

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
PRÓ-REITORA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**PEER INSTRUCTION E ANIMAÇÕES COMPUTACIONAIS
APLICADAS AO ENSINO DE GRAVITAÇÃO NO ENSINO MÉDIO**

RICARDO HENRIQUE BARBOSA CASADO

MACEIÓ

2021

RICARDO HENRIQUE BARBOSA CASADO

**PEER INSTRUCTION E ANIMAÇÕES COMPUTACIONAIS
APLICADAS AO ENSINO DE GRAVITAÇÃO NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada no Instituto de Física da Universidade Federal de Alagoas como parte dos créditos para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física pelo programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

**Orientador:
Dr. Elton Malta Nascimento**

MACEIÓ

2021

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central

Bibliotecária: Cláudio César Temóteo Galvino – CRB-4/1459

C335p Casado, Ricardo Henrique Barbosa.

Peer instruction e animações computacionais aplicadas ao ensino de gravitação no ensino médio / Ricardo Henrique Barbosa Casado. – Maceió, 2021.
146 f. : il.

Orientador: Elton Malta Nascimento.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Física. Programa de Pós- Graduação em Física. Maceió, 2021.

Bibliografia: f. 90-92.

1. Ensino de física. 2. Gravitação. 3. Sequência didática. 4. Ensino – Meios auxiliares.
5. Ensino auxiliado por computador. I. Título.

CDU: 53:37

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família especialmente, a meus amigos que muito me apoiaram, contribuíram e incentivaram para que eu conseguisse realizá-lo.

AGRADECIMENTOS

Seria impossível mencionar todas as pessoas que, de uma forma ou de outra, contribuíram para que este trabalho fosse realizado. Primeiramente agradeço a Deus por se fazer sempre presente na minha vida e por toda minha perseverança, coragem, dedicação e disciplina que tive durante todo esse percurso.

Em particular agradeço com toda sinceridade ao Prof. Dr. Elton Malta Nascimento por várias discussões proveitosas ao longo de toda pesquisa. Realmente foi de extrema importância sua ajuda como Orientador, pois o mesmo acompanhou todos os passos da trajetória deste trabalho e, tudo isso fez muita diferença para que, com sucesso, eu conseguisse realizar a conclusão do mesmo.

Gostaria de agradecer também especialmente a minha mãe e a todos os meus familiares, amigos e colegas pela confiança e paciência durante todo esse percurso árduo, porém esperançoso.

Com aplausos agradeço também aos professores do Instituto Física (IF-UFAL) que contribuíram (com conselhos, sugestões, discussões, dentre outros) tanto de forma direta como indireta na construção da minha formação acadêmica.

Com gratidão agradeço a meu querido pai (que infelizmente, aqui entre nós, já não mais se encontra) pela sua fundamental contribuição na minha criação, e, que fez de mim uma pessoa de caráter e determinada para vencer as batalhas de vida. Uma criação humilde, porém cheia de virtude, esperança e fé.

Com relevante gratidão agradeço de todo o meu coração aos meus amigos de infância que sempre permaneceram perto de mim, especialmente aqueles (Luciano Santos, Cleberton Belisário, Lúcio Santos, Nailton Pedrosa, Ivanilton, Sindy Ariane, André Rodrigues, Irlan, Elves Emanuel, Dedão e a tantos outros que com certeza faz parte desse time especial de amigos que acreditaram com plena confiança em meu trabalho.

Agradeço a professora Eleuza Galvão Rodas (dona Eleuza) por aconselhamentos fundamentais tanto na minha vida pessoal como profissional.

A minha madrinha, Isabel Cristina (infelizmente já não se encontra em nosso meio para partilhar desse momento tão especial da minha vida.) por ter sido para mim, uma fonte de inspiração e, também por fazer parte minha vida contribuindo com minha

educação. Agradeço a Deus pela sua permanência aqui na Terra (embora tenha sido pouca) como uma pessoa maravilhosa que foi. Queria tê-la conhecido mais um pouco. Porém não é como nós queremos, e sim como Deus quer. Mas independente que qualquer situação, valeu a pena sua estadia aqui na Terra, que Deus a tenha! Deixo aqui o meu muito obrigado.

Aos meus alunos que sempre confiaram em mim, agradeço com muita emoção e carinho. A todos vocês um forte abraço e que Deus sempre os fortaleça.

