o discente possui certo conhecimento prévio sobre o tema, mas não eleva o conhecimento concreto para o abstrato.
NIVEL – IV	MUITO BOM	Os alunos neste nível, já traz uma apropriação de linguagem acessível sobre o tema e relaciona

		significativamente a teoria com a prática, possuindo competências de relacionar o conhecimento científico tecnológico. O discente neste nível possui certo conhecimento prévio sobre o tema.
--	--	--

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Os níveis de aprendizagem são baseados através das porcentagens de acertos e erros envolvidos nas questões objetivas e na questão discursiva.

Ao analisarmos o processo de aprendizagem dos alunos tentamos identificar os conhecimentos prévios dos mesmos afim de estimulá-los para que pudessem assimilar o novo conhecimento de forma mais significativa, também procuramos observar a ocorrência de relacionar já nessa fase a relação de estruturação de possíveis esquemas, como também, a ocorrência dos diferentes tipos de aprendizagem.

A **Tabela 2**, apresenta a relação de resultados utilizada na planilha de avaliação do questionário 1 das questões objetivas de 1 a 6.

Com relação as questões 3, 5 e 6, de acordo com a tabela acima, os alunos atingiram o nível insuficiente de aprendizagem, demonstrando não ter nenhum conhecimento prévio sobre o tema em questão. Já para a questão 2 os mesmos se encontram no nível básico ou regular, havendo um conhecimento parcial sobre o conteúdo a ser trabalhado. E por fim, nas questões 1 e 4, os discentes se encontram em um nível bom de conhecimento prévio sobre o tema, apenas possuindo uma certa dificuldade em concretizar essas informações já trazidas em sua bagagem de conhecimento.

Ao analisarmos o desenvolvimento dessa avaliação no sentido geral de acertos, podemos perceber que o nível da turma é insuficiente, pois, a maior parte das questões mostra que os mesmos não possuem nenhum conhecimento prévio sobre o tema Leis de Kepler e Gravitação.

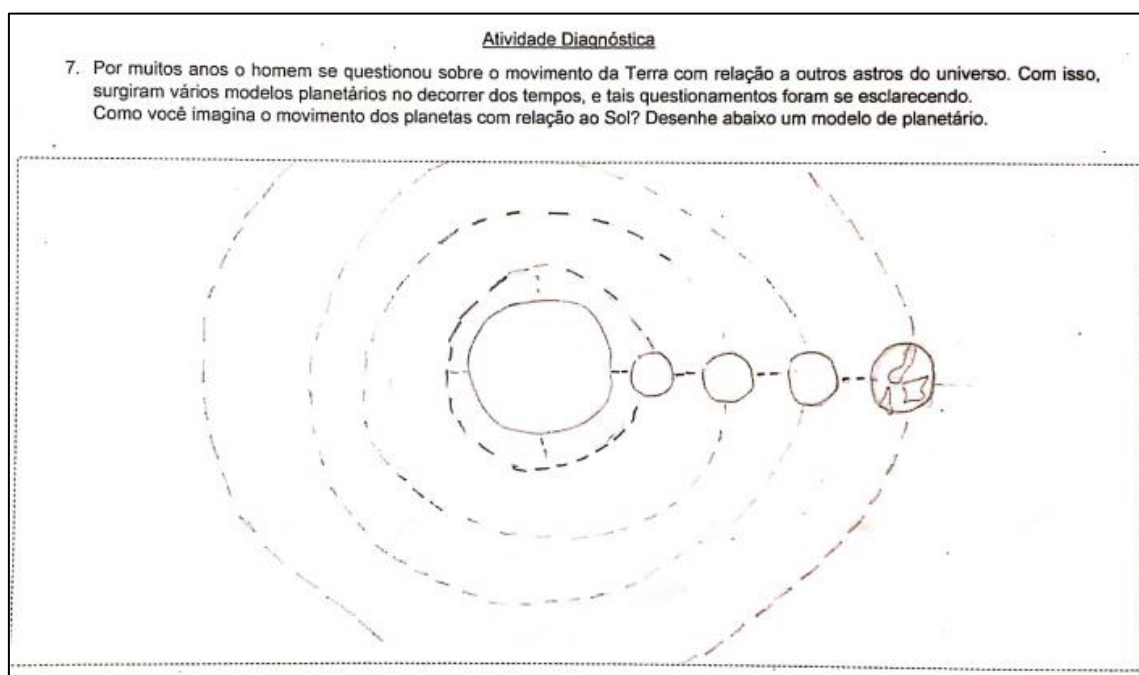
Tabela 2 - Planilha de apuração de dados após a aplicação da diagnóstica.

QUESTÕES/ ALTERNATIVAS	NÚMERO DE MARCAÇÕES					NÚMERO DE MARCAÇÕES (%)					NÍVEL DE APRENDIZAGEM	GABARITO
	A	B	C	D	TOTAL	A	B	C	D	TOTAL		
1	1	19	4	0	24	4%	79%	17%	-	100%	III	B
2	3	13	1	5	22	14%	59%	4%	23%	100%	II	B
3	10	9	3	2	24	42%	37%	13%	8%	100%	I	A
4	1	2	19	2	24	4%	8%	80%	8%	100%	III	C
5	0	4	13	7	24	-	17%	54%	29%	100%	I	D
6	5	10	7	2	24	21%	42%	29%	8%	100%	I	B

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

A questão 7 teve como objetivo avaliar qual a visão que o aluno possuía do modelo do sistema solar, para se buscar possíveis intervenções ao longo das aulas caso fosse necessário, pois, é relevante lembrar que essa análise feita inicialmente é a diagnóstica. A ficha de aplicação se encontra no Apêndice A.

Figura 10 - Atividade diagnóstica discursiva.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Em todos os desenhos apresentados pelos alunos, assim como o da figura acima, demonstram que os mesmos possuem uma certa noção mínima da estrutura real do sistema solar, comprovando-se que existe um conhecimento prévio insuficiente com relação a esse ponto do conteúdo abordado, ou seja, de acordo com Moreira (2002, p. 14) o que tudo isso quer dizer é que é normal que os alunos apresentem tais concepções e que elas devem ser consideradas como precursoras de conceitos científicos a serem adquiridos. A ativação desses precursores é necessária e deve ser guiada pelo professor. E com isso, faz-se necessário buscar intervenções específicas, que promovam a dissolução dessas dúvidas e dificuldades percebidas. Essas intervenções foram desenvolvidas durante as aulas com as aplicações de atividades que serviram de conjuntos de situações e representações em todo o processo de ensino, nos próximos tópicos descreveremos essas aulas.

4.4 Segundo momento pedagógico

No segundo momento pedagógico é constituído de aulas e aplicação de atividades, afim de desenvolver de acordo com a teoria dos campos conceituais de Vergnaud, conjuntos de situações (S) - a partir das aulas ministradas, representações (R) – com a apresentação das equações e demonstrações dos modelos esquemáticos das leis, o desenvolvimento das atividades e aplicação das maquetes, que irão servir de suporte para o desenvolvimento dos invariantes operatórios (I) e esquemas nos outros momentos pedagógicos trabalhados.

4.4.1 Procedimentos e análises dos resultados das aulas aplicadas

A) Aula 1

Objetivando organizar o conhecimento com relação ao espaço e o tempo, foi apresentado em duas aulas, um pouco da história com a aula intitulada “Antes de Kepler”, acerca do Geocentrismo e Heliocentrismo, para então demonstrar a importância dos resultados obtidos pelas suas leis na época. Iniciamos a apresentação do tema mostrando diversas imagens de modelos de planetários para os alunos observarem e olharem qual o modelo era mais “correto”. Dei a liberdade para a exposição das opiniões dos alunos afim de motivá-los e prepara-los para a formação de esquemas iniciais (primeiras impressões) sobre o conteúdo e, depois de esgotada as manifestações, passei a mostrar os diversos modelos de planetários ao longo da história. Encerramos esta aula já introduzindo no enunciado da 1ª Lei de Kepler.

B) Aula 2 e 3

Nas aulas 2 e 3, foram trabalhados os principais conceitos sobre a 1ª Lei de Kepler – Lei das Órbitas e a 2ª Lei de Kepler – Lei das Áreas, objetivando buscar enriquecer os conhecimentos de seus esquemas ou auxiliando-os a construir novos esquemas. Com isso, após as aulas os alunos formaram duplas para a aplicação, das atividades complementares que foram adaptadas do Livro Manual de Astronomia (Canalle & Matsuura, 2012), e demonstrações desses fenômenos através das maquetes.

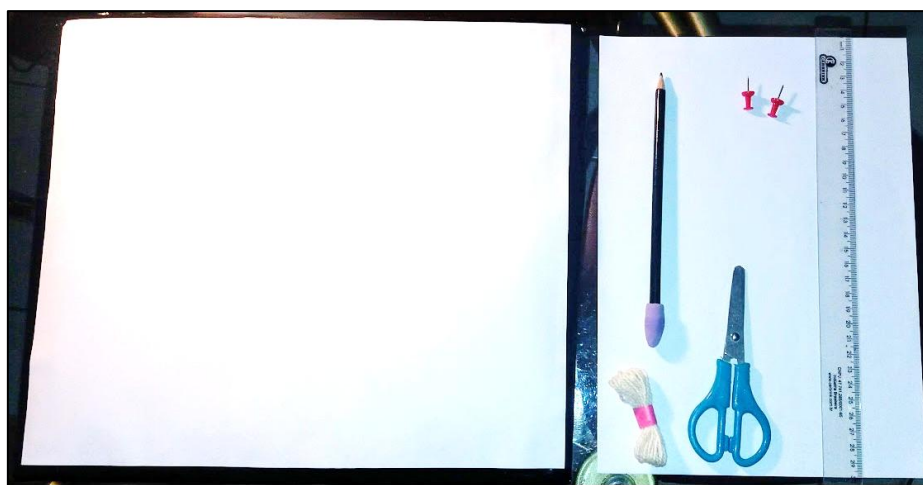
As análises dos resultados obtidos através das atividades aplicadas, foram coletadas a partir de duas duplas e podem ser descritas através da teoria dos campos conceituais, tais como: as situações apresentadas em cada atividade de acordo com a

ordem das aulas sobre o tema; os invariantes operatórios apresentados pelos alunos no desenvolvimento das atividades; as representações demonstradas pelos alunos em suas respostas.

Para executar as atividades, foram cedidos materiais para os alunos descritos abaixo:

- Placa de papelão;
- Folha de papel A4;
- Folha de papel milimetrado;
- Barbante;
- Régua;
- Tachinhas;
- Lápis e borracha.
- Tesoura.

Figura 11 - Materiais para a Atividade 1 e 2 “Desenhando as órbitas dos planetas”.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

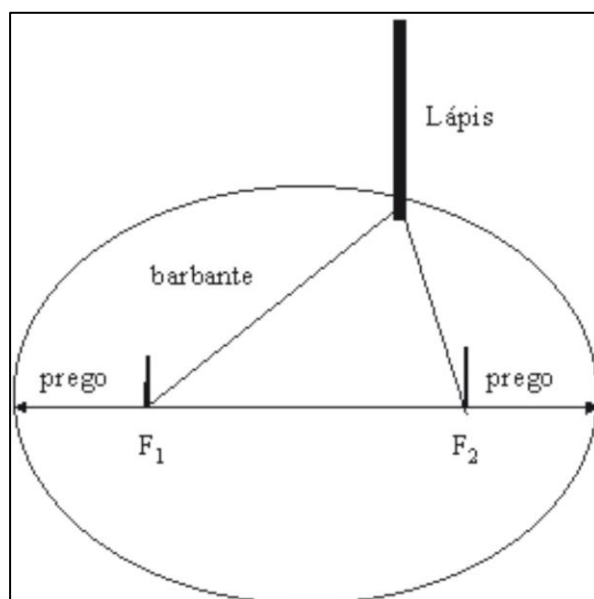
A primeira atividade que se refere a Lei das órbitas, foi realizada a partir dos dados já conhecidos das excentricidades das órbitas dos planetas, para então os discentes terem uma visão dessas órbitas, e complementarem os conceitos trabalhados nesse tópico. Com isso, buscamos, também mostrar aos mesmos alguns erros cometidos nos livros didáticos sobre a excentricidade das órbitas, em que as consideram muito mais excêntricas do que realmente são.

Os procedimentos para esta atividade se deram em duas etapas:

1) Na primeira etapa, os alunos com os dados das excentricidades dos planetas e a distância do eixo maior da elipse, fizeram o cálculo para encontrar as distâncias dos focos (F) e o comprimento do barbante.

2) Na segunda etapa, tomando posse desses dados os alunos desenharam as órbitas através do “Método do Jardineiro” usando o barbante, lápis e as tachinhas, que são colocadas em nos focos da elipse, conforme se observa na Figura 12.

Figura 12 - Esquema do método do jardineiro.



Fonte: (Manual de Astronomia, 2012, p. 104).

Figura 13 - Alunos desenhando a órbita de Plutão pelo método do jardineiro.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

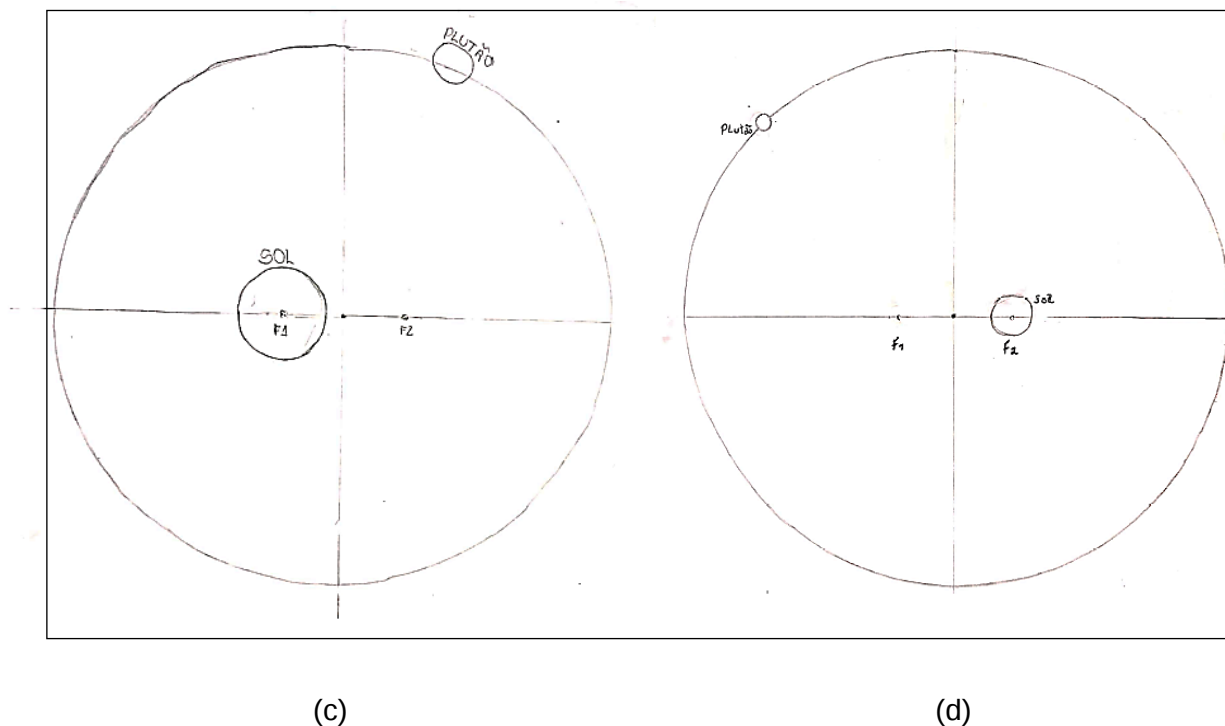
O desenvolvimento dessa atividade é importante, porque, não só ajuda a trazer a elipse para o cotidiano do aluno, que aprende a desenhá-la, como também promove a compreensão de como os pontos focais estão intimamente relacionados à elipse. Em vista disto, as figuras abaixo são as representações simbólicas (R) feitas pelos os alunos, com o objetivo de construir possíveis invariantes operatórios acerca do tema abordado – Primeira Lei de Kepler.

Figura 14 - Tabela preenchida pelos alunos com dados da órbita de Plutão. Em (a) estão os dados da dupla 1 e (b) da dupla 2.

1. Atividade das órbitas dos planetas. Planeta: <u>Plutão</u>		1. Atividade das órbitas dos planetas. Planeta: <u>Plutão</u>	
GRANDEZAS	VALORES	GRANDEZAS	VALORES
Eixo maior (A)	<u>20 cm</u>	Eixo maior (A)	<u>20 cm</u>
Distância interfocal (F)	<u>4 cm</u>	Distância interfocal (F)	<u>4 cm</u>
Comprimento do barbante (L)	<u>24 cm</u>	Comprimento do barbante (L)	<u>24 cm</u>
Excentricidade do planeta:	<u>0,2</u>	Excentricidade do planeta:	<u>0,2</u>
(a)		(b)	

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Figura 15 - Desenho das duplas representativo da órbita de Plutão [(c) dupla 1 e (d) dupla 2].



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Os resultados analisados acima, mostram exatamente que por meio do desenvolvimento da Atividade 1 referente a primeira lei de Kepler, os conceitos foram mais compreendidos pelos alunos, e o entendimento entre o enunciado da lei que afirma “Todo planeta descreve uma órbita elíptica em torno do Sol”, e que essa elipse não possui muita excentricidade, se tornou mais significativo, justificando um ponto crucial da Teoria dos Campos Conceituais que de acordo com Moreira (2002) os conceitos tornam-se significativos através de situações, e que as mesmas constituem a principal entrada de um campo conceitual. Situações essas que foram apresentadas durante as aulas, e concluídas a partir dos significantes (representações simbólicas), obtidas com a atividade.

Após a primeira atividade desenvolvida os discentes tiveram a aula referente a segunda lei de Kepler, que estabelece que a velocidade areolar de cada um dos planetas é constante, ou seja, eles descrevem áreas iguais em tempos iguais. Assim sendo, para que os alunos pudessem compreender tal enunciado os mesmos desenvolveram a Atividade 2, que se iniciou a partir da construção novamente da órbita de Plutão (através da 1ª atividade) em um papel milimetrado, e em seguida deu-se o cálculo da área afim de comprovar a lei e concretizar o entendimento de tal conceito. Para esse momento, tivemos também duas etapas:

I) Para relacionar o que a lei fala sobre “áreas iguais em intervalos de tempos iguais” com a demonstração, partimos dos seguintes dados: que o período de translação de Plutão é de 248 anos, e que ao dividimos esse valor por 5, obtemos 5 intervalos iguais de aproximadamente 50 anos cada.

II) Depois de desenhar a órbita e dividi-la em 5 partes, os alunos pegaram duas dessas áreas e seguiram o seguinte procedimento:

1) Os alunos contaram todos o “centímetros quadrados” do papel milimetrado que estavam inteiramente dentro do “pedaço” da “área”. Logo após, multiplicaram esse número por 4 pois a unidade de área, na verdade era quadradinho com 5 mm de lado (um quarto de centímetro quadrado) do papel.

2) Na fronteira foram contados todos os quadradinhos (de 5 milímetro de lado) em que a linha da fronteira passa por eles. Somemos esses quadradinhos e divididos por 2.

Somando os resultados obtidos nos dois itens anteriores os alunos obtiveram a área da seção medida.

3) Repetiram o procedimento para outra “área”.

4) Todos esses dados foram colocados em uma ficha que foi entregue para cada grupo (a mesma pode ser encontrada no Apêndice B). É importante destacar que o nível taxonômico da questão é o Relacional, ou seja, é exigido dos alunos que percebam a informação principal da questão, sem elevarem necessariamente a uma visão global do tema.

As Figuras (16 e 17) abaixo, são os dados coletados dos alunos, nelas constam as representações simbólicas, que foram todos os desenvolvimentos da atividade como: os cálculos - em busca dos valores das áreas (na Figura 16); e os invariantes operatórios - relacionados aos conceitos trabalhados e referentes a resposta subjetiva feita pelos alunos no questionamento apresentado na Figura 17.

Figura 16 - Tabela com valores das áreas da órbita de Plutão [(a) dupla 1 e (b) dupla 2)].

2. Atividade das Áreas dos planetas.		2. Atividade das Áreas dos planetas.	
ÁREAS	VALORES	ÁREAS	VALORES
A ₁	$34 \times 4 = 136 / 28 \div 2 = 14$	A ₁	$22 \times 4 = 88 / 28 \div 2 = 14 \Rightarrow 102$
A ₂	$34 \times 4 = 136 / 28 \div 2 = 14$	A ₂	$22 \times 4 = 88 / 28 \div 2 = 14 \Rightarrow 102$

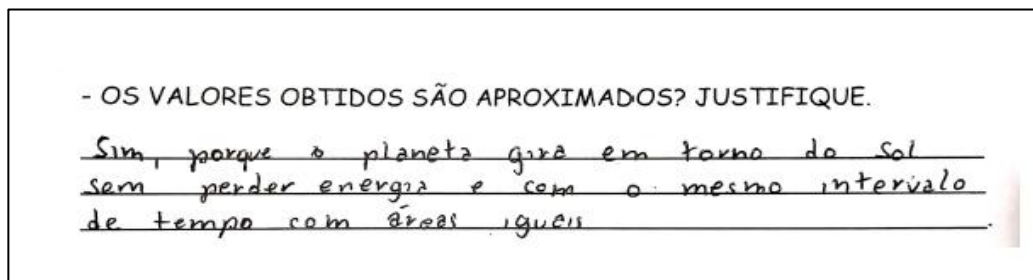
Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

A Atividade 2 mostrou que se tendo a órbita do planeta já desenhada, em escala e dividida em iguais intervalos de tempo, podemos calcular a área varrida pela linha imaginária que liga o Sol ao planeta e confirmarmos que estas áreas são iguais.

Figura 17 - Resultado da segunda questão obtidos pelas duplas. Na figura (c) são os dados da dupla 1 e (d) da dupla 2.

- OS VALORES OBTIDOS SÃO APROXIMADOS? JUSTIFIQUE. <u>Sim, porque as áreas são iguais</u> _____ _____
--

(c)



(d)

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Com isso, através desses dados observamos que há indícios de que as situações propostas para a compreensão dos significados dos conceitos da Lei das Áreas impactaram nos estudantes, levando-os a desenvolverem seu repertório de esquemas, utilizando elementos presentes nas demonstrações feitas nas aulas e explicações, durante o processo de aplicação desta atividade, para expressar suas compreensões como podemos perceber, através de suas respostas na Figura 17.

É importante também fazer uma análise com relação ao nível das respostas apresentadas pelas duas duplas, como podemos ver no **Quadro 3**.

Quadro 3 - resultados das duplas através da TCC.

Duplas	Análise sobre a TCC
Dupla 1	Os alunos conseguiram identificar com facilidade o item da questão, porém tiveram dificuldade de relacionar o concreto (informações coletadas na figura) e elevar para o abstrato, mostrando que possuem ainda poucas informações para a construção dos seus próprios esquemas.
Dupla 2	A resposta dos alunos, identifica que os mesmos relacionam perfeitamente os dados encontrados com o conceito abordado na segunda lei de Kepler. Configurando de acordo com Vergnaud, um teorema-em-ato que é uma proposição tida como verdadeira sobre o real, ou seja, os discentes manuseiam os conceitos de maneira pertinente

	daquilo que é aceito cientificamente.
--	---------------------------------------

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

É importante observar que de acordo com as descrições acima, em uma análise através da Taxonomia SOLO, os níveis de aprendizagem de cada uma das duplas podem ser descritos como: a dupla 1 encontra-se em um nível Uniestrutural (U); e a dupla 2 em um nível Relacional (R).

Em uma visão mais geral do nível de aprendizagem da turma com relação a atividade trabalhada, tem-se abaixo a **Tabela 3** que mostra a análise de todas as duplas com relação aos níveis taxonômicos.

Tabela 3 - Relação geral do nível Taxonômico da sala de aula.

Quantidade de Duplas	Níveis Taxonômico	Porcentagem
3	Pré – Estrutural	30%
5	Uniestrutural	50%
2	Relacional	20%

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

A partir dos dados acima é visível que metade dos resultados (50%) das duplas com relação a questão, se encontram no nível taxonômico Uniestrutural, ou seja, os discentes conseguem identificar o elemento principal da atividade, mas como possuem ainda poucas informações, não desenvolvem com êxito a questão como um todo. Não deixando de ser um bom resultado pois, os erros cometidos pelos alunos apontam os conhecimentos implícitos (invariantes operatórios) que irão servir de norte para que em futuras atividades aplicadas possa-se desestabilizá-los.

Outro ponto importante mostrado na tabela é que 3 duplas (30%) se encontram em um nível taxonômico Pré-estrutural, que estão relacionados ao fato dos mesmos saberem que elementos considerar, que propriedades aplicar (por exemplo, quando calcularam as áreas da órbita do planeta), mas não conseguiram reconhecer e nem explicitar porque fizeram, ou seja, os discentes se encontram em um nível aquém do desejável, que de acordo com Vergnaud (2009), existe ainda uma dificuldade de não conseguirem explicitar verbalmente parte dos conhecimentos que utilizam na ação,

embora tenha tido certa experiência em determinada situação. Os conceitos necessários para resolver essas situações são instrumentos da ação do sujeito. Em outras palavras, os alunos usaram apenas a parte operacional dos significados do conceito. Mas o significado não é só isso, nem o conceito é só significado. Existindo aí um “operacionalismo” ou “operativismo” que pode, inclusive, ser indicador de uma aprendizagem mecânica (GRECA; MOREIRA, 2003).

Apenas 20% das duplas tiveram um bom desempenho na atividade, e ficaram no nível Relacional que era o exigido pela questão. Com isso, segundo Vergnaud (1996), essas duplas sabem explicitar os objetos, os conceitos e suas propriedades, existindo uma relação dialética entre o desenvolvimento da forma operatória do conhecimento e da forma predicativa desse conhecimento.

C) Aula 4.

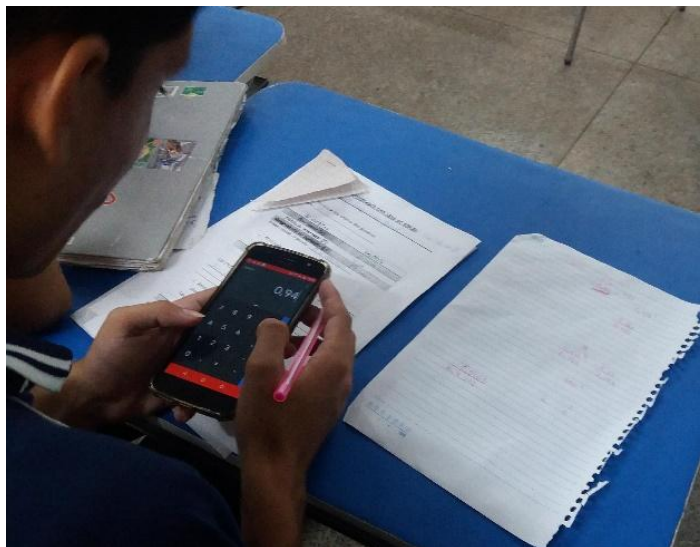
Na quarta aula ministrada, trabalhou-se a terceira Lei de Kepler – Lei dos Períodos, e a partir de conhecimentos já estudados sobre as outras leis, pretendeu-se abordar o conceito relacionado a esta, e por fim, a aplicação da Atividade 3.

Para a execução da terceira atividade, os alunos se reuniram novamente em dupla e receberam uma ficha de questões (que pode ser encontrada no Apêndice B). O objetivo desta atividade foi inicialmente, calcular o valor da constante (k) mencionada na Lei, e logo após, utiliza-la para descobrir os períodos de translação de outros planetas, buscando proporcionar ao aluno uma relação de compreensão entre o conceito abordado com o resultado encontrado pelos mesmos. Com isso, os procedimentos trabalhados, foram:

I) Inicialmente as duplas tiveram que descobrir qual é o valor da constante mencionada na Lei dos Períodos, utilizando a equação da lei e os dados do raio e do período de cada planeta (que foram disponibilizados para os alunos). Logo após colocaram esses valores em uma tabela.

II) No segundo momento, os alunos tiveram que encontrar o período de translação dos seguintes planetas: Urano, Netuno e Plutão. Para tanto, foi disponibilizado o valor de seus raios médios, e através da equação da lei, encontraram os períodos dos mesmos.

Figura 18 - Aluno desenvolvendo os cálculos da atividade 3.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Esta atividade teve duas propostas importantes com relação a TCC, para o desenvolvimento de possíveis invariantes operatórios referentes a esse tópico, que são: as representações linguísticas com o enunciado da terceira lei “os quadrados dos períodos de revolução dos planetas ao redor do Sol são diretamente proporcionais ao cubo dos raios médios de suas órbitas”, que formam o conhecimento científico explícito formal; e as representações simbólicas relacionadas a equação desta Lei, que formam o conhecimento implícito.

Em um primeiro momento durante a aplicação da atividade alguns alunos tiveram dificuldade com a utilização da fórmula matemática, mas, após as explicações feitas pelo professor em sala, e o acompanhamento do desenvolvimento do restante da questão com as duplas, todos os discentes obtiveram êxito na conclusão dos seus resultados.

Um ponto importante a ser falado sobre esse momento da aula, e também das outras aulas, é justamente, o papel central de mediador do professor, como é proposto por Vergnaud, de provedor dessas situações problemáticas frutíferas, que estimulam a interação do sujeito com as situações, possibilitando-lhe desta forma a ampliação e diversificação dos esquemas de ação do sujeito (MOREIRA, 2002).

Abaixo veremos a Figura 19 que representa os resultados obtidos pelos discentes na terceira atividade.

Figura 19 - Em (a) são os dados dos cálculos de uma das duplas da constante k de alguns Planetas, e em (b) os dados dos resultados do período de translação dos Planetas: Urano, Netuno e Plutão.

3. Atividade sobre os Períodos, raio médio e a constante dos planetas.

- Calculando as constantes dos planetas.

PLANETAS	VALORES
Mercúrio	0,993...
Vênus	0,999...
Terra	1
Marte	1,000...
Júpiter	≈ 1
Saturno	≈ 1

(a)

- Com o valor das constantes calcule o Período de translação para os planetas: Urano, Netuno e Plutão.

PLANETAS	VALORES
Urano	≈ 84 anos
Netuno	164 anos
Plutão	≈ 248 anos

(b)

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Os resultados apontados acima indicam os valores obtidos pelos alunos através da utilização da equação proposta por esta lei, que formam, como citado acima, os resultados implícitos dos alunos. Esses resultados serviram de suporte para que os mesmos obtivessem uma resposta explícita e científica da terceira lei de Kepler, e com isso, puderam observar que, quanto maior for a distância do Sol, maior será o período de translação, mas a relação $\frac{T^2}{a^3} = k$ (que é a relação que representa o enunciado da Lei) é a mesma para todos.

Tal ação trabalhada através desta atividade teve como proposta proporcionar aos estudantes, ferramentas para a construção de conceitos e teoremas explícitos e gerais de acordo com os conceitos. Em outras palavras, Vergnaud (1990, p. 21) afirma que: “palavras e símbolos, sentenças e expressões simbólicas, instrumentos cognitivos indispensáveis para a transformação dos invariantes operatórios implícitos em teoremas e conceitos”.

No próximo tópico, veremos outro instrumento utilizado nas aulas que serviram também de suporte da concretização e construção de possíveis invariantes operatórios pelos alunos.

4.4.2 Maquete das Leis de Kepler

Após as atividades foram apresentadas as maquetes, como uma demonstração da aula experimental, e serviram como uma importante variável para que os discentes pudessem promover uma aprendizagem mais construtiva e concreta.

As situações oferecidas nestas demonstrações também serviram para a busca de complementações sobre os temas estudados nestas aulas, explorando com maior abrangência o campo conceitual associado às Leis de Kepler. Na Figura 20, podemos observar o recurso didático demonstrativo intitulado “Maquete das Leis de Kepler”.

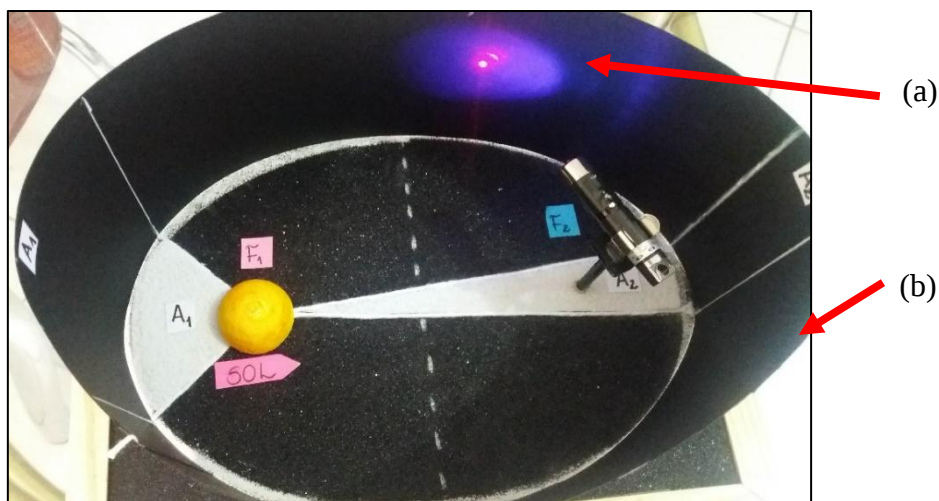
Figura 20 - Maquete das Leis de Kepler.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Para a representação da 1ª Lei – Lei das Órbitas, de acordo com a Figura 21, o recurso utilizou-se de um laser que descreve o movimento de um planeta em torno de uma órbita elíptica com relação ao Sol, o mesmo está posicionado sobre um dos focos da elipse.

Figura 21 - Demonstração da primeira Lei de Kepler – Lei das órbitas. (a) luz do laser que representa o planeta; (b) suporte de papel para representar a órbita descrita pelo planeta.

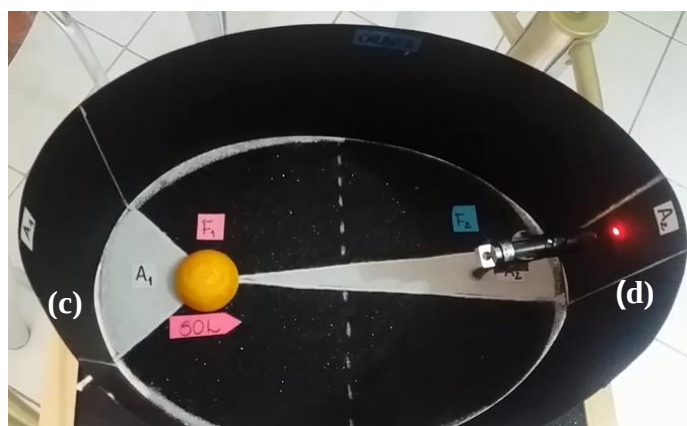


Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Para a 2ª Lei – Lei das Áreas, foi representado por áreas em alto relevo com E.V.A, que representam as áreas varridas pelos planetas para simular a definição da lei quanto “A Linha que vai do Sol até qualquer planeta varre áreas iguais em intervalos de tempos iguais”.

Também foi representado de acordo com a figura acima, usando o laser (que é o planeta), a relação da velocidade quanto a distância do mesmo ao Sol, em que, quando o planeta estiver próximo terá uma maior velocidade (Periélio), e distante menor velocidade (Afélio), para passar ao aluno uma similaridade com relação a definição destas leis.

Figura 22 - (c) representação do periélio – maior velocidade; (d) representação do afélio – menor velocidade.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Através da apresentação das maquetes observou-se que a compreensão e ampliação do entendimento dos conceitos trabalhados tornou-se mais significativo para os discentes, visto que, a TCC aponta justamente para uma proposta de aplicar

diferentes situações permitindo assim, a visualização dos conceitos, relações e propriedades dos modelos físicos para finalmente, extrair os seus correspondentes invariantes operatórios.

Figura 23 - Alunos manuseando a maquete.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Contudo, através desse instrumento didático podemos relacionar a tríade da TCC, pois, a maquete foi levada para a sala de aula como uma situação (S) proposta para dar sentido aos conceitos trabalhados, através das demonstrações explicadas e visualizadas, os discentes puderam absorver os invariantes operatórios (I) relacionados aos conceitos, e por fim, a estrutura total da maquete forma um conjunto de representação simbólica (R) que serviram para representar de forma explícita os invariantes operatórios citados acima.

Todo esse conjunto de situações apresentados nesse primeiro momento pedagógico, serviu de suporte para futuras atividades que foram desenvolvidas e explicadas nos próximos tópicos.

4.5 Terceiro momento pedagógico

Em um segundo momento pedagógico, foi aplicado o desenvolvimento dos mapas conceituais como uma proposta de levar representações sobre o conceito

estudado, e a identificação de possíveis invariantes operatórios relacionamos a estes conteúdos trabalhados nas diversas situações anteriormente citadas.

Diante disso, o mapa conceitual é uma técnica de análise, proposta por Novak (1997), que pode ser usada para ilustrar a estrutura conceitual de um conhecimento.

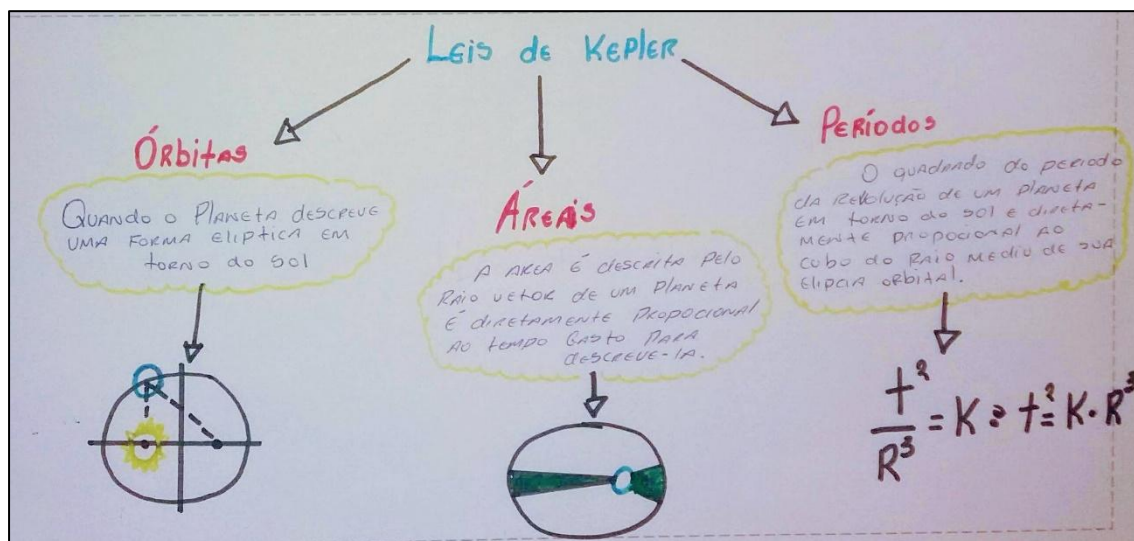
Os procedimentos para esta atividade serão descritos abaixo e complementaram o enfoque da 5ª aula desta sequência.