Também quero deixar meu eterno carinho e respeito pelo corpo docente e funcionários responsáveis pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, UFAL, POLO 36, pela oportunidade de realização de estudos e trabalhos na área de pesquisa escolhida por mim. Aos colegas da minha turma (2018) mestrado pelo auxílio nas tarefas e estudos desenvolvidos ao longo de todo curso.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo suporte da bolsa de estudo durante todo o processo de realização do mestrado e a SBF (Sociedade Brasileira de Física) pelo suporte e pela gestão do MNPEF (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física).

“A educação é entendida como um esforço no sentido de auxiliar ou moldar o desenvolvimento, destacando-se a importância da interação sistemática e contingente entre o educador e o educando e, mais especialmente, a linguagem.”

Jerome Bruner

RESUMO

Atualmente, o Ensino de Física vem se adequando a novos modelos de ensino, os chamados **métodos ativos** (ou metodologias ativas), os quais possibilitam uma interação maior para o desenvolvimento cognitivo do discente. Além de novas metodologias, o ensino também se dispõe de novas ferramentas digitais (tecnologias computacionais) que complementam e auxiliam o processo de ensino-aprendizagem em sala de aula. Nesta perspectiva, este trabalho tem como objetivo a elaboração de uma sequência didática que forneça, ao professor de Física, subsídios para que possa ministrar suas aulas com um material estruturado e contextualizado e de conteúdos significativos para o aprendizado do aluno. Esta sequência didática aborda conteúdos relacionados à **Gravitação** e foi aplicada em uma escola de tempo integral do Ensino Médio da rede pública estadual, mais precisamente na primeira série do Ensino Médio. A aplicação foi feita ao longo de quatro semanas do mês de novembro de 2019. Cada semana era composta de dois encontros, o primeiro de uma aula (cada aula tinha em 50 minutos) e o segundo de duas aulas. O presente material está fundamentado em metodologias ativas, mais especificamente a Peer Instruction (IpC) – Instrução pelos pares e em tecnologias digitais como Animações computacionais, no que tange a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional de 1996 – LDB (Lei 9.394/96) e os PCNs. Este documento também se fundamenta em três pilares das teorias da aprendizagem significativa, o primeiro é Jerome Bruner com sua teoria da aprendizagem por descoberta (aprendizagem da índole construtivista), o segundo Levi Vygotsky com seu modelo sociointeracionista e o terceiro é David Ausubel com seu modelo dos subsunçores (conhecimento prévio). A partir da aplicação conjunta entre animações computacionais e a IpC em sala de aula e se observou resultados promissores de forma que foi possível construir um produto educacional adequado para que o professor de Física tenha um desempenho significativo em suas atividades a partir desse material em relação ao tema (conteúdo) aqui abordado. Portanto, diante das animações computacionais associadas à metodologia IpC foi possível alterar a dinâmica da sala de aula tornando o processo de ensino-aprendizagem mais efetivo e elevando a motivação do aluno neste contexto.

Palavras-chave: Ensino de Física, Gravitação, Sequência Didática, Instrução pelos Colegas, Animações Computacionais.

ABSTRACT

Currently, Physics Education has been adapting to new teaching models, the so-called active methods (or active methodologies), which enable greater interaction for the student's cognitive development. In addition to new methodologies, teaching also has new digital tools (computational technologies) that complement and assist the teaching-learning process in the classroom. In this perspective, this work aims to develop a didactic sequence that provides the Physics teacher with subsidies so that he can teach his classes with structured and contextualized material and significant content for the student's learning. This didactic sequence (which addresses content related to Gravitation) was applied in a full-time high school in the state public network, more precisely in the first series of high school. The application was made over four weeks in November 2019. Each week was made up of two meetings, the first in a class (each class had an average of 50 minutes) and the second in two classes. The present material is based on active methodologies, more specifically PeerInstruction (IpC) - Peer instruction and on digital technologies such as Computer animations, with respect to the National Education Guidelines and Bases Act of 1996 - LDB (Law 9.394 / 96) and NCPs. This document is also based on three pillars of theories of meaningful learning, the first is Jerome Bruner with his theory of learning by discovery (learning of the constructivist nature), the second Levi Vygotsky with his sociointeractionist model and the third is David Ausubel with his model of subsunitors (prior knowledge). Thus, this apparatus (method) was applied in the classroom and promising results were observed so that it was possible to build an appropriate educational product for the Physics teacher to have a significant performance in his activities from this material in relation to the theme (content) discussed here. Therefore, from the computational animations associated with the IpC methodology, it was possible to change the dynamics of the classroom making the teaching-learning process more effective and raising the student's motivation in this context.

Keywords: didactic sequence, teaching physics, active IPC methodology, computational animations.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.2.1: Eric Mazur	26
Figura 2.2.2: Organograma de Eric Mazur para a condição da metodologia Peer Instruction.....	29
Figura 3.2.1: Figura 3.1 Jerome Bruner	33
Figura 4.1.1: Construção de uma elipse.....	40
Figura 4.1.2: (a) Órbita de Mercúrio. (b) Órbita do cometa Halley.....	41
Figura 4.1.3: Planeta de massa m_p orbitando o Sol de massa M_s	42
Figura 4.1.4: Formação geométrica do vetor posição e área infinitesimal.	43
Figura 4.1.5: Apogeu e perigeu de um planeta em torno do Sol.....	44
Figura 4.1.6: Movimento circular do planeta em torno do Sol.	45
Figura 4.2.1: Interação gravitacional entre os corpos m_1 e m_2	49
Figura 4.2.2: Esquema de interação gravitacional ente Sol e Terra.....	50
Figura 4.2.3: Intensidade da força com que a Terra puxa a maçã para baixo é a mesma com que a maçã puxa a Terra para cima.	53
Figura 4.3.1: (a) Vetores do campo gravitacional de uma massa uniforme e esférica variando em direção e módulo. (b) Vetores de campo gravitacional em uma pequena direção perto da superfície terrestre são uniformes (mesma direção e módulo).....	56
Figura 4.4.1: Uma bola de tênis (corpo de massa “ m ”) lançada verticalmente para cima a partir do solo.	57
Figura 4.4.2: Corpo de massa de “ m ” projetado para cima a partir da superfície terrestre e atinge sua altura máxima em velocidade final nula.....	60
Figura 5.2.1: Animações computacionais. Sistema Geocêntrico.....	63
Figura 5.2.2: Animações computacionais. Sistema Heliocêntrico.	63
Figura 5.2.3: Animações computacionais. Primeira lei de Kepler.....	64
Figura 5.2.4: Animações computacionais. Segunda lei de Kepler.....	64
Figura 5.2.5: Animações computacionais. Terceira lei de Kepler.....	65

Figura 5.2.6: Animações computacionais. Lei da Gravitação Universal de Isaac Newton.....	65
Figura 5.3.1: Exemplos de clickers.....	66
Figura 5.3.2: É a cartela de respostas via software que faz leitura das alternativas corretas. (b) A tela do aplicativo (Plickers) no instante que é feita uma leitura do código impresso em uma folha.....	67
Figura 5.3.3: Cartões respostas.	68
Figura 6.1.1: Primeira questão do teste de leitura com 92,85% de acertos.	71
Figura 6.1.2: Primeira questão principal resolvida durante a primeira votação.....	72
Figura 6.1.3: Segunda questão referente ao mesmo tópico após nova explanação pelo professor em classe.....	73
Figura 6.1.4: Primeira votação em relação à terceira (última) questão da primeira semana.	73
Figura 6.1.5: Discussão (IpC) entre os alunos após a primeira votação da última questão.	74
Figura 6.2.1: Questão respondida para o teste de leitura na primeira votação sobre as Leis de Kepler.....	76
Figura 6.2.2: Segunda questão principal na primeira votação.....	76
Figura 6.2.3: Acerto da maioria dos alunos em classe em relação ao terceiro exercício.....	77
Figura 6.2.4: Segunda votação em relação à quarta questão de sala.	78
Figura 6.3.1: Momento interativo entre os alunos durante a segunda questão.	80
Figura 6.3.2: Primeira votação em relação a terceira e última questão.....	81
Figura 6.4.1: Teste de leitura iniciando a quarta e última semana.	82
Figura 6.4.2: Discussão entre os alunos para a segunda votação em relação à primeira questão.....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores percentuais e numéricos obtidos ao longo das votações relativos à primeira semana de aplicação.....	74
Tabela 2: Valores percentuais e numéricos obtidos ao longo das votações relativos à segunda semana de aplicação.....	78
Tabela 3: Resumo dos números obtidos ao longo da terceira semana de aplicação.	81
Tabela 4: Resumo do quantitativo obtido na aplicação da quarta semana.	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.2.1: Trabalhos publicados sobre método ativos.	74
Quadro 6.1: Etapas da realização da Instrução pelos Colegas.....	78