4.5.1 Aplicação e análise dos resultados dos mapas conceituais

Para esta quinta aula, inicialmente, foi apresentado aos alunos através de slides algumas técnicas de elaboração de mapas conceituais, reforçando principalmente a compreensão de conceitos, palavras de ligação, hierarquização, síntese, e alguns exemplos de Mapas Conceituais. Posteriormente, a partir do conteúdo ministrado nas aulas anteriores, os alunos formaram duplas e elaboraram os seus próprios mapas.

Foram distribuídas uma ficha (se encontra no Apêndice C) e canetas hidrográficas coloridas, para o desenvolvimento dos mapas, que tinha como o enfoque as Leis de Kepler.

Figura 24 - Mapa conceitual feito pelos alunos (dupla).



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

No **Quadro 4** apresentamos possíveis invariantes operatórios encontrados nos mapas das duplas.

Quadro 4 - Invariantes operatórios apresentados pelos alunos no Mapa Conceitual.

Invariantes operatórios dos alunos	Análise a partir das TCC.
“Órbitas – quando o planeta descreve uma forma elíptica em torno do Sol.”	A resposta apresentada pelos alunos para a primeira Lei de Kepler, relaciona o movimento do planeta em torno do Sol apontando para a sua forma que é elíptica. Tal resposta obtém um teorema-em-ação que é uma proposição que se supõe verdadeira sobre determinada situação.
“Áreas – a área é descrita pelo raio vetor de um planeta é diretamente proporcional ao tempo gasto para descreve-la.”	Os alunos desenvolvem de maneira pertinente a relação entre os conhecimentos científicos explícitos apresentados em sala de aula, em suas representação da segunda Lei de Kepler, obtendo assim um teorema-em-ação.
“Períodos – o quadrado do período da revolução de um planeta em torno do Sol é diretamente proporcional ao cubo do raio médio de sua elíptica órbita. E pode ser expressa pela equação $\frac{t^2}{R^3} = K \rightarrow t^2 = K \cdot R^3$.”	Nessa parte do mapa conceitual os alunos além de descreverem o enunciado da terceira lei de Kepler de modo cientificamente explícito, apresentaram no final uma outra forma de representar a lei através da equação.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

A partir dos resultados apresentados acima, conseguimos observar que os alunos nesse processo após as aplicações das atividades (citadas anteriormente no segundo momento pedagógico) mostram-se bastante apropriados dos conceitos trabalhados com relação as leis de Kepler. Em cada uma das situações apresentadas por

eles para a demonstração de cada lei, os mesmos construíram seus invariantes operatórios e apontaram um tipo de representação simbólica, formando então a tríade necessária para a formação do conceito.

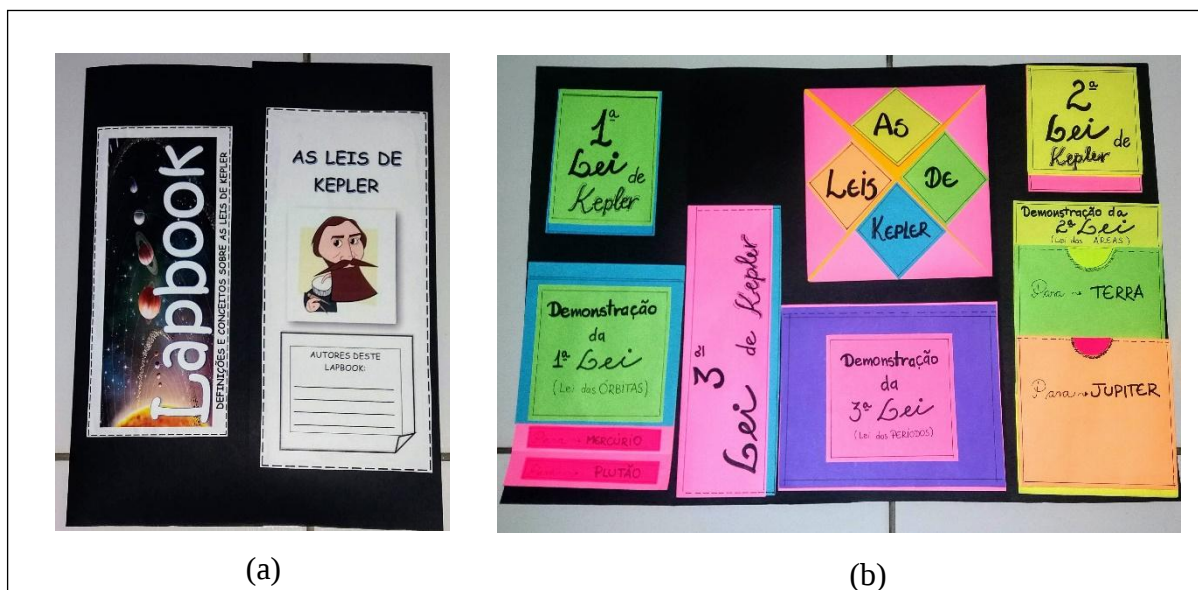
Tais resultados só foram visíveis, até aqui, através das diversas situações apresentadas aos alunos afim de que os mesmos pudessem perceber os conceitos, relações e propriedades dos modelos físicos e “extraísse” a partir delas os seus correspondentes invariantes operatórios, como foi mostrado em seus mapas conceituais.

4.6 Quarto momento pedagógico

Após todas as atividades desenvolvidas nos momentos pedagógicos anteriores, os alunos participaram da oficina de *lapbook*, que foi aplicada como um recurso pedagógico que pode trazer uma contribuição na construção de conceitos e avaliação de possíveis invariantes operatórios, assim como também ajudar a minimizar a abstração que, inevitavelmente, está presente nas aulas e avaliações de Física. Logo, o *lapbook* é um recurso que visa proporcionar aos professores de todos os níveis de ensino a oportunidade de construir um trabalho significativo com o conteúdo trabalhado. Abaixo veremos outros importantes benefícios dessa técnica de ensino aprendizagem:

- A) Ótimo recurso para sintetizar conceitos do que o aluno aprendeu sobre determinado assunto;
- B) Permitem a criatividade dos alunos ao criarem seus próprios projetos;
- C) Podem ser usados como síntese de várias unidades de estudo;
- D) Podem se tornam pastas prontas para futuros estudos.

Figura 25 - Modelo de lapbook apresentado para os alunos. (a) parte externa do recurso; (b) parte interna com modelos de minibooks (ou minilivros) conceituais.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Todos os procedimentos desta oficina foram divididos em quatro aulas, em dois horários, e foram acompanhados inteiramente com a participação do professor em sala, dando todo suporte necessário aos alunos, mediando o processo de ensino-aprendizagem. Abaixo veremos os procedimentos adotados na oficina.

Primeiramente os alunos formaram duplas e logo após, receberam material adequado para a produção dos seus *lapbooks*, que foram:

- A) Lápis e borracha;
- B) Compasso;
- C) Régua;
- D) Cola;
- E) Tesoura;
- F) Canetas hidrográficas coloridas;
- G) Folhas coloridas;
- H) Giz de cera;
- I) 1 folha de papel Cason.

Na posse desses materiais, os alunos foram instruídos pelo professor as etapas dos desenvolvimento da atividade, que consistiam a cada conteúdo abordado (1ª, 2ª e 3ª Lei de Kepler), uma atividade demonstrativa das leis, e logo após desenvolveram um *minibook* sintetizando os conceitos no *lapbook*.

Figura 26 - Alunos construindo seus lapbooks.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

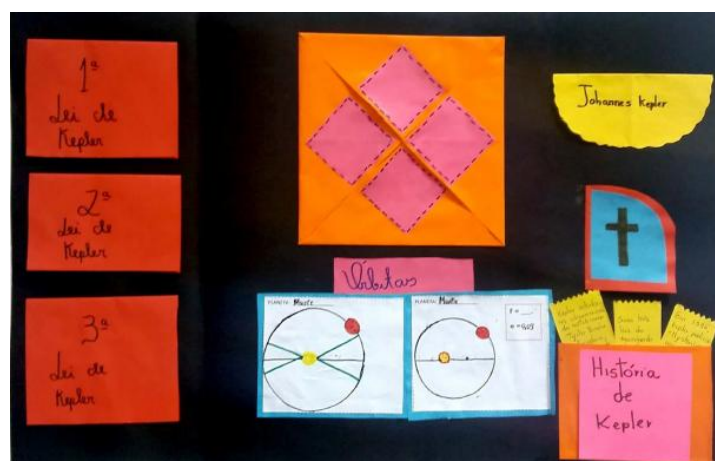
Ao final de todas as etapas, os alunos apresentaram e explicaram suas ideias desenvolvidas em todo o processo de construção do material.

Durante todas as atividades percebeu-se o envolvimento e participação dos alunos, porém foi possível identificar algumas dificuldades com alguns procedimentos da atividade aplicada, com relação a produção dos minilivros, mediante as demonstrações das leis, e os conceitos a serem desenvolvidos nos mesmos.

Figura 27 - Parte interna dos lapbooks feito pelas duas duplas. Na figura (c) material da dupla 1 e na (d) da dupla 2.



(c)



(d)

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Na Figura 27, é possível observar os *minibooks* desenvolvidos pelas duas duplas em seu material, a partir deles conseguimos identificar alguns invariantes operatórios que serão apresentados no **Quadro 5**.

Quadro 5 - Invariantes operatórios apresentados pelas duas duplas nos minibooks.

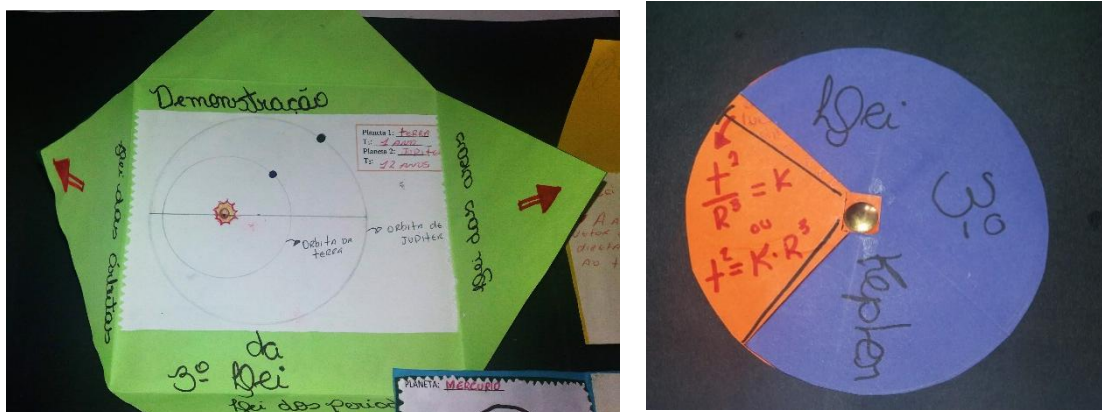
Situações que envolvem o conceito das Leis de Kepler.	Invariantes operatórios enunciados pelos alunos.		Análise a partir das TCC.
	Dupla 1	Dupla 2	
1ª Lei de Kepler Lei das Órbitas.	“Quando o planeta faz uma trajetória elíptica em torno do Sol.”	“As órbitas dos planetas em torno do Sol são elipses nas quais ele ocupa um dos focos.” “Numa elipse há dois focos e a soma das distâncias dos focos é constante.”	A partir das respostas apresentadas pelas duplas para as três situações, podemos identificar que a dupla 1 apresenta um conceito-em-ação, ou seja, em seus conceitos há elementos que se identificam com as situações enfrentadas

2ª Lei de Kepler Lei das Áreas	“A área descrita pelo raio vetor de um planeta é diretamente proporcional ao tempo gasto para descrevê-la.”	“A área descrita pelo raio vetor de um planeta (linha imaginária que liga o planeta ao Sol) é diretamente proporcional ao tempo gasto para descrevê-la.”	pelos mesmos. Enquanto a dupla 2 desenvolve em suas respostas, conceitos implícitos sobre o tema, porém pertinente com relação ao que é cobrado cientificamente.
3ª Lei de Kepler Lei dos Períodos	“O quadrado do período de revolução de um planeta em torno do Sol é diretamente proporcional ao cubo do raio.”	“O quadrado do período da revolução de um planeta em torno do Sol é diretamente proporcional ao cubo do raio médio de sua elipse orbital.”	

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Os resultados apresentados acima, transmite uma visão de evolução do aprendiz nas apresentações de seus esquemas frente as diversas situações mostradas até aqui. Além dos invariantes operatórios apresentados no *lapbook*, tiveram as representações simbólicas feitas através das demonstrações (em forma de desenhos e equações) de cada lei estudada, frisando a importância do material que leva o estudante a construir um recurso que desenvolve o significado geral de conceito para Vergnaud, que se baseia no triplete, S, I, R.

Figura 28 - Algumas representações simbólicas produzidas pelos alunos em seus *minibook's*.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Pôde-se perceber também que os alunos ao mobilizarem os conhecimentos para serem inseridos em seus minilivros, tiveram uma certa dificuldade no início, que é justificado, pois, de acordo com GRECA; MOREIRA (2003, p. 55) “em geral, os alunos não são capazes de explicar ou mesmo expressar em linguagem natural, os teoremas e conceitos-em-ação que eles utilizam para resolver os problemas”, nessa perspectiva, é importante enfatizar também que a utilização do lapbook os ajudou na compreensão não só do conteúdo proposto pela investigação, mas também, dos conteúdos que fazem parte do campo conceitual envolvido, pois, apresentam um vasto campo de situações em que os alunos podem elevar a formação de seus esquemas, ou seja, esse recurso promove a formação de conhecimentos explícitos que são tidos por Vergnaud (1990) como a ponta do iceberg da conceitualização, o aluno passa a *saber fazer* o *saber dizer*. Com isso, o processo serviu para o enriquecimento de seus conhecimentos e esquemas, e serviu para a construção de novos esquemas no processo de ensino-aprendizagem.

4.7 Quinto momento pedagógico - Avaliação da SEI

Afim de avaliar todos os momentos pedagogicamente trabalhados em sala de aula, aplicamos um questionário aberto para 30 alunos presentes, em que consiste de perguntas que inicialmente, buscaram identificar o pensamento ou posicionamento dos estudantes, com relação a construção da existência de invariantes operatórios da teoria

trabalhada. Essa análise foi feita através das questões 1 e 2, que serão apresentadas abaixo (Ficha de aplicação no Apêndice D):

1) Questão 1

Conceitue de acordo com as aulas e as demonstrações as Leis de Kepler apontadas abaixo:

- a) 1ª Lei; 2ª Lei; 3ª Lei.
- b) As três Leis de Kepler tratam dos movimentos dos planetas. Justifique exemplificando.

2) Questão 2

Relate com suas palavras o que você entendeu sobre a proposta do tema em estudo (As Leis de Kepler).

No **Quadro 6** observamos o que os alunos desenvolveram sobre essas questões e possíveis análises através da Taxonomia SOLO.

Quadro 6 - Resultados dos alunos sobre a questão 1.

Alunos	Respostas	Análise
A1	Letra (a): “Lei das órbitas – fala que a Terra faz uma volta no Sol (elíptica) completa.” “Lei das áreas – A Terra faz uma volta ao Sol em intervalos de tempos iguais e espaços iguais.” “Lei dos períodos – quanto mais próximo do Sol menor o tempo de translação, quanto mais longe, maior o tempo de translação.” Letra (b): “Sim, Kepler demonstra na primeira a volta elíptica e não circular, na segunda, que mesmo a velocidade da Terra ser maior ao chegar no Sol, os espaços são preenchidos em tempos	R: relacional; nas respostas das duas alternativas o aluno acessa todas as informações, não havendo inconsistências nas informações; demonstra uma maior segurança em expressar seus invariantes operatórios e articula com precisão seus conhecimentos explícitos e científicos sobre o tema em questão, além de usar também representações simbólicas (com o uso da equação).

	iguais, e na terceira a harmonia entre os corpos celestes $\frac{t^2}{R^3} = K$.”	
A2	Letra (a): “Lei das órbitas, o planeta em órbita em torno do Sol descreve uma elipse em que o Sol ocupa um dos focos.” “Lei das áreas, diz que o segmento que o centro do Sol e um planeta varre áreas iguais em intervalos de tempos.” “Lei dos períodos, mostra a relação diretamente proporcional entre o período de revolução de um planeta ao redor do Sol e o raio médio da órbita do planeta.” Letra (b): “Lei dos períodos, quanto mais perto está do Sol mais rápido ele percorre, e quanto mais longe mais devagar.”	M: multiestrutural; em suas respostas, é visível que o aluno determina com precisão o tema em questão, mas ainda apresenta dificuldades em ampliar esse conhecimento (na letra b) para uma visão mais global. Ou seja, o foco é correto, porém, é expressado de maneira rápida e alguns termos são apresentados de forma incompleta.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Importante frisar que o nível taxonômico da primeira questão era Relacional, pois, pedia apenas a descrição do conceito das leis estudadas sem a exigência de uma visão global dos mesmos. De acordo com a Tabela 8, o que foi possível observar é que um dos alunos alcançou o nível da questão apresentada.

A respeito dos conceitos apresentados nesta etapa da sequência pode-se perceber que houve uma melhora significativa nos conceitos científicos apresentados por esses dois alunos, embora um deles ainda apresente uma certa dificuldade em expressar certos conceitos, levando a uma informação imprecisa, o que foi visível também nos resultados dos outros alunos da turma.

Para a segunda questão obtivemos os seguintes resultados também analisando-os aos níveis taxonômicos:

A) Aluno 1: “A proposta a qual foi colocada, nos mostra em quão harmonia está o universo e que necessita de um “grande *designer*” para tal ordem. E que Kepler mesmo juntando duas leis erradas, criou através do Heliocentrismo, que o Sol estava no centro e não a Terra.”

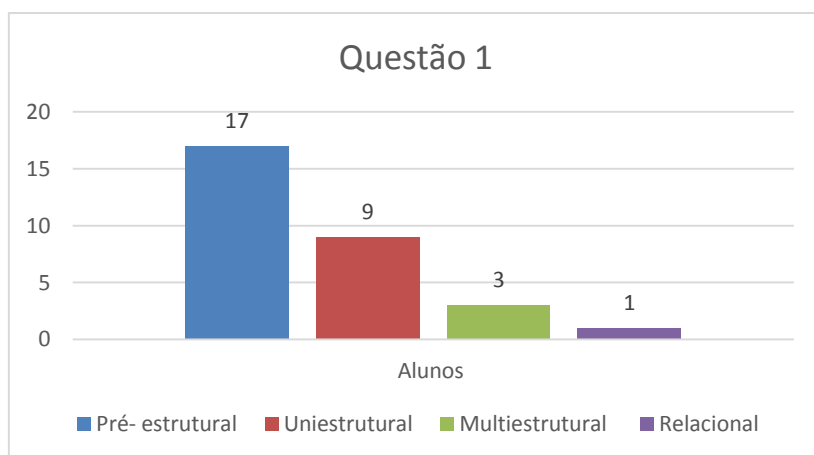
B) Aluno 2: “As Leis de Kepler é importante para saber muitas coisas. Um exemplo é que as órbitas não são um círculo perfeito e sim uma elipse.”

Com relação as respostas acima, observamos que há poucas evidências sobre o que o Aluno 1 entende sobre o tema trabalhado, mas podemos, ainda assim, inferir algo sobre sua concepção, como sendo pautada no conceito inserido por ele quando fala sobre harmonia do universo, dando uma referência sobre a terceira lei estudada. Porém, identificamos, elementos inadequados em seus conceitos (“E Kepler juntando duas leis erradas”)² ao mesmo tempo em que temos um indício de que sua concepção esteja razoavelmente aceitável. Ou seja, parcialmente explícita em um nível taxonômico. Relacional. Para o Aluno 2, o mesmo apresenta também poucas evidências sobre o tema estudado, mostrando indícios de conceitos apenas sobre a primeira lei (“as órbitas não são um círculo perfeito e sim uma elipse”) e ainda assim muito vagos. Contudo, o estudante não se refere de maneira objetiva ao que foi perguntado sendo impossível identificar com clareza o seu entendimento através de seu conceito formulado, estando em um nível taxonômico Uniestrutural.

Os Gráficos 1 e 2 apresentam uma visão geral dos resultados apresentados por todos os alunos da turma, com relação ao nível taxonômico de seus invariantes operatórios nas questões 1 e 2 acima.

Gráfico 1 - Representação do nível taxonômico dos alunos na questão 1.

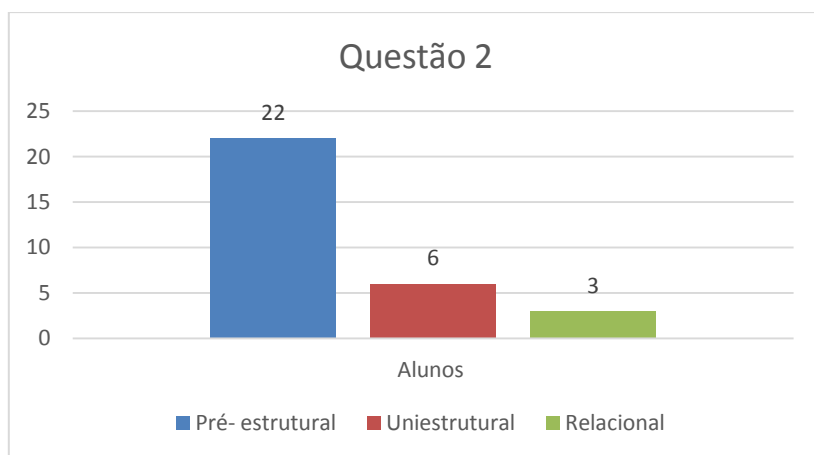
²As duas “leis erradas” citadas no comentário do aluno se referem justamente a alguns resultados coletados por Kepler para ele chegar a Lei das áreas.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

A partir dos resultados apresentados acima, para a primeira questão temos que: Pré-estrutural - 17 alunos (57%) alcançaram este nível, em que as respostas explícitas pelos mesmos são não interpretáveis, indicando apenas os tópicos das três leis, ou em outros casos não conseguiu resolver o item; Uniestrutural - 9 alunos (30%) se encontram neste nível apresentando conceitos abstratos focando apenas em um ponto dos itens trabalhados em cada uma das leis; Multiestrutural - 3 alunos (10%) desenvolvem as suas respostas em uma compreensão mais abstrata porém sem foco específico, ou seja, existem alguns erros ou inconsistências nos conceitos apresentados; Relacional - 1 aluno (3%) se encontra neste nível apresentando respostas mais completas e pertinentes, abordando conceitos de forma favorável ao nível ao qual a questão exige.

Gráfico 2 - Representação do nível taxonômico dos alunos na questão 2.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Para a segunda questão temos que os dados apresentados foram de: 22 alunos (73%) em um nível Pré-estrutural; 6 alunos (20%) no nível Uniestrutural; 2 alunos (7%) no nível Relacional.

Esta atividade exigia dos alunos um relato a partir dos seus entendimentos sobre os conceitos estudados, porém, a partir dos dados acima é visível que para esta questão houve uma impossibilidade dos estudantes explicitarem os seus **conhecimentos em ação**, mostrando segundo Greca; Moreira (2003) que em geral, os alunos não são capazes de explicar ou mesmo expressar em linguagem natural, os **teoremas** e **conceitos em ação** que eles utilizam para resolver os problemas, para a identificação dos elementos pertinentes.

Contudo, buscando a evolução do desempenho dos alunos neste trabalho, percebemos que houve uma evolução significativa, visto que, em comparação aos resultados obtidos na diagnóstica os mesmos não possuíam nenhum conhecimento prévio acerca do tema estudado, e após a aplicação da *práxis* pedagógica que foram as diversas situações-problemas aplicadas para que os mesmos constituíssem o referente conceito do tema estudado (por meio da construção dos invariantes operatórios que dão significado a este conceito), tivemos apresentação de indícios que acrescentaram conhecimentos na estrutura cognitiva, no sentido de que aumentaram e os conceitos usados e as ligações entre eles.

4.7.1 Avaliação Formativa (Aspectos Qualitativos)

A outra parte do questionário aberto, que corresponde as questões 3, 4 e 5, se deu a questionamentos referentes a como os alunos avaliaram a aplicação do projeto “As Leis Kepler” juntamente com a oficina de construção do *Lapbook*, que são compreendidos como aspectos qualitativos analisando a formação pessoal e interpessoal do aluno. As perguntas são apresentadas da seguinte forma:

- 3) Questão - Quais os pontos positivos e negativos da oficina?
- 4) Questão – Quais sugestões você daria para melhorar esse método?
- 5) Questão – Que conclusão você chegou sobre a relevância das Leis de Kepler para o homem como um ser social?

Abaixo nos Quadros 7 a 9 veremos as respostas obtidas dos Alunos 1 a 3, para as indagações apontadas acima:

Quadro 7 - Respostas para a Questão 3

ALUNOS	RESPOSTAS
Aluno 1	Positivo – “É uma forma da gente expressar nossa criatividade e aprender mais”. Negativo – “Deveria ter mais tempo para sabermos mais sobre as Leis de Kepler”.
Aluno 2	Positivo - “Trabalho em dupla, construção do Lapbook e desenvolvimento de criatividade”. Negativo – “Não foi possível fazer a conclusão do Lapbook”.
Aluno 3	“É uma forma da gente aprender e se divertir com tudo e conhecer mais de uma forma diferente, porém, isso não é frequente, seria uma ótima forma de aprender”.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Quadro 8 - Respostas para a Questão 4

ALUNOS	RESPOSTAS
Aluno 1	“Acredito que mais professores da escola deveriam fazer esse tipo de oficinas. E mais tempo de aula, claro, envolvendo outras salas no projeto”.
Aluno 2	“Mais tempo para desenvolver a oficina e trabalhar com outros projetos envolvendo o Lapbook”.
Aluno 3	“Acho que mais professores deveriam utilizar esse método. Não sei de sugestões para melhorar, pois, o projeto já está ótimo. Deveria existir mais aulas durante a semana”.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Quadro 9 - Respostas para a Questão 5

ALUNOS	RESPOSTAS
--------	-----------

Aluno 1	“Através das Leis de Kepler obteve-se o maior entendimento sobre o espaço, e assim podemos nos modernizar até conseguir achar um outro planeta para ser habitado futuramente”.
Aluno 2	“As leis de Kepler estabeleceram de forma definitiva e correta o movimento dos planetas ao redor do Sol. Se não fosse Kepler não teríamos como compreender como o sistema solar funcionar, entre outras coisas, no meio social”.
Aluno 3	“As Leis de Kepler foram essenciais para sua época, e para época posteriores, porque foi ele que mesmo com todos acreditando no Geocentrismo, impulsionou o Heliocentrismo e provou que através de um pequeno achatamento do círculo, pode-se explicar fenômenos naturais, e datas exatas e repetitivas”.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Analisando os resultados apresentados nos quadros acima vemos que através da avaliação formativa da SEI, obtivemos que os alunos puderam se materializar nos contextos aplicados através das situações vividas entre a *práxis* professor – aluno como norteador do processo de ensino-aprendizagem. Para ocorrer a regulação das aprendizagens, foi necessário trabalhar com procedimentos que estimularam a participação dos autores do processo. Com isso, para os resultados das questões 3, 4 e 5 observadas nos Quadros 7, 8 e 9, foi comprovado que existiu uma aprendizagem significativa com respostas objetivas e positivas mostrando ser uma prática diversificada levando os alunos a estabelecerem relações para solucionar-las, conduzindo-os para o desenvolvimento de suas competências. Relacionando a TCC de Vergnaud com reflexão anterior, é visível que os resultados apresentados formaram representações simbólicas, estruturadas pelos conceitos apresentados em suas respostas, relacionadas aos invariantes operatórios construídos a partir de seus esquemas, e principalmente dos conjuntos de situações vivenciados por eles nos contextos havendo múltiplas realidades resultantes dessas construções.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da análise dos dados utilizando a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud e da implementação da sequência de ensino investigativa, que se mostrou muito eficiente na condução das aulas e no desenvolvimento dos alunos, diante das mais diversas situações trabalhadas como as atividades, maquetes, mapas conceituais e a oficina de *lapbook*, os mesmos puderam explicitar seus conhecimentos e as hipóteses propostas puderam ser confirmadas, uma vez que foi possível verificar avanços e retrocessos nos teoremas e conceitos-em-ação nos resultados apresentados relacionados ao campo conceitual das Leis de Kepler.

A partir do que era previsto por Vergnaud, foi possível verificar que os avanços e retrocessos não são excludentes, pois dentro de situações diferentes que foram trabalhadas, os alunos tiveram progressos em alguns conceitos e retrocessos em outros, considerando a complexidade do campo conceitual abordado nesta pesquisa.

Pôde-se perceber através dos resultados que em situações mais complexas, alguns alunos puderam aplicar seus **teoremas** e **conceitos em ação** em níveis cada vez mais elaborados, passando a confirmar os verdadeiros conceitos. Já em outros momentos, foi possível verificar que os discentes apresentaram dificuldades em explicitar seus conhecimentos, muitas vezes não compreendendo os significados dos termos, o que pode implicar na falta de compreensão dos conceitos dentro do domínio do campo conceitual das Leis de Kepler, reafirmando as ideias de Vergnaud sobre o conhecimento implícito ter um papel relevante no domínio da situação e só a explicitação desse conhecimento poderia auxiliar o aluno a avançar no campo conceitual. Algumas questões que os alunos deixaram de responder podem significar que eles não acessaram recursos operatórios, ou seja, que os esquemas não foram amplos suficientes para que os **teoremas** e **conceitos em ação** se tornassem teoremas e conceitos científicos.

Importante ressaltar também a importância de se utilizar a oficina de construção do *Lapbook* como uma proposta diversificada de avaliação sobre os conceitos apresentados pelos alunos, tal recurso não foi apenas importante no sentido de ajudar os alunos a como melhor expressar seus campos conceituais, mas também a promover a relação professor-aluno no processo de ensino aprendizagem como um papel fundamental estimulando a interação dos sujeitos com as situações.

Uma das limitações desta pesquisa pode estar baseada no tempo em que a oficina de *Lapbook*, que é uma das situações, foi realizada. Se a mesma tivesse sido realizada em um período maior de tempo, a construção dos conceitos poderia ter ocorrido de forma efetiva pelas duplas. Outra problemática foi a infrequência de alguns alunos no decorrer das aulas, levando a impossibilidade de construção dos seus campos conceituais.

Dessa forma, pode-se concluir que é possível utilizar a Teoria dos Campos Conceituais como uma ferramenta de análise, pois através dela foi possível acompanhar os avanços e retrocessos dos alunos, podendo ser uma ferramenta importante para intervir no ensino e na aprendizagem dos conceitos na área da pesquisa de ensino de Física.

REFERÊNCIAS

- ALONSO, M.; FINN, E. J. **Física**. Lisboa: Escola Editora, 2012.
- AMANTES, A. **Contextualização no Ensino de Física: Efeitos sobre a evolução do entendimento dos estudantes**. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.
- ASTRONOMIA NOVA. **Wikipédia**. 2017. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Astronomia_Nova. Acesso em: 15 jun. 2019.
- ASTOLFI, G; LOPES JUNIOR, D. **Investigação sobre conhecimentos prévios de alunos do curso técnico em informática a partir da aplicação de organizadores prévios**. Aprendizagem Significativa em Revista. V 5 (3), p. 15 – 28, 2015.
- AZEVEDO, C. B. **Metodologia científica ao alcance de todos**. 4. ed. Barueri, SP: Manole, 2018.
- BIGGS, J.; COLLIS, K. **Evaluating the quality of learning: the SOLO taxonomy**. New York: Academic Press, 1982.
- BIGGS, J; COLLIS, K. **Multimodal learning and the quality of intelligent behaviour**. In H. Rowe (Ed.), *Intelligence, Reconceptualization and Measurement* (57–76). New Jersey: Laurence Erlbaum Assoc, 1991.
- BOLFE, L. E. R.; BARLETTE V. E. Ensino de conceitos de física térmica a partir de situações: uma aproximação aos invariantes operatórios de Vergnaud. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA*, 2009, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: ENPEC, 2009. p. 1-11. Disponível em: <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/1272.pdf>. Acesso em: 10 set. 2018.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 3. ed. Lisboa: Edições 70, 2007.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros curriculares nacionais do ensino médio**. Brasília: MEC; SEMTEC, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.
- BRASIL. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2006.
- CANALLE, J. B; MATSSURA, O. T. **Manual de Astronomia**. – Rio de Janeiro: Sinergia, 2012.

CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico. São Paulo: Scipione, 1998.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. v. 18 (3). p. 765-794, 2018.

CARVALHO, A. M. P. *et al.* **Ensino de física**. São Paulo: Cengage Learning, 2018.

CARVALHO JUNIOR, G. D.; AGUIAR JUNIOR, O. G. Os campos conceituais de Vergnaud como ferramenta para o planejamento didático. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n.2 , p. 207-227, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2008v25n2p207>. Acesso em: 10 set. 2018.

COSTA, L. G.; BARROS, M. A. O ensino da física no brasil: problemas e desafios. In: XII CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO - PUCPR, 2015, **Anais [...]**. [s. l]: EDUCERE, 2015. Disponível em: https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/21042_8347.pdf. Acesso em: 10 set. 2018.

DIOGO, R. C.; GOBARA, S. T. Sociedade, educação e ensino de física no Brasil: do brasil colônia ao fim da era vargas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 2007, São Luís, **Anais [...]**. São Luís. Sociedade Brasileira de Física, 2007. Disponível em: http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=snef&cod=_sociedadeeducacaoee nsino. Acesso em: 10 set. 2018.

FAYNMAN, R. P. **Lições de física de Feynman**. Porto Alegre: Bookman. 2008.

GLEISER, M. Cartas a um jovem cientista: o universo, a vida e outras paixões. Alta Books, Rio de Janeiro. 2017.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Do saber fazer ao saber dizer: uma análise do papel da resolução de problemas na aprendizagem conceitual de física. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.5, n. 1, p. 52-67, mar. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/epec/v5n1/1983-2117-epec-5-01-00052.pdf>. Acesso em: 10 set. 2018.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. **Além da detecção de modelos mentais dos estudantes uma proposta representacional integradora**. Investigações em Ensino de Ciências. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 31-53, mar. 2002.

HALLYDAY, D. **Fundamentos de física**: gravitação, ondas e termodinâmica. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HARMONICES MUNDI. **Wikipédia**. 2019. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Harmonices_Mundi. Acesso em: 14 out. 2019.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

HOLTON, G. J.; BRUSH, S. G.; PERIS, J. A. Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas. Trad. J. Aguilar Peris e Colaborador Stephen G. Brush. 2a. Ed. Editora Reverte, 1993.

JOHANNES KEPLER, **Wikipédia**. 2019. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Johannes_Kepler. Acesso em: 15 jun 2019.

LIMA, M. S.; SANTOS, J. V. C.; CAMPO, T. M. M. **O Campo Conceitual do Cálculo Diferencial Sob o Olhar de Professores**. In: II Colóquio Internacional sobre a Teoria dos Campos Conceituais, Porto Alegre, 2015.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 10. reim., São Paulo: EPU, 2007.

MARQUES, F. C. *et al.* **Física mecânica**. Barueri, SP: Manole, 2016.

MARANHÃO. Secretaria do Estado da Educação. **Orientações normativas para o funcionamento das escolas**. São Luís: SEEMA, 2015.

MARANHÃO. Governo do Estado. Secretaria de Estado da Educação. Orientações curriculares para o ensino médio: caderno de física / Coordenação Albelita Lourdes Monteiro Cardoso, Nádyia Christina Guimarães Dutra, Silvana Maria Machado Bastos. — São Luís, 2018.

MOREIRA, M.A. Modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*. 1(3):193-232. 1996.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais no ensino de Física. Instituto de Física – UFRGS, Porto Alegre, 1992.

MOREIRA, M. A. **A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. Investigações em ensino de ciências**. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, v. 7, n. 1, mar. 2002.

MOREIRA, M.A; SOUSA, C.M.S.G. Dificuldades de alunos de Física Geral com o conceito de potencial elétrico. Projeto de pesquisa em andamento. 2002.

NASCIMENTO, S. S. B. Produto Educacional: Sequência de Ensino Investigativa “Onde está o ar?”. IFG, Jataí. 2018. Disponível em: [https://www.ifg.edu.br/attachments/article/1279/Produto-2016-Stephany-Siqueira-Barbosa-Nascimento-\(.pdf520kb\).pdf](https://www.ifg.edu.br/attachments/article/1279/Produto-2016-Stephany-Siqueira-Barbosa-Nascimento-(.pdf520kb).pdf). Acesso em: 15 jun. 2019.

NOVAK, J. **Retorno a clarificar con mapas conceptuales**. Em: Encuentro Internacional sobre el aprendizaje significativo. Burgos: Servivio de Publicaciones de la Universidad de Burgos. 1997.

OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. **Movimento dos planetas**. 21 ago. 2006. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/p1/p1.htm>. Acesso em: 15 jun. 2019.
PEDRISA, C. M. Características históricas do ensino de ciências. **Ciência & Ensino, Campinas**, n. 11, p. 9-12, 2001.

PEREIRA, V. C. A. S. Aplicação da Taxonomia SOLO na análise da qualidade da avaliação. Validação do método analítico por aplicação aos exames nacionais de Matemática A entre 2006 e 2014. VOLUME I. Tese (Doutorado em Didática da Matemática) – Universidade da Beira Interior – Ciências. Covilhã, p. 175. 2019.

PERRENOUD, P. Dez novas Competências para ensinar. Tradução: Patrícia Chittoni Ramos. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

PIAGET, Jean. Biologia e Conhecimento. 2ª Ed. Vozes : Petrópolis, 1996.

ROCHA, J. F. M. **Origens e evolução das ideias da física**. Salvador: EDUFBA. 2011.

ROMÃO, L. T. G. R. *et al.* Monitoria escolar: método de ensino eficaz e desafio para o pibid de física-ead da uft. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E EM ENSINO DE CIÊNCIAS, [2016], Tocantins. **Anais [...]**. Disponível em: <http://docplayer.com.br/66882119-Monitoria-escolar-metodo-de-ensino-eficaz-e-desafio-para-o-pibid-de-fisica-ead-da-uft.html>. Acesso em: 10 set. 2018.