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Ensino de Física no Brasil	18
1.2 Formação de Professores de Física no Brasil	20
2 METODOLOGIA ATIVA E PEER INSTRUCTION	23
2.1 Metodologias Ativas	23
2.2 A metodologia Peer Instruction – Instrução pelos colegas (IpC)	25
2.3 A Tecnologia no Ensino de Física	31
3 REFERENCIAIS PEDAGÓGICOS.....	32
3.1 Teorias da aprendizagem significativa	32
3.2 Teoria de Bruner (modelo metodológico).....	33
3.3 Aprendizagem por descoberta	35
3.4 Teoria de David Ausubel (modelo metodológico)	37
3.5 Teoria de Vygotsky	38
4 LEIS DE KEPLER E GRAVITAÇÃO UNIVERSAL.....	39
4.1 As três Leis de Kepler.....	39
4.2 Gravitação Universal de Isaac Newton.....	48
4.3 Campo gravitacional e campo de gravidade.....	54
4.4 Energia no Campo gravitacional.....	57
5 ELABORAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	62
5.1 Banco de questões conceituais e teste de leitura.....	62
5.2 Animação computacional.....	62
5.3 Dispositivos para votação	66
5.4 Slides para apresentação	68
5.5 Planos de aula	68
6 COMENTANDO ALGUNS RESULTADOS.....	69
6.1 SEMANA 1.....	71
6.2 SEMANA 2.....	75
6.3 SEMANA 3.....	79
6.4 SEMANA 4.....	81
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
REFERÊNCIAS.....	90
APÊNDICE.....	93
ANEXO A.....	94
ANEXO 2.....	103
ANEXO 3.....	105

1 INTRODUÇÃO

Ensinar Física nunca é uma tarefa simplória, principalmente quando queremos associá-la ao nosso contexto. Há um certo tempo tais dificuldades vêm sendo trazidas até a presente realidade, seja na educação básica ou na superior. Diante deste cenário, uma das maiores dificuldades encontradas pelos professores da Educação Básica (principalmente do Ensino Médio) são as desmotivações dos discentes. Mas, por que será? Alguns trabalhos científicos como exemplo, cito dois importantes trabalhos, um é a dissertação de Muller (2013) e o outro é o artigo de Silva *et al*: 2020) apontam que grande parte dessas desmotivações dos alunos está relacionada com as formas propostas de ensino, isto é, formas passivas sem quaisquer dinamismos de transmissão de conteúdo. Tudo isso nos faz acreditar que, conseqüentemente, os alunos, quase sempre, fazem associações do ensino da disciplina de Física com simplesmente memorização de equações matemáticas sem nenhum contexto com o seu cotidiano ou, principalmente, sem significado físico (CARVALHO *et al.*, 2018).

Neste segmento, dois grandes trabalhos são citados como apoio pedagógico no que se refere às práticas docentes em classe, um é o de Carvalho (2004), o qual afirma que os exercícios pedagógicos devem ser alterados a fim de tornar dinâmica a construção de conhecimentos que permitam a inclusão da consciência científica a partir de métodos diferenciados. Já o outro trabalho se refere a Demo (2007) o qual afirma que são de extrema importância, na prática docente, transformações pedagógicas mais sólidas e, que sejam inseridas a partir de diagnósticos e avaliações que se ajustem com a qualidade no âmbito educacional.

Segundo Sasseron (2018), tradicionalmente falando, as estratégias (ou métodos didáticos) didáticas adotadas para o Ensino de Física nas instituições de ensino são resumidas a aulas expositivas, onde o professor é simplesmente um transmissor de conhecimento que supostamente *explica* os conteúdos da disciplina e os estudantes são apenas expectadores passivos que, também supostamente, *aprendem* a matéria. Tais aulas estão focadas em listagens conceituais, cuja fundamentação teórica é debatida de forma muito superficial, além do uso excessivo de inúmeras fórmulas que devem ser decoradas e não deduzidas a partir de alguns conceitos ou relações fundamentais.