ROGERS, A. **Lap Books for Learning**. Home schooling ilimitado. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Lap_book. Acesso em: 08 ago. 2018.

SILVA, A. C.; TOTI, F. A. Justificativas para a aprendizagem de física e sua importância no currículo de ensino médio. II SEMINÁRIO DE PÓS- GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS – XI SEMANA DE LICENCIATURA. Jataí, GO, 2014. **Anais [...]**. Disponível em: <file:///C:/Users/Danilo/Downloads/479-1423-1-PB.pdf>. Acesso em: 10 set. 2018.

SILVA, V. R. R. Sequências Didáticas para o ensino das Leis de Kepler. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda – RJ, 2017.

SOUZA, R. S. A física no dia a dia: materialização da interdisciplinaridade no ensino médio. **Compartilhando Saberes** - Revista Digital da Secretaria de Estado da Educação da Paraíba, p. 76-91, 2016. Disponível em: <http://www.sec.pb.gov.br/revista/index.php/compartilhandosaberes/article/view/65>. Acesso em: 10 set. 2018.

SOUZA, Y. L. **Heliocentrismo**. Info Escola. [entre 2006 e 2019]. Disponível em: <https://www.infoescola.com/astronomia/heliocentrismo>. Acesso em: 15 jun 2019.

TÉCNICA DE ENSINO: **Lapbooks: o que são?** [2018 ?] Disponível em: <http://rosanneanne.blogspot.com/p/tecnica-de-ensino-estrategia-do-pqa-ao.html?m=1>. Acesso em: 10 ago. 2018.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

VERGNAUD, G. Association Cognitive and Developmental Psychology and Research in Mathematics Education: Some Theoretical and Methodological Issues. For the Learning of Mathematics, v. 3, p. 31-41, 1982.

VERGNAUD, G. **La Théorie des champs conceptuels**. recherches en didactique des mathématiques, v. 10, n. 23, p. 133-170, 1990.

VERGNAUD, G. Teoria dos campos conceituais. In: NASSER, L. (Ed.). SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 1, 1993, Rio de Janeiro. **Anais do Semiário Internacional de Educação Matemática**. p. 1-26.

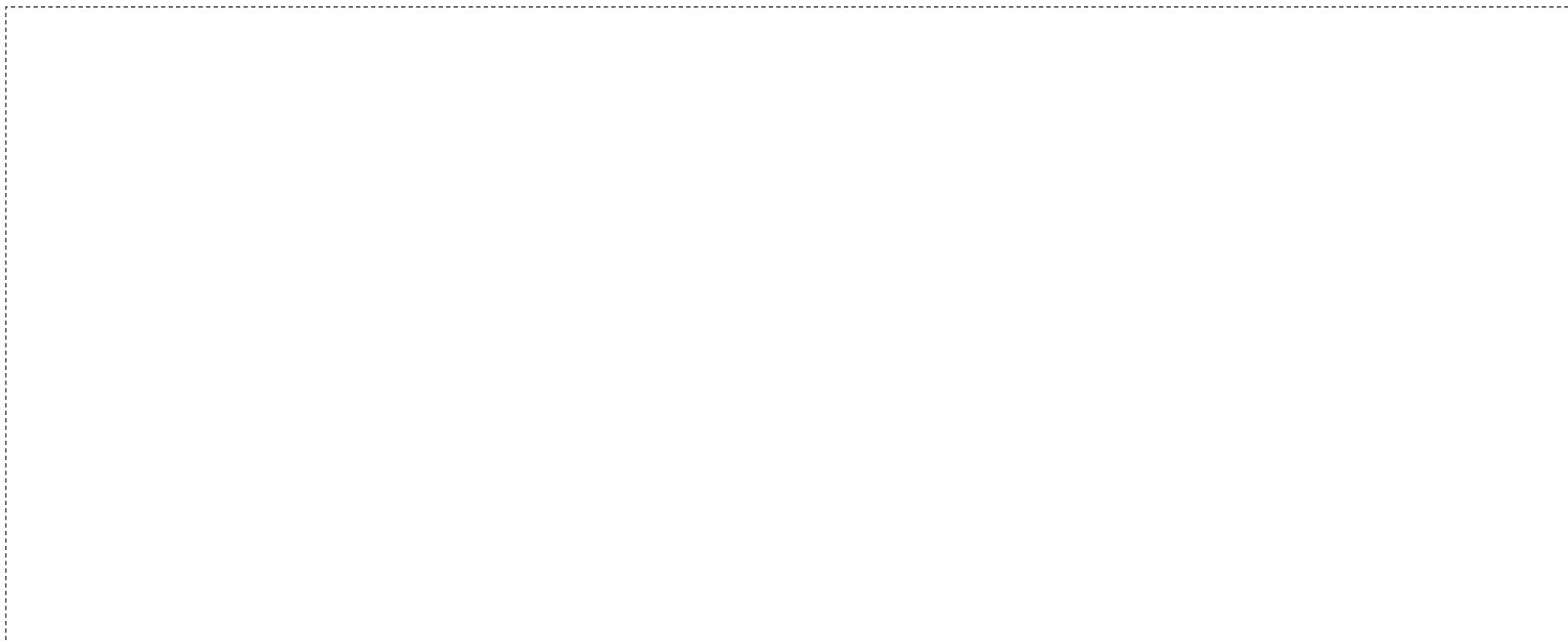
VERGNAUD, G. Multiplicative conceptual field: what and why? In. Guershon, H. e Confrey, J. (Eds.). **The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics**. Albany: State University of New York Press, 1994. p. 41–59.

VERGNAUD, G. b Algunas ideas fundamentales de Piaget en torno a la didáctica. Perspectivas, v. XXVI, n. 1, 1996.

VERGNAUD, G. **Comprehensive theory of representation for mathematics education**. **journal of mathematical behavior**. v. 2, n. 17, p. 167-181, 1998.

APÊNDICE A – Questão 7 da Avaliação DiagnósticaAtividade Diagnóstica

7. Por muitos anos o homem se questionou sobre o movimento da Terra com relação a outros astros do universo. Com isso, surgiram vários modelos planetários no decorrer dos tempos, e tais questionamentos foram se esclarecendo. Como você imagina o movimento dos planetas com relação ao Sol? Desenhe abaixo um modelo de planetário.



APÊNDICE B – Atividades demonstrativas das Leis de Kepler

ATIVIDADES DAS LEIS DE KEPLER

Alunos: _____

GRANDEZAS	VALORES
Eixo maior (A)	
Distância interfocal (F)	
Comprimento do barbante (L)	

1. A
tivi
dad
e
das

órbitas dos planetas.

Planeta: _____

Excentricidade do planeta: _____.

2. Atividade das Áreas dos planetas.

ÁREAS	VALORES
A_1	
A_2	

- OS VALORES OBTIDOS SÃO APROXIMADOS? JUSTIFIQUE.

_____.

3. Atividade sobre os Períodos, raio médio e a constante dos planetas.

- Calculando as constantes dos planetas.

PLANETAS	VALORES
Mercúrio	
Vênus	

Terra	
Marte	
Júpiter	
Saturno	
Urano	
Netuno	
Plutão	

- Com o valor das constantes calcule o Período de translação para os planetas: Urano, Netuno e Plutão.

PLANETAS	VALORES
Urano	
Netuno	
Plutão	

APÊNDICE C – Ficha para a construção do Mapa Conceitual

AVALIAÇÃO 02– Leis de Kepler

Alunos: _____.

- Construa um mapa conceitual sobre as leis de Kepler.



APÊNDICE D – Questionário da Avaliação Final**Questionário Aberto – As Leis de Kepler**

Aluno (a):_____. Data:____/____/_____.

“O brilho e o desenvolvimento dos astros sempre despertaram a curiosidade dos homens. Em todos os períodos de sua vida, eles sempre buscaram dar uma explicação para os fascinantes fenômenos da Gravitação Universal.”

Baseando-se nesse contexto analise e reflète respondendo as seguintes questões abaixo apresentadas.

1. Conceitue de acordo com as aulas e as demonstrações as Leis de Kepler apontadas abaixo:

a) 1ºLei

2º Lei

3º Lei

- b) As três leis de Kepler tratam dos movimentos dos planetas. Justifique exemplificando.

2. Relate com suas palavras o que você entendeu sobre a proposta do tema em estudo (As Leis de Kepler).

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are approximately 20 lines visible. The paper has a slightly textured appearance and is set against a dark background.

3. Quais os pontos positivos e negativos da oficina?

[illegible]

4. Quais sugestões você daria para melhorar esse método?

[illegible]

5. Que conclusão você chegou sobre a relevância das Leis de Kepler para o homem como um ser social?

[illegible]

APÊNDICE E – Produto Educacional

PRODUTO EDUCACIONAL

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

A UTILIZAÇÃO DE LAPBOOKS PARA O ENSINO DAS LEIS DE KEPLER NO ENSINO MÉDIO



Gyulianna Pinheiro

Autor:

Gyulianna Pinheiro Ribeiro

Orientador:

Prof. Dr. Fábio Henrique Silva Sales

Coorientadora:

Profª. Dra. Karla Cristina Silva Sousa

Capa:

Gyulianna Pinheiro Ribeiro

Figura da capa:

Dados da pesquisa 2018 - 2019.

São Luís

2020

PRÉFACIO

Caro (a) professor (a)!

Este material consiste em um planejamento de dez aulas de cinquenta minutos para trabalhar o tema “Leis de Kepler” com turmas do primeiro ano do Ensino Médio que podem ser inseridas no cronograma dos conteúdos da disciplina de Física.

A metodologia aplicada para o desenvolvimento das aulas foi a partir da construção de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), que teve como propósito analisar o desenvolvimento do processo de ensino aprendizagem em sala de aula, alinhada a uma abordagem conceitual adequada à Teoria dos Campos Conceituais desenvolvida pelo psicólogo francês Gérard Vergnaud (1933).

Assim, toda a SEI contém um conjunto de situações (que são as atividades desenvolvidas pelos alunos em sala) distribuídas em cinco momentos pedagógicos, potencialmente favoráveis ao desenvolvimento dos conceitos e dos campos conceituais do tema em questão. Essas situações pedagógicas são divididas em: atividades demonstrativas do fenômeno abordado, maquetes demonstrativas de baixo custo, construção de mapas conceituais e oficina de *Lapbook*.

Todo material que constitui esse produto, foi elaborado com o propósito de motivar e enriquecer as aulas dos professores do Ensino Médio, sobre as Leis de Kepler, que é um conteúdo introdutório da Gravitação Universal muito importante, e com pouco recurso pedagógico acessível, principalmente para alunos de escolas públicas.

Sumário

1 A Teoria dos Campos Conceituais	4
2 Resumo dos conteúdos das Leis de Kepler	7
2.1 Antes de Kepler – Modelos de Planetários	7
2.2 As Leis de Kepler do Movimento Planetário	10
Primeira Lei de Kepler	11
Segunda Lei de Kepler	13
Terceira Lei de Kepler	15
3 Sequência Investigativa – Planejamento	17
3.1 Descrição dos Momentos Pedagógicos	17
3.2 A Taxonomia SOLO como método de avaliação da SEI.....	26
4. As Situações Pedagógicas	29
4.1 As Atividades Demonstrativas	29
4.2 A Maquete das Leis de Kepler	33
4.3 Os Mapas Conceituais	39
4.4 O Lapbook	40
REFERÊNCIAS.....	44

1 A Teoria dos Campos Conceituais

A Teoria dos Campos Conceituais (TCC), foi proposta pelo psicólogo francês Gérard Vergnaud, e toma como premissa que “o conhecimento está organizado em campos conceituais cujo domínio por parte do aprendiz vai acontecendo ao longo de um extenso período de tempo, por meio da experiência, maturidade e aprendizagem.” (MOREIRA, 2002).

Segundo Vergnaud (1990), campos conceituais podem ser definidos como grandes conjuntos, informais e heterogêneos, de situações e problemas cuja análise e tratamento requer diversas classes de conceitos, procedimentos e representações simbólicas que se conectam umas com outras. Sendo assim, sua teoria toma um caráter de pragmatismo no sentido de que pressupõe que a aquisição do conhecimento é moldada por situações problemas e as ações desse sujeito nessas situações (VERGNAUD, 1994, p.42), onde é por meio dessas situações a resolver que um conceito adquire sentido.

Assim, os conceitos podem ser definidos como um triplete de conjuntos (VERGNAUD, 1990, p. 145; 1997, p. 6), $C = (S, R, I)$, onde S é um conjunto de situações, responsáveis por dar sentido ao conceito, I é um conjunto de invariantes operatórios, que representam o significado do conceito e permitem reconhecê-lo em diferentes contextos e R é um conjunto de representações simbólicas, que servem para representar de forma explícita os invariantes operatórios.

O processo de construção do conceito é chamado por Vergnaud de “conceitualização”, e constitui o núcleo do desenvolvimento cognitivo. Ou seja, o comportamento dos estudantes na resolução de problemas é guiado por hipóteses, analogias, metáforas, que dependem da

conceitualização. E é um processo que se constrói à medida que o aprendiz adquire novos conceitos e consegue aplicá-los a novas situações alargando, assim, o campo de possibilidades de aplicação desses conceitos e aprimorando suas operações de pensamento. A medida que o aprendiz consegue conceitualizar, cria então relações e representações e atribui significados, ao passo que, é confrontado a situações concretas que está vivendo.

Assim, de acordo com Festa (2015, p.7) “para conseguir generalizar e enriquecer o significado de um conceito é fundamental que experimente muitas novas situações nas quais ele (o conceito) é relevante para resolvê-las, isto é, situações em que ele pode ser empregado de diferentes maneiras. Somente dessa forma é possível captar a essência do conceito e apropriar-se dele”.

As diversas situações que dão sentido a um determinado conceito, um dos elementos essenciais do triplete que embasa sua teoria, devem ser inseridas no contexto escolar, com o propósito do aluno resolver determinados problemas, de solução ainda desconhecida para ele. Neste caso, os aspectos conceituais de esquemas, outro conceito fundamental da TCC, são muito importantes, visto que, as ações vão se construindo de acordo com os esquemas formados e reformulados constantemente pelo sujeito. Vergnaud chama esquema à organização invariante do comportamento para uma determinada classe de situações (1990, p. 136), ou seja, é o que determina o comportamento que o sujeito vai ter quando se vê diante de uma dada classe de situação.

Nesta perspectiva, este material apresenta-se em consonância com a teoria psicológica do processo de conceitualização do real, através das diversas situações levadas aos alunos, e que devem ser monitoradas pelo professor, a medida, que rupturas e continuidades entre conhecimentos vão aparecendo. As situações impostas aos discentes

estão de acordo com o campo conceitual das Leis de Kepler, e buscam melhorar a abordagem dos conceitos desta conteúdo do 1º Ano do Ensino Médio.

2 Resumo dos conteúdos das Leis de Kepler

O produto educacional tem como foco desenvolver métodos de aprendizagem sobre as Leis de Kepler. Dessa forma, é necessário que se faça um breve resumo desse tópico que faz parte de um dos conteúdos essenciais da Gravitação. Nesse contexto, começaremos o capítulo abordando um pouco da história dos modelos de planetários, relacionados a duas teorias importantes o Geocentrismo e o Heliocentrismo. Nos próximos tópicos abordaremos as Leis de Kepler e suas demonstrações sobre o movimento planetário.

2.1 Antes de Kepler – Modelos de Planetários

O ser humano sempre teve um imenso fascínio pelo céu, e ao longo dos tempos desenvolveu as mais variadas explicações para os fenômenos observados, que influenciaram suas ações e o interesse pelas ciências.

Na antiguidade, muito se discutia a respeito dos modelos astronômicos. E um desses modelos foi o influenciado por explicações

gregas, de que a Terra era o centro do Universo. Esse modelo foi chamado de Geocêntrico (geo, em grego, significa Terra), e afirmava que a Terra estaria fixa, enquanto o Sol, a Lua, os planetas e as estrelas giravam em torno dela em movimentos circulares, que era considerado pelos gregos como um movimento perfeito.

Figura 1 - Telescópio do Observatório Pico dos Dias, em Brazópolis – MG.



Fonte: Divulgação/LNA.

Vários filósofos propagaram esse modelo, Apolônio de Perga (216 – 196 a. C.), mas o que mais influenciou o pensamento da época foi Claudio Ptolomeu (90 – 168 d. C.), Figura 2, cujas ideias permaneceram por 15 séculos.

Figura 2 - Claudio Ptolomeu.



Fonte: BONJORNO et. al, p.201, 2016.

O modelo geocêntrico Ptolomaico, levava em consideração a concepção de mundo como o de Aristóteles (no século IV a. C.), que defendia que a Terra era esférica e que estaria em repouso no centro do Universo, com movimentos naturais circulares e uniformes.

Na sua maior obra, mais conhecida como *Almagesto*, Ptolomeu desenvolveu um modelo geométrico e algébrico (Figura 3), que segundo esse sistema, as órbitas dos planetas eram descritas por **epiciclos**, cujos centros se moviam em círculos maiores em volta da Terra, os **deferentes**.

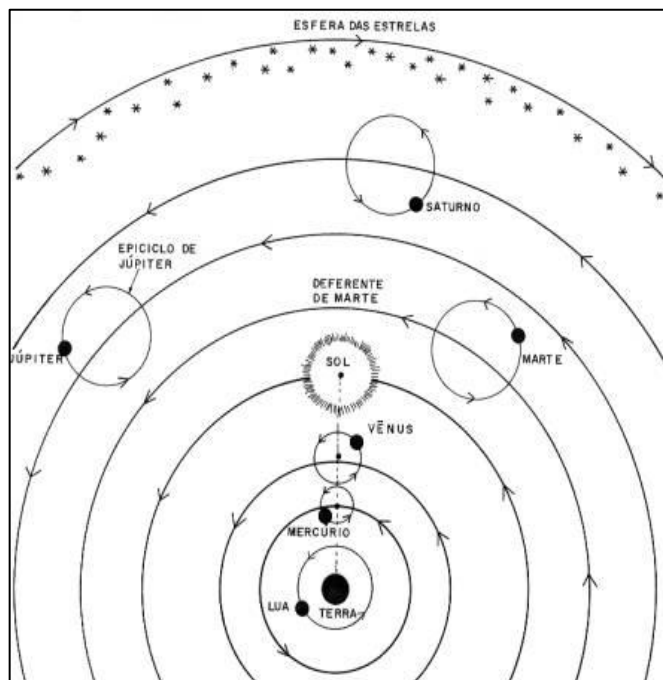
O modelo ptolomaico (Figura 3 – a) foi aceito como verdadeiro e definitivo pelas autoridades intelectuais durante a Idade Média e boa parte do Renascimento.

O fato era que esse fenômeno estabelecia aplicações condizentes para os fenômenos observados, apesar da complexidade dos cálculos e da geometria.

Coube ao polonês Nicolau Copérnico (1473 – 1543), na Figura 3 - b, retomar a ideia de Aristarco de Samos (310 -210 a. C.), que na Grécia antiga já havia proposto que o Sol estivesse no centro do sistema planetário, e esse modelo é denominado de Heliocentrismo (*helios*, em grego, significa Sol), como mostra a Figura 4.

Copérnico utilizando suas observações e de outros cientistas, publicou a obra *Das revoluções dos corpos celestes*, no ano da sua morte.

Figura 3 - a cima: representação do Sistema Geocêntrico de Ptolomeu; a baixo: Nicolau Copérnico (1473 – 1543).



Fonte: BONJORNIO et. a, p.202, 2016.

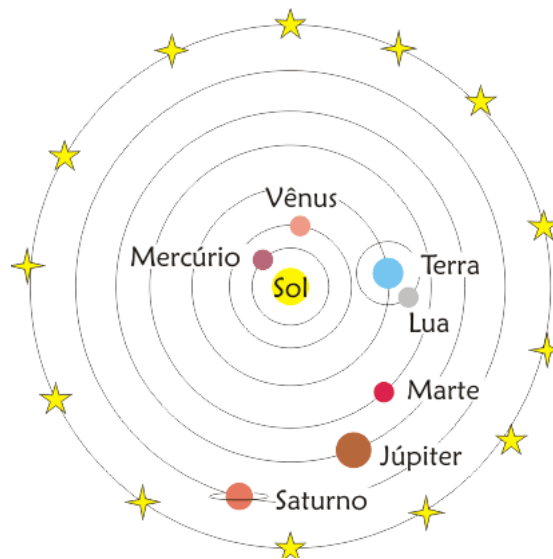
A adoção do novo modelo implicaria em uma mudança radical de visão de mundo e, segundo Bonjorno e Clinton (2016, p. 203), “apesar

de não ter sido amplamente aceita entre os estudiosos da época, a sua obra fez que surgisse uma nova interpretação do mundo baseada em argumentos matemáticos e na antiguidade clássica”.

A astronomia começou a se desenvolver com as contribuições deixadas por cientistas da época como Galileu Galilei (1564 – 1642), onde observou pela primeira vez os

anéis de Saturno, as fases de Vênus e as luas de Júpiter com os telescópios que haviam surgido nesse período. Com os dados do astrônomo dinamarquês Tycho Brahe (1546 – 1601), sobre o movimento do planeta Marte, Kepler desenvolveu explicações mais completas e precisas, favorecendo a veracidade do modelo heliocêntrico.

Figura 4 - Modelo Heliocêntrico de Copérnico.



Fonte: (Modelo Heliocêntrico, 2019).

2.2 As Leis de Kepler do Movimento Planetário

Johannes Kepler (1571 – 1630), Figura 5, físico e matemático alemão, estudou na Universidade de Tübingen, na Alemanha, e conheceu as teorias heliocêntricas de Copérnico, e após muito estudo e trabalho matemático, estabeleceu a forma correta das órbitas dos planetas em torno do Sol, culminando nos enunciados das três leis que descrevem o movimento planetário.

Figura 5 - Johannes Kepler, físico, matemático e alemão, conhecedor das teorias heliocêntricas de Copérnico.



Fonte: BONJORNO *et. al*, p.203, 2016.

Primeira Lei de Kepler

Kepler era um defensor da teoria de Copérnico, o qual afirmava que as órbitas dos planetas eram circulares. E durante anos, tentou, sem sucesso, ajustar os dados das observações de Brahe da órbita de Marte a um círculo. No entanto, o ajuste sempre resultava numa diferença de alguns minutos de arco e ele sabia que as observações do grande astrônomo não poderiam estar tão incorretas.

Assim, apesar da relutância inicial, de abandonar uma ideia tão central proposta há quase dois mil anos, Kepler verificou que se supusesse que a órbita de Marte era oval, ou seja, possuísse uma forma elíptica em vez de circular, as observações de Brahe sobre as posições do planeta concordavam muito bem com seus cálculos. E com isso, ele

imediatamente concluiu que as órbitas dos planetas eram elípticas com

Enunciado a 1º Lei

Os planetas giram ao redor do Sol descrevendo uma trajetória elíptica em que o Sol ocupa um dos focos.

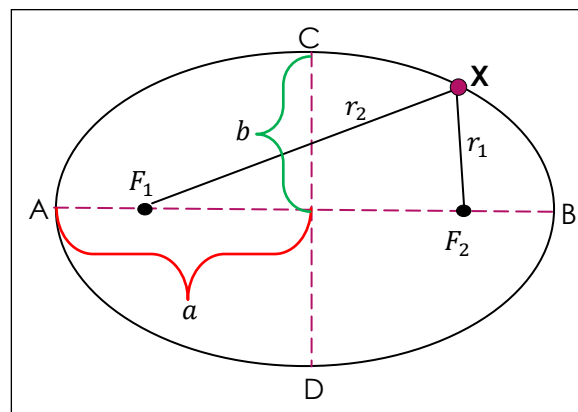
o Sol ocupando um dos focos. A partir dessas análises, a primeira lei de

Kepler, que também é conhecida como **Lei das Órbitas**, e uma referência as órbitas dos planetas ao redor do Sol que não são circulares, mas, sim, elíptica.

Os elementos fundamentais de uma elipse são (Figura 6):

- $\overline{AB}$ é o eixo maior;
- $\overline{CD}$ é o eixo menor;
- F_1 e F_2 são os focos;
- F_1F_2 é a distância focal;
- a semi-eixo maior;
- b semi-eixo menor.

Figura 6 - Características de uma Elipse.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2018.

A soma das distâncias r_1 e r_2 , interligadas aos focos (F_1 e F_2) e ao ponto X sobre a elipse, corresponde a seguinte relação: $r_1 + r_2 = \text{constante}$.

Outra propriedade importante de uma elipse é a excentricidade (**e**), que é a grandeza que mede o desvio em relação a uma circunferência, isto é, quando a elipse fica mais “achatada”, ela é definida por:

$$e = \frac{\overline{F_1F_2}}{\overline{AB}}$$

Logo, a equação acima indica que essa excentricidade é igual à distância entre os focos F_1F_2 dividida pelo eixo maior. Ou seja, quanto maior a excentricidade, mais alongada será a elipse (Figura 7).

Figura 7 - Excentricidade de uma elipse.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2018.

A **excentricidade** é uma grandeza que varia de 0 a 1. Quando a excentricidade é igual a 0, a elipse torna-se um círculo, pois F_1 coincide com F_2 , sendo a distância F_1F_2 igual a 0, e a distância AB o diâmetro do círculo.

Entre os planetas do Sistema Solar, Mercúrio é o que descreve órbita de maior excentricidade sendo igual a 0,2. Os demais planetas incluindo a Terra, que possui excentricidade de 0,02, realizam órbitas praticamente circulares.

Segunda Lei de Kepler

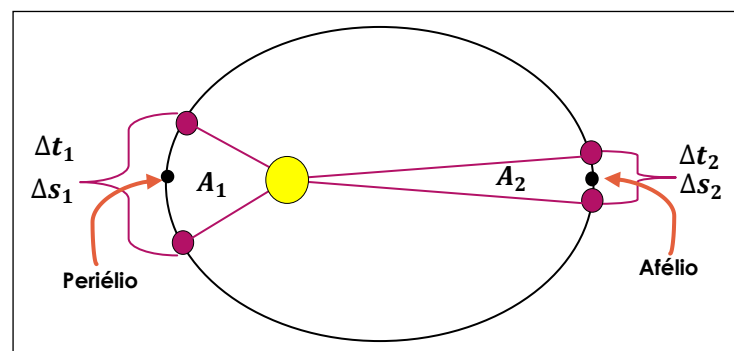
Também conhecida como **lei das áreas**, em que Kepler concluiu que a velocidade de translação de um planeta ao redor do Sol não é constante.

Enunciado a 2ª Lei

O raio-vetor de cada planeta (segmento imaginário que liga o centro do Sol ao centro do planeta) varre áreas iguais em intervalos de tempos iguais, independentemente da posição do planeta em sua órbita.

Na Figura 8 abaixo, se as áreas A_1 e A_2 forem iguais, o tempo que o planeta leva para percorrer os deslocamentos Δs_1 e Δs_2 também será igual.

Figura 8 – Ilustração com elementos da elipse.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2018.

Com isso, teremos que na representação a seguir, matematicamente, para um dado planeta, temos:

$$\frac{A_1}{\Delta t_1} = \frac{A_2}{\Delta t_2}$$

Em que Δt é o intervalo de tempo e A é a área. Essa razão constante é a velocidade areolar do planeta.

Portanto, a velocidade do planeta sofre uma variação, ou seja, é maior quando está mais perto do Sol (periélio), e menor quando se afasta do Sol (afélio). E então:

$$v_{\text{periélio}} > v_{\text{afélio}}$$

É importante enfatizar que, durante a translação de um planeta não há ganho e nem perda de energia, portanto a energia mecânica do sistema (planeta e Sol) é constante. No periélio, a energia cinética é máxima, enquanto a energia potencial gravitacional é mínima. No afélio, a energia cinética é mínima, e a energia potencial gravitacional é máxima.

Terceira Lei de Kepler

A busca de Kepler para descobrir uma conexão entre os tamanhos das órbitas dos planetas e seus períodos de revolução ao redor do Sol teve êxito somente dez anos depois da formulação da primeira e segunda lei.

Em sua 3ª Lei, também conhecida como **Lei dos Períodos**, Kepler utiliza mais uma vez os dados das observações de Brahe, para estabelecer que, quanto mais distante do Sol o planeta estiver, maior será o tempo para percorrer a órbita.

Sendo T o período de translação (ou ano planetário), ou seja, o intervalo de tempo para completar uma volta em torno do Sol, e R a distância média do planeta ao Sol:

Enunciado a 3º Lei

O período de translação de cada planeta em torno do Sol, elevado ao quadrado, é diretamente proporcional à distância média do planeta ao Sol elevado ao cubo.

$$\frac{T^2}{R^3} = K$$

Onde K , chamada constante de proporcionalidade, que depende apenas da massa do Sol (ou qualquer astro) em torno do qual os corpos orbitam.

A distância média R do planeta ao Sol, representada na equação acima, equivale a média aritmética entre a maior e a menor distância entre o planeta e o Sol.

É importante lembrar que as leis de Kepler, notadamente a 3ª Lei, são válidas tanto para os movimentos dos planetas em torno do Sol quanto para sistemas de corpos que orbitem gravitacionalmente em torno de uma massa central. Podem ser aplicadas, por exemplo, aos satélites naturais ou artificiais (no caso da Terra) dos planetas.

3 Sequência Investigativa – Planejamento

Neste tópico, apresentaremos os procedimentos metodológicos, do produto educacional, que foram aplicados por intermédio da Sequência Didática Investigativa (SEI) à luz da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, visando levar os alunos a ingressar no campo conceitual que envolve as Leis de Kepler, através das situações apresentadas aos mesmos, para dar sentido aos conceitos científicos trabalhados, uma vez que a teoria aponta que o conhecimento está organizado em campos conceituais que o sujeito acessa, lentamente, a partir das situações que lhe são apresentadas. Abaixo descreveremos os momentos pedagógicos trabalhados e a estrutura da SEI.

3.1 Descrição dos Momentos Pedagógicos

A SEI é composta por aulas em que deverá orientar a ação pedagógica das situações levadas ao desenvolvimento dos conceitos científicos abordados.

Dentro desse contexto, cada Momento Pedagógico, caracterizam-se por apresentar situações nas quais o professor precisa envolver seus alunos, com relação ao conteúdo proposto. Pois, de acordo com Vergnaud (1990), a aprendizagem acontece quando o sujeito interage com as situações no intuito de resolvê-las, pondo em ação seus

esquemas e os conhecimentos (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação) contidos nos esquemas.

Essas situações vão exigir que o discente interprete dados, manipule esses dados segundo regras predeterminadas ou crie novas regras, identifique e/ou estabeleça relações, represente e avalie os resultados com esforço e intenção de chegar a uma solução para a situação apresentada. (FESTA, 2015, p. 9)

Nessa perspectiva, vale ressaltar a importância do papel do professor em todo esse processo, que segundo Moreira (2011), é um mediador, e sua principal tarefa consiste em ajudar o aluno a desenvolver seu repertório de esquemas e representações, oferecendo-lhe, para isso, situações que favoreçam este desenvolvimento, capazes de elevarem ao domínio do campo conceitual.

Na definição de campo conceitual aparece o conceito de situação. É a partir do confronto com essas situações, e do domínio que progressivamente alcança sobre elas, que o sujeito molda os campos conceituais que constituem seu conhecimento. (GRECA, MOREIRA, 2003, p. 54)

É importante ressaltar, que Vergnaud (1990;1993) aponta três justificativa na TCC, para que se utilize o conceito do campo conceitual como forma de análise para a questão da obtenção de conhecimento: “1) um conceito não se forma a partir de um só tipo de situação; 2) uma situação não se analisa com um só conceito; 3) a construção e a apropriação de todas as propriedades de um conceito ou todos os aspectos de uma situação é um processo longo”. Ou seja, durante todos esses processos de apreensão dos campos conceituais, os alunos vão sendo tomados por concepções e competências (saber fazer), durante a realização de tarefas que lhe exijam comportamento ativo de exploração, experimentação etc. com o objetivo de encontrar uma resposta ou solução, essa ação gera desenvolvimento cognitivo do discente pois, permite o mesmo ir fazendo relações entre diferentes conceitos, abrangendo diferentes contextos lhe permitindo desenvolver-se cognitivamente.

Partindo de todas as ideias e aspectos apresentados acima, a SEI foi estruturada em cinco Momentos Pedagógicos compostos de sete aulas com: atividades, apresentação de maquetes e construção de *Lapbook*, para a prática da aprendizagem dos conceitos das Leis de Kepler. Abaixo veremos uma breve revisão da estrutura da SEI:

- O Primeiro Momento Pedagógico, é constituído de uma aula, onde será feita uma análise diagnóstica para a coleta dos conhecimentos prévios dos alunos, com a aplicação de um pré-teste e um desenho prático de como eles imaginam ser o sistema solar, afim de então buscar e abordar dentro dessa realidade uma aprendizagem significativa conceitualmente, e procedimentalmente.
- O Segundo Momento Pedagógico, é formado por quatro aulas, onde se trabalhará inicialmente o contexto histórico afim de organizar o conhecimento com relação ao espaço e tempo, com a aula intitulada de “Antes de Kepler”, esse momento é essencial para demonstração de conceitos iniciais, e de esquemas iniciais (primeiras impressões) do conteúdo. Logo após, em outras três aulas, será trabalhado os conceitos e demonstrações envolvendo o campo conceitual das Leis de Kepler, objetivando buscar enriquecer os conhecimentos de seus esquemas ou auxiliando-os a construir novos esquemas. As situações neste momento pedagógico, estão voltadas ao desenvolvimento das atividades demonstrativas das leis e da ilustração através das Maquetes das Leis de Kepler, com o intuito de alcançar uma organização dos esquemas já adquiridos como preparação para as situações seguintes sobre o campo conceitual estudado.
- O Terceiro Momento Pedagógico, tem por base que a partir dos conhecimentos já estudados sobre as três leis de Kepler, pretendesse desenvolver a elaboração dos Mapas Conceituais, como uma proposta de levar representações sobre o conceito

estudado, e a identificação de possíveis invariantes operatórios relacionamos a estes conteúdos trabalhados nas diversas situações anteriormente citadas.

- O Quarto Momento Pedagógico, é dividido em duas aulas, e as situações deste momento estão relacionadas a aplicação de uma oficina de *Lapbook*, que é um recurso pedagógico, que pode trazer uma contribuição na construção de conceitos dos alunos e, avaliação de possíveis invariantes operatórios por parte do professor no processo de ensino-aprendizagem.
- O Quinto Momento Pedagógico, está relacionado a avaliação da SEI, e consiste em aplicar um questionário aberto que inicialmente, busca identificar o pensamento ou posicionamento dos estudantes, com relação a construção da existência de invariantes operatórios da teoria trabalhada.

Abaixo veremos o modelo estrutural da SEI, que o professor poderá aplicar em sala de aula para cada momento pedagógico trabalhado sobre o tema das Leis de Kepler.

Sequência Didática

Disciplina	Física
Professor	****
Turma/ Série	1º Ano – Médio

Diagnóstica - “Avaliação Inicial”

Primeiro Momento Pedagógico	
Etapa do Momento Pedagógico	Análise Diagnóstica
Tema Gerador	As Leis de Kepler
Tempo previsto	2 horários / 1 horário = 50 min
Objetivos da aprendizagem	- Conceitual: • Analisar os princípios universais que tem valor para interações com qualquer tipo de força, em variantes fenômenos no

	processo de ensino aprendizagem através do conhecimento prévio do aluno para detectar os conceitos básicos das “Leis de Kepler” no dia a dia da sala de aula. - Procedimental: • Observar os conceitos básicos de Física e como os movimentos são produzidos, mantidos e alterados como parte fundamental no convívio social presente no aluno para conquistar seu verdadeiro espaço na área científica. - Atitudinal: • Prever ou avaliar movimentos em sistemas planetários.
Competências	• Despertar no educando do Ensino Médio a relevância da diagnóstica através de avaliações escritas objetivas, para apropriar-se do conhecimento referente as Leis de Kepler, para interpretar, avaliar, planejar para intervenções científicas tecnológicas. • Avaliar o conhecimento prévio do aluno sabendo que é o fator essencial para garantir o conhecimento significativo dos conceitos básicos do tema gerador em estudo, no contexto da sala de aula através dos questionários aplicados.
Procedimentos Metodológicos	• Saber articular o tema em estudo em torno dos conteúdos estruturantes e prevê o conhecimento e suas competências que os alunos devem desenvolver, para a relevância e os cuidados preventivos com obtenção de informações, avaliadas, invariantes operatórios (teorema-em-ação e conceito-em-ação) nos contextos, registrando a análise das informações obtidas através da problematização para além do senso comum e o conhecimento de mundo.
Materiais	• Foi utilizado os seguintes recursos para

Necessários	aplicar a diagnóstica no contexto da sala de aula, de forma bem clara, para que os alunos possam analisar cada questão de forma objetiva e significativa tendo como foco: os conhecimentos básicos das Leis de Kepler e da Gravitação Universal e um novo olhar para o mundo contemporâneo. • Livros didáticos, data show, computador, quadro branco, pincel, modelo de <i>Lapbook</i>.
Desenvolvimento da sondagem – Produção Inicial	
1º Ação	• Iniciar a aula apresentando com uma breve reflexão aos estudantes sobre a relevância da diagnóstica e o tema abordado no contexto da sala de aula.
2º Ação	• Em seguida, oportunizar aos alunos expressarem individualmente através da atividade escrita com perguntas objetivas a partir dos conhecimentos prévios.
3º Ação	• Foi reservado um tempo para que os alunos reflitam e busquem as respostas que expressem o conhecimento adquirido, e assim, levantem hipóteses, justificando suas premissas.
4º Ação	- Síntese e observações da sondagem. • Trata-se de concluir com os alunos a aula, verificando o desempenho de cada um acerca do projeto “As Leis de Kepler” a partir da apresentação da aula na introdução como foco a proposta de construção de um desenho prático livre com temáticas ligadas entre si para tornar mais eficiente o processo de ensino aprendizagem.