Tudo isso se dá devido à discordância com as mais modernas teorias de aprendizagem, associadas com a escassez de alguns recursos tecnológicos (Datashow e alguns equipamentos de multimídias) e metodológicos (laboratórios de Ciências e de Informática) de ensino. Então, todas essas dificuldades descritas têm causado grande defasagem no desempenho estudantil ao longo dessa trajetória em relação ao processo de aprendizagem (CARVALHO *et al.*, 2018).

No entanto, atualmente algumas metodologias de ensino vêm transformando o cenário educacional de diversas formas, melhorando a qualidade do ensino de Física. Tais metodologias são ditas **metodologias ativas**. E é justamente neste contexto que entram as tecnologias de ensino para se agregarem as novas metodologias.

Conforme Moran (2018), em sua obra, aprendemos a partir de alguém com maior experiência quando fala conosco e aprendemos quando fazemos descobertas mediante envolvimento direto, ou seja, experimentando e questionando (projetos, pesquisas, atividades, perguntas, dentre outros). Nós aprendemos a partir do nosso nascimento, desde as mais diversas situações concretas de nosso cotidiano. Aos poucos, vamos generalizando, ampliando (processo indutivo) e, depois do concreto, também aprendemos com as ideias, as teorias, aplicando e testando as mesmas (processo dedutivo), “[...] *não apenas para nos adaptarmos à realidade, porém, sobretudo, para promover transformações, para nela intervir, recriando-a*” (FREIRE, 1996, p. 28).

Ainda em Moran (2018) encontramos que o ato de aprender está associado ao aprendizado daquilo que é de nosso interesse, isto é, aquilo que se encontra em uma intrínseca repercussão, tudo o que se encontra nas proximidades do estágio de desenvolvimento em que nos encontramos. Bruner (1976), Dewey (1950), Piaget (2006), Vygotsky (1998), Ausubel *et al.* (1980), dentre outros e, de várias formas, têm apontado como cada ser humano (quer seja criança ou adulto) aprende ativamente, quando diante de um contexto onde se encontra, tudo aquilo que lhe seja significativo, relevante e equiparado em seu nível de competências.

Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC)¹ de 2017, na sociedade atual, existem vários exemplos que estão intimamente ligados aos fenômenos naturais e as tecnologias e, assim também como em nossa forma de agir, pensar e viver. Porém, grande parte das pessoas não faz uso no seu cotidiano de como proceder de forma científica em relação às situações problemas. Podemos citar, como exemplos, três situações básicas do nosso dia a dia: a primeira seria como fazer estimativas de aparelhos elétricos relacionadas a consumos mensais a partir das especificações. A segunda situação seria uma interpretação da leitura de uma bula de remédio ou de rótulos de produtos alimentícios. E por último, o entendimento dos princípios de funcionamentos de aparelhos domésticos (ar-condicionado, liquidificador, garrafas térmicas, dentre outros).

Ainda em relação ao documento da BNCC é apontado que,

Tanto os processos quanto as práticas de investigação merecem também destaque especial nessa área. Dessa forma, a dimensão investigativa das Ciências Naturais deve ser enfatizada com mais transparência dentro do Ensino Médio, aproximando os estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação, tais como: identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da análise de dados e informações sobre as temáticas da área. (2002, p. 550).

O objetivo desta dissertação, portanto, é apresentar um produto educacional em uma sequência didática cuja abordagem alternativa é trabalhar conteúdos relacionados com a temática Gravitação Universal ao longo do Ensino Médio mais precisamente na 1ª série. A escolha do tema de Física abordado para a aplicação do produto educacional se justifica pela sua relevância no cotidiano dos alunos e, além de sua vasta aplicabilidade nas tecnologias digitais de informação e ainda, é um tema que estimula a imaginação dos alunos. Neste contexto, o presente trabalho possui um caráter de correlacionar os assuntos abordados em sala de aula com o cotidiano dos estudantes. Desta forma, espera-se que a partir desse sequencial didático, os conteúdos abordados em sala tenham mais relevância e desperte no alunado um

¹ Documento que reúne os conteúdos mínimos a serem trabalhados ao longo das etapas da educação básica. O projeto existe desde a promulgação da Constituição Federal de 1988. No entanto, a sua primeira versão só foi publicada em 2015, e uma revisão ocorreu no ano seguinte.

maior interesse pela disciplina de Física e que esses estudantes possam adquirir conhecimento que contribua com a vida em sociedade.