Situações da Aprendizagem no Contexto Escolar

Segundo e Terceiro Momento Pedagógico	
Etapa do Momento Pedagógico	1 - Atividades e Maquetes Demonstrativas

	2 - Mapa Conceitual
Tema Gerador	As Leis de Kepler
Tempo previsto	8 horários / 1 horário = 50 min
Objetivos da aprendizagem	- Conceitual (Saber): • Apresentação dos conceitos a partir das oficinas temáticas com atividades demonstrativas, maquetes e construção de mapas conceituais, para despertar no aluno a praxes pedagógica através, e o convívio social intra e extra escolar, que são fatores essenciais para garantir o conhecimento científico e investigativo no contexto sociocultural e ambiental. - Procedimental (Saber Fazer): • Compreender a ciência Física como a construção da humanidade, relacionando a história de “Antes de Kepler” até as explicações das suas “Três Leis” que fundamentam o movimento planetário, com o desenvolvimento conceitual das competências e habilidades no saber fazer fazendo numa visão holística. - Atitudinal (Saber Ser): • Identificar as leis através das aulas, como sendo preciso dar um novo passo, pois, a juventude é parte fundamental no processo de ensino aprendizagem para então se apropriar de novos conhecimentos no campo conceitual estudado proposto pelo professor regente no contexto escolar.
Desenvolvimento das Atividades Aplicadas	
1º Ação: Atividades e Apresentação da Maquete	• Durante as explicações e explanações dos conceitos referentes as Leis de Kepler, os alunos deverão desenvolver atividades demonstrativas para cada uma dessas leis, afim de, levar o aluno a construir esquemas e elevar o nível de seu conhecimento sobre o tema em questão,

	percebendo que a ciência e a tecnologia estão intimamente ligadas no processo de ensino aprendizagem. Em seguida, será desenvolvida uma aula prática sobre as Leis de Kepler com a exposição da Maquete demonstrativa dessas leis;
2º Ação: Mapa Conceitual	Nesta etapa, será necessário a construção obrigatória do mapa conceitual para nortear o caminho que transcende a teoria com a prática, sendo um importante recurso para o aprimoramento, entre os esquemas construídos e a situação imposta com relação ao campo conceitual trabalhado.
Quarto Momento Pedagógico	
Etapa do Momento Pedagógico	Oficina de Lapbook
Tema Gerador	As Leis de Kepler
Tempo previsto	4 horários / 1 horário = 50 min
Objetivos da aprendizagem	- Conceitual (Saber): - Perceber que a Física, representa um conjunto de competências específicas que permitem lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos presentes no cotidiano, a partir, de princípios, leis e modelos construído pelo homem. - Procedimental (Saber Fazer): - Realizar discursões, a primeira tarefa com questionamentos sobre a ação aplicando na construção do <i>Lapbook</i> as indagações sobre as Leis de Kepler na prática docente e discente inerente no projeto pedagógico para saber fazer fazendo oficinas temáticas no currículo diversificado. - Atitudinal (Saber Ser): - Saber articular saberes construindo pelas diversidades no âmbito educacional e

	local com saberes científicos, culturais, sociais e tecnológicos, para despertar valores e atitudes superando os obstáculos de forma crítica e participativa deste processo na vida do aluno e no cotidiano da escola incorporado no currículo a proposta aplicada consciente de seus direitos e deveres como cidadão e qualidade de vida.
Desenvolvimento das Atividades Aplicadas	
1º Ação	Após a participação oral, escrita com produção dos estudantes para ampliar o conhecimento dos mesmos e confirmar a apropriação do conhecimento de toda a forma, os mesmos, serão orientados na realização da construção do <i>lapbook</i> como uma forma de elevar a apropriação de esquemas e identificação dos invariantes operatórios presentes no campo conceitual abordado (As Leis de Kepler).
2º Ação	E em seguida, oportunizar cada aluno a construção dos <i>lapbooks</i> e <i>minibook's</i>, fundamentando cada tema em estudo do conhecimento adquirido com os seguintes recursos: papel canson (ou cartolina), papel colorido, tesoura, régua.
Quinto Momento Pedagógico	
Etapa do Momento Pedagógico	Questionário Final
Tema Gerador	As Leis de Kepler
Tempo previsto	2 horários / 1 horário = 50 min
Objetivos da aprendizagem	- Conceitual (Saber): Avaliar a praxes de aprendizagens e o desenvolvimento das competências e habilidades de forma reflexiva e investigativa primeiramente em diferentes situações no processo com referência contínua necessária inovadora e metodológica, objetivando a aprendizagem do aluno.

	- Procedimental (Saber Fazer): • Identificar coletas de dados e análises de informações relevantes de forma qualitativa e quantitativa, sistematizando as tarefas com práticas construtivas de cada momento pedagógico e avaliar com referência fundamentando-se a tomada de decisão, com foco na aprendizagem. - Atitudinal (Saber Ser): • Definir os instrumentos que serão utilizados para melhor acompanhar o processo de aprendizagem dos alunos para que tenham uma postura máxima a observações investigativa e aptidões dos estudantes adequados ao contexto escolar.
Desenvolvimento das Atividades Aplicadas	
1º Ação	• Os alunos serão organizados em fileiras em sala de aula e irão receber uma ficha de atividades subjetivas.
2º Ação	• A atividade desenvolvida será voltada em torno de conceitos relevantes onde será importante para a identificação de possíveis invariantes operatórios em seus resultados.

3.2 A Taxonomia SOLO como método de avaliação da SEI

N
 o processo de aplicação da SEI, foi utilizado para a análise das respostas dos alunos, através de todos os trabalhos desenvolvidos, uma teoria desenvolvida por Biggs e Collis (1982) denominada Taxonomia SOLO (*Structure of Observing Learning Outcome*) que admite a existência de estágios de desenvolvimento cognitivo, também caracterizados pelos autores como “modos de pensamento”, surgem em idades aproximadamente

definidas, porém, esses estágios não são gerais, mas específicos para cada domínio de conhecimento em que o discente opera.

A teoria que propõem é multimodal, e seu foco é na avaliação qualitativa da aprendizagem de conteúdos específicos. A forma de resolução de problemas em um determinado momento definirá os modos e não as estruturas cognitivas dos sujeitos. (AMARANTES e OLIVEIRA, 2012, p. 65)

Para eles, de acordo com as respostas, os estudantes podem exibir, dentro de um modo, níveis distintos de complexidade no seu entendimento. Nesse modelo apresentado por Biggs e Collis, a aprendizagem do aluno se divide em cinco níveis de complexidade quanto ao modo de funcionamento de seu pensamento, que são: pré-estrutural, uniestrutural, multiestrutural, relacional e abstrato estendido.

Esses níveis, segundo Amarantes e Oliveira (2012, p. 66), “se relacionam tanto à qualidade como à quantidade de informações processadas”, e estão descritos abaixo na tabela 1 com os seus respectivos exemplos, retirados do questionário final da aplicação do produto sobre as Leis de Kepler:

Tabela 1: Descrição dos Níveis taxonômicos

NÍVEIS TAXONÔMICOS	DESCRIÇÃO	EXEMPLO
Pré-estrutural (P)	O aluno apresenta respostas inadequadas e em um nível aquém do que é solicitado na questão, não demonstrando foco para o essencial, e por fim, não conseguindo desenvolver o item.	<i>“Lei das orbitas: cada planeta gira em torno do sol de forma diferente”.</i>
Uniestrutural (U)	O aluno mantém o foco no item correto, porém o mesmo dispõe de poucas informações para a resolução do problema em questão.	<i>“Lei das órbitas – os planetas descrevem a trajetória de uma elipse”.</i>
Multiestrutural (M)	O discente desenvolve apresenta vários aspectos relevantes na estrutura de suas respostas,	<i>“Leis das áreas: trata da velocidade com que um planeta orbita em torno</i>

	desenvolvendo corretamente a relevância da informação. Porém, algumas inconsistências podem aparecer devido à falta de integração entre algumas informações.	<i>do Sol, relacionando as áreas com os períodos".</i>
Relacional (R)	Os alunos acessam e percebem as informações corretamente, avaliando e relacionando os dados. Ainda que não haja inconsistências em seus resultados, o mesmo não apresenta uma visão global dos dados apresentados.	<i>"A área descrita pelo raio vetor de um planeta é diretamente proporcional ao tempo gasto".</i>
Abstrato Estendido (A)	Os alunos apresentam resultados com conceitos mais gerais tendo a capacidade de adaptar as informações, convocar estruturas para análises mais abstratas e apresentar respostas com visão mais global, capazes de serem inseridas em qualquer contexto.	<i>"Lei dos períodos mostra a relação diretamente proporcional entre o período de revolução de um planeta ao redor do Sol e o raio médio da órbita do planeta".</i>

Fonte: Dados da Pesquisa, 2018.

4. As Situações Pedagógicas

Neste capítulo falaremos sobre as situações aplicadas no produto educacional desenvolvido, para a compreensão dos conceitos das Leis de Kepler. Tais situações são a base do processo de apreensão dos conceitos abordados em determinado conteúdo, e fazem parte da TCC de Vergnaud, tidas como tarefas, teóricas ou empíricas, realizadas pelo sujeito. Ainda, segundo Vergnaud:

O saber se forma a partir de problemas para resolver, quer dizer, de situações para dominar. [...] Por problema é preciso entender, no sentido amplo que lhe atribui o psicólogo, toda situação na qual é preciso descobrir relações, desenvolver atividades de exploração, de hipótese e de verificação, para produzir uma solução (1990, p.52)

Sendo assim, Vergnaud, busca relacionar o desenvolvimento do aprendiz (ou aluno) com as tarefas que o mesmo é levado a resolver. Greca e Moreira (2002, p. 55) também afirmam que, “se esse processo ocorrer em diferentes situações, o ter que explicitar o seu conhecimento permite refinar os significados utilizados”. Nesse sentido, as situações diversas levadas ao ensino dos conceitos das Leis de Kepler, são: as atividades demonstrativas adaptadas do livro Manual de Astronomia (CANALLE e MATSSURA, 2012); as Maquetes das Leis de Kepler construída com material de baixo custo; a aplicação dos Mapas Conceituais; A Oficina de *Lapbook*. Cada uma das situações pedagógicas serão apresentadas nos próximos tópicos.

4.1 As Atividades Demonstrativas

1. A Elipse e a Primeira Lei de Kepler (Lei das Órbitas).
2. A Área dos Planetas e a Segunda Lei de Kepler (Lei das Áreas).
3. O Período de translação dos planetas e a Terceira Lei de Kepler (Lei dos Períodos).

Objetivos das Atividades

- Construir elipses para observar os seus parâmetros geométricos, e a excentricidade, foco e o eixo maior e menor.
- Demonstrar a segunda lei de Kepler, analisando a relação proposta pela lei: “áreas iguais em intervalos de tempo iguais”.
- Calcular a constante mencionada na lei e usa-la para demonstrar o período de translação dos planetas.

Material utilizado:

- Placa de papelão;
- Folha de papel A4;
- Folha de papel milimetrado;
- Barbante;
- Régua;
- Tachinhas;
- Lápis e borracha;
- Tesoura;
- Calculadora.

Procedimentos da Atividade 1

1. Inicialmente os alunos deverão escolher o valor da excentricidade da órbita que desejam desenhar, para isso, o professor deve apresentar uma tabela de valores da excentricidade para cada planeta. Por exemplo, a elipse de Plutão que apresenta uma excentricidade de $e = 0,25$.

2. Logo após, o professor deve escolher o valor do eixo maior (A) da elipse, que pode ser um valor arbitrário (Então será: $A = 20 \text{ cm}$), e apresentar para a turma.
3. Com a utilização da equação da excentricidade de uma elipse, os discentes irão encontrar o valor da distância focal (F), que pode ser obtida com os valores anteriormente apresentados. Veja as equações abaixo:

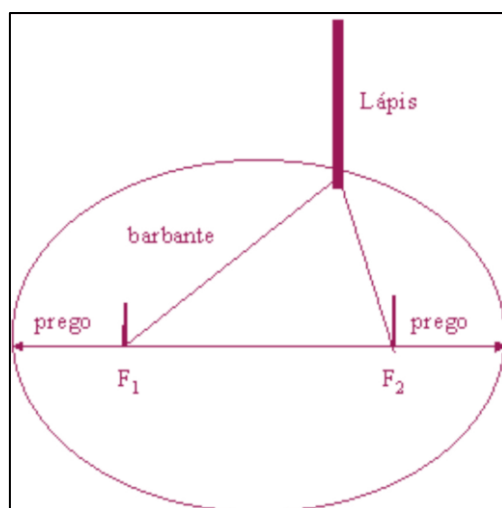
$$e = \frac{F}{A} \rightarrow F = e.A$$

4. Com os valores já calculados e colocados em uma tabela, utilizando o Método do Jardineiro, os alunos deverão encontrar o comprimento do barbante (L), que é obtido através da soma da distância focal (F) e o eixo maior (A), ou seja:

$$L = F + A$$

5. Em seguida, os alunos devem colocar um papel na base de papelão, traçar com uma régua no centro da folha o valor do eixo maior (A), depois colocar os focos (F_1 e F_2) com as tachinhas sobre eles e o barbante amarrado. Para o desenho, colocar o lápis sempre na vertical, e o barbante sempre esticado, como a figura abaixo:

Figura 9 - Esquema do método do jardineiro para desenhar uma elipse.



Fonte: (Manual de Astronomia, 2012, p. 104).

Procedimentos da Atividade 2

1. Com os dados da Atividade 1, os alunos deverão desenhar a órbita do planeta em um papel milimetrado para o cálculo da área do planeta.
2. Para relacionar o que a lei fala sobre “áreas iguais em intervalos de tempos iguais” com a demonstração, usaremos os dados de Plutão (mas, pode ser com qualquer outro planeta ou cometa) e partiremos dos seguintes dados: que o período de translação de Plutão é de 248 anos, e que ao dividimos esse valor por 5, obtemos 5 intervalos iguais de aproximadamente 50 anos cada.
3. Logo após, os alunos devem ser orientados a contarem todos o “centímetros quadrados” do papel milimetrado que estavam inteiramente dentro do “pedaço” da “área” e multiplicar esse número por 4 pois, a unidade de área, na verdade é o quadradinho com 5 mm de lado (um quarto de centímetro quadrado) do papel.

4. Os quadradinhos da fronteira (de 5 milímetro de lado), em que a linha da fronteira passa por eles, também devem ser contados. Logo em seguida, os discentes devem somar esses quadradinhos e divididos por 2.
5. Por fim, somando os resultados obtidos nos dois itens anteriores os alunos obtiveram a área da seção medida para uma as áreas. Depois deve-se repetir o procedimento para a outra “área”.

Procedimentos da Atividade 3

1. Para esta atividade o professor deve orientar os alunos a utilizarem apenas lápis, borracha e o uso da calculadora.
2. No desenvolvimento da atividade, inicialmente os discentes devem descobrir qual é o valor da constante (k) mencionada na Lei dos Períodos, utilizando a equação da lei e os dados do raio e do período de cada planeta (que devem ser disponibilizados para os alunos).
3. No segundo momento, os alunos devem encontrar o período (T) de translação dos seguintes planetas: Urano, Netuno e Plutão. Para tanto, deve ser disponibilizado o valor de seus raios médios, e através da equação da lei, os mesmos devem calcular os períodos desses planetas.

4.2 A Maquete das Leis de Kepler

A maquete demonstrativa das leis de Kepler foi produzida com o intuito de promover um maior aprendizado, visto que, através da mesma é possível aliar teoria e prática, concretizando o processo de ensino aprendizagem sobre os conceitos trabalhados no campo conceitual estudado.

As vantagens da utilização deste recurso em sala de aula, é a de que o professor pode produzir seu próprio material por ser totalmente de baixo

custo. Abaixo descreverei os procedimentos de construção e aplicação deste material didático.

4.2.1 Procedimentos de Construção

Materiais utilizados

- Quadro negro de 22 x 15;
- E.V.A preto brilhoso e branco;
- 1/2 bola de isopor (para representar o Sol);
- 1 motor de rotação;
- 1 papel Canson (ou cartão) preto para fazer a base da elipse;
- 1 laser;
- Duas tachinhas ou pregos;
- Barbante;
- 1 giz branco de quadro negro.
- Tinta guache amarela;
- Pincel;
- Bastão de cola quente e 1 pistola de cola quente;
- Cola de silicone;
- Tesoura;
- Régua;
- Estilete;
- Fita dupla face.

Construção da Maquete

- I. Primeiramente, monta-se a base com o quadro negro, e com o E.V.A recortado com as mesmas dimensões, cole na base com a fita dupla face.

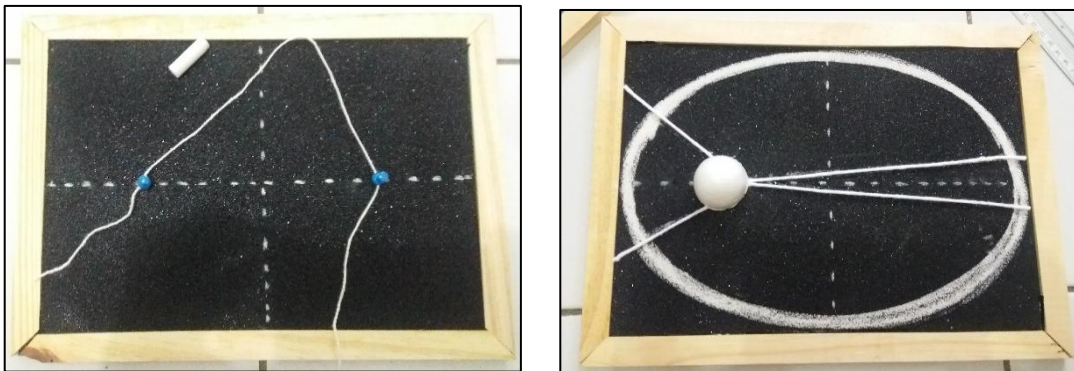
Figura 10 - Base de quadro negro com E.V.A.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2018.

- II. Trace com um giz branco na base, a elipse e os eixos (maior e menor), utilizando o método do jardineiro, com o auxílio de um barbante e duas tachinhas posicionadas nos focos. Depois da elipse desenhada, utilize o barbante para marcar as áreas da elipse em alto relevo, e cole a bola de isopor em um dos focos para representar o Sol.

Figura 11 – Construção da elipse na base.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2018.

- III. Logo após, perfure o outro foco, e coloque o motor de rotação que servirá de suporte para o Laser, onde o mesmo representará o movimento do planeta ou qualquer outro astro ao redor do Sol. Conecte o motor em um circuito simples a fonte, o da maquete abaixo funciona com duas pilhas de 1,5 V.

Figura 12 – Suporte para o laser.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2018.

- IV. Ao final, a maquete deve possuir uma base que servirá de suporte para demonstração do movimento do planeta ao redor do Sol, e também uma gavetinha em que possui a explicação das três leis de Kepler com os desenhos em alto relevo, para facilitar o acompanhamento dos alunos com relação ao conteúdo trabalhado.

Figura 13 – Maquete demonstrativa das Leis de Kepler.



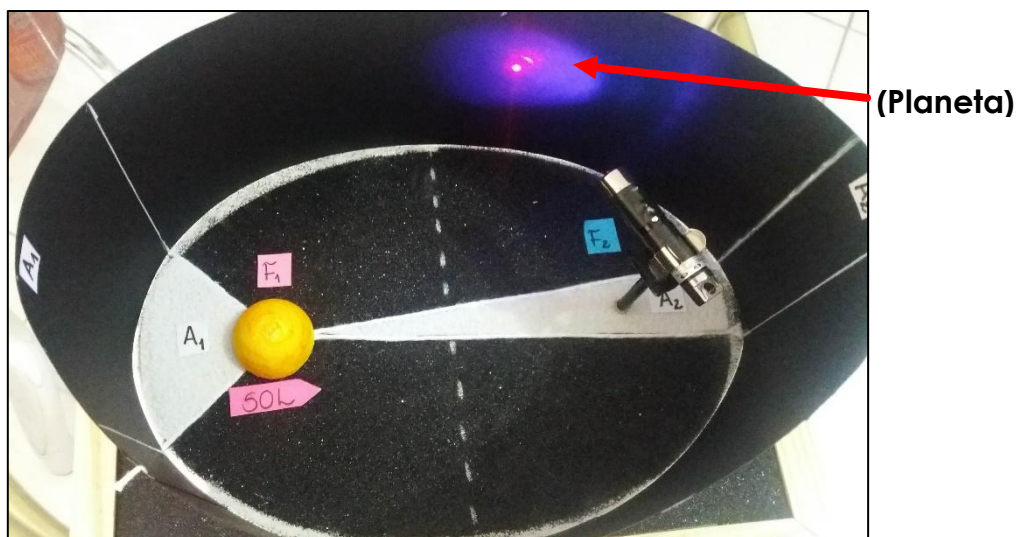
Fonte: Dados da Pesquisa, 2018.

Aplicação do Recurso Didático

A Maquete das Leis de Kepler foi utilizada como uma representação simbólica do campo conceitual abordado. Diante disso, é importante enfatizar que, para Vergnaud as representações simbólicas fazem parte do processo de cognição da conceitualização passada aos alunos. As representações simbólicas na Teoria dos Campos Conceituais, estão relacionadas juntamente com as situações que os estudantes devem resolver sobre algum problema estudado e os invariantes operatórios, formando a tríade necessária para a conceitualização. Diante disso, abaixo veremos o processo de aplicação do recurso:

- I. Para a representação da 1ª Lei – Lei das Órbitas, de acordo com a Figura 14, o recurso utilizou-se de um laser que descreve o movimento de um planeta em torno de uma órbita elíptica com relação ao Sol, o mesmo está posicionado sobre um dos focos da elipse.

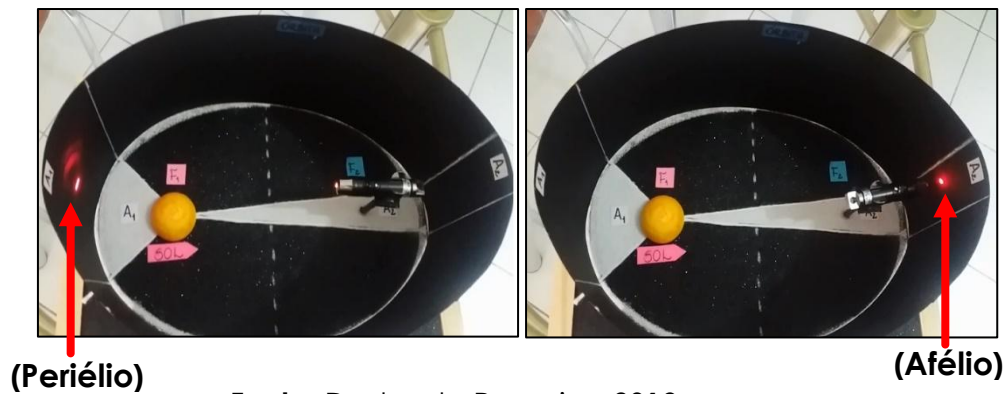
Figura 14 – Demonstração do laser representando o planeta na órbita elíptica.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2018.

- II. Para a 2ª Lei – Lei das Áreas, foi representado por áreas em alto relevo com E.V.A, que representam as áreas varridas pelos planetas para simular a definição da lei quanto “A Linha que vai do Sol até qualquer planeta varre áreas iguais em intervalos de tempos iguais”. Também foi representado a relação da velocidade quanto a distância do planeta ao Sol, usando o laser (que é o planeta), em que, quando o planeta estiver próximo terá uma maior velocidade (Periélio), e distante menor velocidade (Afélio).

Figura 15 – Demonstração do laser representando o periélio e o afélio.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2018.

4.3 Os Mapas Conceituais

A técnica de análise dos mapas conceituais foi proposta por Novak (1997), e para a abordagem da TCC constitui em uma estratégia facilitadora da conceitualização, pois, pode ser usada para ilustrar a estrutura conceitual de um conhecimento. A utilização dessa técnica é questionada por Freitas (2007) em um dos seus trabalhos que aponta tal recurso como uma ferramenta facilitadora do processo de ensino aprendizagem.

A utilização dos mapas conceituais, tem se apresentado como uma ferramenta de ação pedagógica bastante útil para o ensino de diversos temas, possibilitando que um conjunto de conceitos seja apresentado aos alunos, a partir do estabelecimento de relações entre eles (2007, p.87).

Contudo, segundo Moreira (1992, p. 02), esses mapas conceituais “podem ser interpretados como diagramas hierárquicos que procuram refletir a organização conceitual de uma disciplina ou de parte dela”, ou seja, a construção de tal recurso, se baseia na estrutura de um dado campo conceitual. Diante disso, a estratégia metodológica de aplicação dessa didática obedece os seguintes tópicos:

- I. Primeiramente apresenta-se aos alunos a técnica de elaboração de um mapa conceitual reforçando principalmente a

compreensão de conceitos, palavras de ligação, hierarquização e síntese;

- II. Em um segundo momento, os discentes se reúnem em dupla com suas fichas (para a elaboração dos mapas), pois, os mapas conceituais devem ser constituídos colaborativamente, afim de discutirem quais os conceitos que serão incluídos em seus mapas, tal proposta visa alcançar um maior potencial como estratégia facilitadora da aprendizagem significativa da conceitualização.

Contudo, ao desenvolverem seus mapas, os alunos começam a perceber que os conceitos são elementos importantes na construção do conhecimento humano e, ao mesmo tempo, vão conceitualizando, ou seja, construindo significativamente conceitos essenciais para o seu desenvolvimento cognitivo. Esse desenvolvimento cognitivo, está relacionado com a organização dos invariantes operatórios (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação) que segundo Greca e Moreira (2003, p.54) “são indispensáveis na articulação entre uma situação que o sujeito enfrenta e o esquema que possui para poder resolvê-la”, ou seja, a construção dos mapas conceituais irá servir como uma das situações impostas para esses discentes desenvolverem competências, para o saber fazer, constituindo assim a maior parte dos repertórios do conhecimento impostos.

4.4 O Lapbook

O *Lapbook* é um recurso pedagógico que pode ser utilizado para trazer uma contribuição na construção de conceitos e avaliação de possíveis invariantes operatórios, além de também ajudar a minimizar a abstração que, inevitavelmente, está presente nas aulas e avaliações de Física. Logo, o *lapbook* é um recurso que visa proporcionar aos professores de todos os níveis de ensino a oportunidade de construir um trabalho significativo com o conteúdo trabalhado.

Abaixo veremos outros importantes benefícios dessa técnica de ensino aprendizagem:

- ✓ Ótimo recurso para sintetizar conceitos do que o aluno aprendeu sobre determinado assunto;
- ✓ Permitem a criatividade dos alunos ao criarem seus próprios projetos;
- ✓ Podem ser usados como síntese de várias unidades de estudo;
- ✓ Podem se tornam pastas prontas para futuros estudos.

É importante enfatizar que este material é uma espécie de mapa conceitual em três dimensões, que em formato de pasta, que pode ser confeccionado em diferentes formatos e dimensões, representa a abordagem de um determinado conteúdo. Os procedimentos para a construção desse material didático podem ser vistos no próximo tópico.

4.4.1 Procedimentos para a construção

Para o procedimento dessa última situação, os alunos devem se reunir em dupla e com seus matérias e fichas impressas farão a demonstração dos conceitos referentes ao campo conceitual das Leis de Kepler. As etapas da aplicação dessa oficina são descritas abaixo.

1ª ETAPA – Construindo a Pasta.

Nesta primeira etapa os alunos irão começar a desenvolver a estrutura da pasta, inserindo o tema e se familiarizando com a proposta de trabalho.

Materiais utilizados nesta etapa:

- Papel Canson (ou cartolina);
- Tesoura;
- Régua.

Construir a pasta *LAPBOOK* seguindo os seguintes passos:

- I. Recortar ao meio uma folha de papel Canson;
- II. Dobrar em duas partes centralizando-as formando a pasta que será o *LAPBOOK*, e colar as etiquetas informativas (tema

do conceito trabalhado e autores do material) na frente da pasta.

Figura 16 – Capa do *Lapbook*.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2018.

2ª ETAPA – Montagem dos *Minibooks* conceituais.

Nesta etapa os alunos irão trabalhar com os conceitos e demonstrações das Leis de Kepler que foi o campo conceitual escolhido para este trabalho.

Materiais utilizados nesta etapa:

- Folhas coloridas para a construção dos *minibook's*;
- Tesoura;
- Cola branca;
- Canetas hidrográficas coloridas;
- Giz de cera;
- Lápis e borracha.

Construir os *minibook's* seguindo os seguintes passos:

- I. Desenhar as órbitas de 2 planetas com o compasso e anexar no *lapbook*.
- II. Construir um *minibook* enunciando a PRIMEIRA LEI DE KEPLER.
- III. Desenhar órbitas de 2 planetas e fazer as áreas

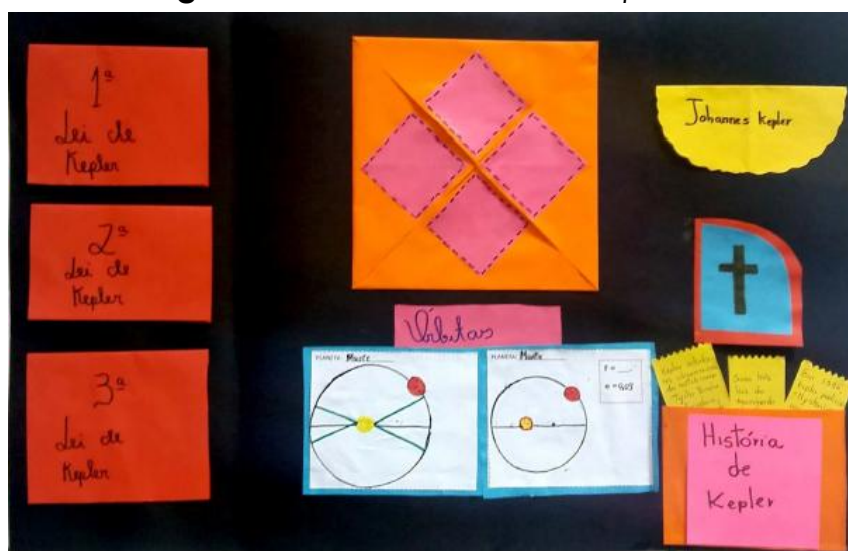
- IV. Colocar o Sol em um dos focos e o planeta escolhido na órbita.
- V. Construir um *minibook* enunciando a SEGUNDA LEI DE KEPLER.
- VI. Desenhar órbitas de 2 planetas (uma dentro da outra), com o compasso, demonstrando a 3ª LEI DE KEPLER. Colocar o Sol em um dos focos, e os dois planetas em suas órbitas. Informar no desenho também o período de translação desses planetas.
- VII. Construir um *minibook* enunciando a TERCEIRA LEI DE KEPLER.

3ª ETAPA – Montagem do LAPBOOK.

Nesta etapa os alunos irão colocar todas as informações coletadas dentro da pasta.

É importante que o professor sempre oriente o aluno nesta etapa, para que ele estruture a organização e sequencia do seu lapbook de uma forma que o mesmo compreenda tais informações, ou seja, que tenha significado. Na Figura 17 veremos um modelo de um *lapbook* produzido pelos alunos na oficina aplicada em sala de aula.

Figura 17 – Parte interna do Lapbook.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2018.

Além das demonstrações levadas para os discentes desenvolverem em sala de aula, os mesmos podem ficar livres para acrescentarem outras informações que considerarem importantes em seu material. Por fim, os

alunos devem fazer uma apresentação de todo o processo de construção de seu material, afim de concretizar o seu processo de ensino aprendizagem, em que de acordo com a TCC, tal material se apresenta como uma importante demonstração do triplo dessa teoria, que são: 1 - o Conjunto de Situações que está relacionada com a aplicação da oficina em que os alunos desenvolvem as atividades para a construção dos *minibook's*; 2 – as Representações Simbólicas que se faz presente no próprio conjunto que é o *lapbook* e os *minibook's* que apresentam a explanação do campo conceitual trabalhado; 3 – os Invariantes Operatórios presentes nos *minibook's* que são diretamente relacionados a própria demonstração dos conceitos trabalhados do pelos alunos. Ou seja, é possível perceber que após dadas essas relações, o *lapbook* se torna uma ferramenta importantíssima no processo de apreensão dos conceitos trabalhados em sala de aula, pois, leva o aluno a desenvolver seus conhecimentos explícitos para, por fim, saber relacionar o seu saber dizer com o saber fazer, que é a máxima do processo da conceitualização.

REFERÊNCIAS

AMARANTES, Amanda; OLIVEIRA, Elrismar. **A construção e o uso de sistemas de categorias para avaliar o entendimento dos estudantes.** Belo Horizonte. V.14, n.02, p. 61–79, maio–ago, 2012.

BIGGS, J.; COLLIS, K. **Evaluating the quality of learning: the SOLO taxonomy.** New York: Academic Press, 1982.

BONJORNO, José Roberto. *et. al.* Física: **Mecânica**, 1º ano. – 3. ed. – São Paulo: FTD, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Parâmetros curriculares nacionais do ensino médio. Brasília: MEC; SEMTEC, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da educação Média e Tecnológica. PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

CANALLE, João Batista; MATSSURA, Oscar Toshiaki. **Manual de Astronomia.** – Rio de Janeiro: Sinergia, 2012.

FESTA, Flavio. **Proposta didática para desenvolver o tema supercondutividade no Ensino Médio [recurso eletrônico].** Instituto de Física – URFGS, Porto Alegre. 2015.

FREITAS, J. F. F. **Mapas conceituais: estratégia pedagógica para a construção de conhecimentos na disciplina de química orgânica.** Ciências e Cognição, v.12, p. 86 – 95, 2007.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. **Além da detecção de modelos mentais dos estudantes uma proposta representacional integradora.** Investigações em Ensino de Ciências. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 31-53, mar. 2002.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. **Do saber fazer ao saber dizer: uma análise do papel da resolução de problemas na aprendizagem conceitual de física.** Revista Ensaio, Belo Horizonte, v.5, n. 1, p. 52-67, mar. 2003.

Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/epec/v5n1/1983-2117-epec-5-01-00052.pdf>. Acesso em: 10 set. 2018.

HALLYDAY, D. Fundamentos de física: gravitação, ondas e termodinâmica. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HEWITT, P. G. Física Conceitual. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

MARANHÃO. Governo do Estado. Secretaria de Estado da Educação. Orientações curriculares para o ensino médio: caderno de física / Coordenação Albelita Lourdes Monteiro Cardoso, Nádyá Christina Guimarães Dutra, Silvana Maria Machado Bastos. — São Luís, 2018.

MODELO HELIOCENTRICO. **Obaricentrodamente**. 2019. Disponível em: <https://www.obaricentrodamente.com/2017/12/o-modelo-geocentrico-de-ptolomeu.html>. Acesso em: 15 jun 2019.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais no ensino de Física**. Instituto de Física – UFRGS, Porto Alegre, 1992.

MOREIRA, M. A. **A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. Investigações em ensino de ciências**. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, v. 7, n. 1, mar. 2002.

MOREIRA, M.A. **Teorias de aprendizagem**. 2 ed. ampl. São Paulo: E.P.U. 242p. 2011.

NOVAK, J. **Retorno a clarificar con mapas conceptuales**. Em: Encuentro Internacional sobre el aprendizaje significativo. Burgos: Servivio de Publicaciones de la Universidad de Burgos. 1997.

OBSERVATÓRIO DO PICO DOS DIAS. Divulgação de Ensino – LNA. 2019. Disponível em: <https://lnapadiao.lna.br/divulg/conheca/imagens-astronomicas>. Acesso em: 15 jun 2019.

VERGNAUD, G. **La Théorie des champs conceptuels**. recherches en didactique des mathématiques, v. 10, n. 23, p. 133-170, 1990.

VERGNAUD, G. **Teoria dos campos conceituais**. In: NASSER, L. (Ed.). SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 1, 1993, Rio de Janeiro. Anais do Seminário Internacional de Educação Matemática. p. 1-26.

VERGNAUD, G.; Multiplicative conceptual field: what and why? In Guershon, H. and Confrey, J. (1994). (Eds) The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics. Albany, N.Y.: State University of New York Press, 1994.

Vergnaud, G. The nature of mathematical concepts. In Nunes, T. & Bryant, P. (Eds.) Learning and teaching mathematics, an international perspective. Hove (East Sussex), Psychology Press Ltd. 1997.

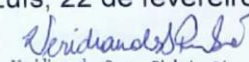
ANEXO A – Questionário da Avaliação Diagnóstica (Hoffmann, 2013)**Atividade Diagnóstica**

1. Por que os corpos caem?
 - a) Porque o chão é o lugar natural das coisas.
 - b) Por causa de uma força gravitacional.**
 - c) Em função de uma força magnética.
 - d) Porque são pesados
2. Por que a Terra fica em movimento em torno do Sol? E a Lua em torno da Terra?
 - a) Devido à primeira Lei de Newton.
 - b) Devido à Força Gravitacional.**
 - c) Devido à Segunda Lei de Newton.
 - d) Não sei responder.
3. Os satélites são levados ao espaço e lançados horizontalmente, ficando em órbita em torno da Terra. Isso ocorre porque:
 - a) A velocidade de lançamento é suficiente para colocar o satélite em órbita.**
 - b) No espaço não há força gravitacional.
 - c) Os satélites artificiais são muito leves e conseguem se manter em órbita.
 - d) Não sei responder.
4. Um astronauta dentro de uma nave flutua porque:
 - a) Tanto o astronauta como a nave estão em queda livre.
 - b) Falta de força agindo sobre o astronauta.
 - c) Em órbita a gravidade é menor.**
 - d) Falta de oxigênio.
5. “Quando um corpo se afasta da superfície da Terra, atingindo uma posição fora dela, ele deixa de ser atraído pela Terra.”
 - a) Verdadeira, porque quando a força é muito grande deixa de existir.
 - b) Errada, pois a Terra só exerce força para os corpos que se encontram dentro da atmosfera.
 - c) Verdadeira, pois a Terra só exerce força para corpos que se encontram dentro da atmosfera.
 - d) Errada, pois a força gravitacional atua mesmo à distância.**
6. Um planeta descreve uma órbita em torno do Sol a velocidade do deslocamento do planeta é:
 - a) Menor quando estiver mais próxima do Sol.
 - b) Maior quando estiver mais próxima do Sol.**
 - c) Igual durante toda a trajetória.
 - d) Maior quando estiver mais longe do Sol.

ANEXO B – Carta de Autorização**CARTA DE AUTORIZAÇÃO**

Eu, **Veridiana dos Santos Pinheiro Sá**, diretora geral desta escola, tenho ciência e autorizo a realização da pesquisa intitulada **O ESTUDO DAS LEIS DE KEPLER: Uma proposta pedagógica usando a metodologia da Sequência de Ensino Investigativa à luz da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud**, sob responsabilidade da pesquisadora **Gyulianna Pinheiro Ribeiro** no **Centro de Ensino Professor Barjonas Lobão**, na cidade de São Luís - MA. Para isto, serão disponibilizados ao pesquisador o uso do espaço físico, documentos para análise, recursos didáticos diversos. Autorizo também, a utilização do nome desta instituição em publicação de trabalho dissertativo e artigos.

São Luís, 22 de fevereiro de 2019.


Veridiana dos Santos Pinheiro Sá
Gestora Geral CE.Prof.Barjonas Lobão
Matrícula - 11581271