Para melhor compreendermos a estrutura deste trabalho e dos conteúdos aqui abordados, foram feitas divisões em capítulos e seus respectivos tópicos. No **capítulo 1**, isto é, na introdução, são tratados dois tópicos: ensino de Física brasileiro e a formação de professores de Física no Brasil. O **capítulo 2** trata de toda abordagem da revisão bibliográfica que fundamentou esta dissertação em relação às metodologias adotadas na aplicação do produto educacional. O **capítulo 3** ocupa-se de todo aporte teórico das aprendizagens significativas que deram fundamento para a construção do presente trabalho. O **capítulo 4** mostra toda Física aplicada aos tópicos relativos às Leis de Kepler e da Gravitação Universal que foi abordado ao longo das aulas ministradas em classe. No **capítulo 5** temos toda a composição do material didático pedagógico que trata o produto educacional. Já no **capítulo 6** será apresentado os resultados da aplicação da pesquisa realizada em sala de aula. E por fim, o **capítulo 7** que apresenta as considerações. O produto educacional desta dissertação se encontra no **anexo 1** do presente documento.

Dessa forma, a intenção desta sequência didática é servir de subsídio para que o professor possa montar ou construir seu planejamento de aulas com mais eficiência e significado pedagógico em seu desempenho na sala de aula. E também fazer uso de novos métodos integrados às novas tecnologias que contribuem para um ensino mais eficaz na vida do estudante e, assim, o professor possa ser um transformador em sua missão dentro da sala de aula fazendo com que o aluno seja protagonista de seu próprio aprendizado.

1.1 Ensino de Física no Brasil

O ensino de Física, apesar de ter passado por algumas transformações ao longo dos séculos, ainda está em desacordo entre o que é ensinado em sala de aula e a realidade vivida pelos alunos. Atualmente, a sociedade vive em meio a uma enorme diversidade de informações, principalmente tecnológica. As pessoas fazem uso cada vez mais de contextos científicos, como por exemplo, o uso de aparelhos tecnológicos cada vez mais sofisticados. Dessa forma, o acesso a quaisquer tipos de informações e de qualquer área de estudo se torna muito mais fácil. No entanto, a escola de hoje ainda se adéqua a posturas “tradicionais” de ensino de Física. No caso,

tradicional no sentido de tempos remotos, onde prevalece um ensino distinto do que o estudante vive em seu meio social (Lúcia Sasseron, 2018).

Ainda de acordo com Sasseron (2018), o sentido de “tradicional” empregado aqui se associa a modelos e conceitos de conteúdos arcaicos, como, por exemplo: o magnetismo ainda está separado da eletricidade, átomos de elementos químicos ainda são formados por partículas indivisíveis (elétrons, prótons e nêutrons), as grandezas de tempo e espaço ainda são tratadas de formas absolutas, e assim por diante. Outro detalhe a ser considerado é o fato do professor ser o centro das atenções, e os alunos apenas meros agentes passivos no processo de ensino, ou melhor, na transmissão de conteúdo sem sentido de relação com o cotidiano do aluno.

Nesse contexto, Sasseron (2018) faz alguns questionamentos de como oferecer para o estudante subsídios necessários para que os mesmos possam ter condições de trabalhar seus conhecimentos juntos com as novas tecnologias que os cercam em seus cotidianos, tanto dentro como fora das instituições de ensino. Nas palavras de Sasseron,

Como formar estudantes capazes de compreender informações, de tecer relações entre temas de seu interesse, de julgar prós e contras frente às situações que vivenciam e que, de uma forma ou de outra, afligem sua vida, a sociedade e o ambiente? (2018, p. 1)

E é justamente neste sentido que se faz necessário uma formação desses cidadãos (alunos) para um mundo atualizado, globalizado. Dessa forma, eles possam fazer suas intervenções, viver e trabalhar em seu meio social de forma crítica, comprometida e responsável (Sasseron, 2018).

Sasseron (2018) ainda atenta para um texto da LDB (Lei de Diretrizes e Bases) para a Educação Nacional que diz respeito à obrigatoriedade e gratuidade da Educação Básica no Brasil. Nesse caso, o texto se associa ao planejamento e a organização de currículos escolares. Dessa forma, os principais objetivos traçados para a Educação Básica eram: a formação geral do indivíduo e a sua preparação para o mercado de trabalho, para a vida em sociedade. Então, a partir do texto acima,

Fica claro que, ao aspirar a esses dois segmentos de suma importância para a formação do estudante, espera-se contribuir para o desenvolvimento de habilidades que permitam a um indivíduo atuar em seu meio social atualizado. Isso implica a possibilidade de ele compreender, intervir, investigar e participar das discussões que envolvem sua realidade. Nesse sentido,

esferas morais de seu comportamento também precisariam receber atenção. (2018, p. 4)

Ainda conforme Sasseron (2018), outro conjunto de documentos de grande valia são os PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais) publicados da década de 1990. Esses documentos fazem orientações de currículos que estão além da simplicidade das listas associadas a meros conteúdos. Os PCNs trazem à baila situações associadas entre aspectos relacionados de conteúdos, de metodologias e ainda aspectos epistemológicos, os quais, obrigatoriamente, são de grande valia na elaboração e nos planejamentos de cursos e currículos.

Sasseron (2018) também reforça a importância relacionada às apresentações ideais de habilidades e suas respectivas competências desenvolvidas ao longo do processo de ensino/aprendizagem pelos alunos mediante aos objetivos que devem ser alcançados de forma geral, para que o estudante possa ter uma convivência social contemporânea de forma crítica e mais efetiva.

Então, diante de tudo que foi exposto acima acerca do Ensino de Física podemos perceber a grande dimensão estrutural no meio educacional que o mesmo desempenha. Sabemos que a Educação tem a missão crucial de desempenhar um papel fundamental na sociedade. A mesma presa pela a formação dos cidadãos, seja na vida profissional ou social. Dessa forma, é preciso que os investimentos das políticas públicas sejam cada vez mais eficazes e assim, possamos ter uma estrutura de educação de ensino mais promissora e qualificada.

1.2 Formação de Professores de Física no Brasil

Quanto ao processo de formação dos professores no Brasil, vem se tornando cada vez mais estudado, ampliado e também ganha grandes investimentos devidos às políticas públicas voltadas a essa ramificação educacional. No entanto, nem sempre foi assim. Muitas dificuldades foram encontradas em épocas mais remotas. E tais dificuldades ainda existem até os dias de hoje. Uma de várias deficiências que se encontra até a atualidade é o pouco investimentos em cursos de formação continuadas.

Conforme Garcia e Higa (2012) a importância da associação do ensino de Física, assim como o da Ciência em geral, com as novas tecnologias educacionais. Eles também citam que a constante preocupação entre a relação do ensino atrelado às tecnologias já vem de longo tempo, mais precisamente e principalmente desde meados do século passado. Então, segundo esses autores, a formação inicial e continuada de professores de Física, também se aplica às demais áreas do conhecimento, deve estar sob o investimento mais cuidadoso das políticas públicas governamentais. Tais investimentos contemplam principalmente cursos voltados para novas tecnologias e materiais didáticos mais estruturados ao longo de toda formação docente.

Conforme os escritos de Neto e Silva (2018), outra grande preocupação que acompanha todo esse processo de formação docente é forma de preparação dentro da Universidade. Nesse caso estamos falando principalmente sobre o currículo profissional do professor. Essa proposta curricular independe se a formação é feita em formato de Bacharelado ou Licenciatura em Física. Nesse caso, é onde analisamos como estão sendo tratadas ou interpretadas as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de graduação em Física.

Ainda de acordo com Neto e Silva (2018) citado acima, existe uma proposta de currículo para a graduação em Física que foi aprovada pela Câmara de Educação Superior (CES) sob as jurisdições do Conselho Nacional de Educação (CNE) que, a partir do parecer CNE/CES nº 1304/2001 de 07 de dezembro de 2001, é afirmado que, independentemente da área de atuação da formação do docente, o mesmo deve

[...] ser um profissional que, apoiado em conhecimentos sólidos e atualizados em Física, deve ser capaz de abordar e tratar problemas novos e tradicionais e deve estar sempre preocupado em buscar novas formas do saber e do fazer científico ou tecnológico. Em todas as suas atividades de investigação deve estar sempre presente, embora associada a diferentes formas e objetivos de trabalho.

O documento relativo à proposta curricular acima ainda destaca a importância de alguns perfis docentes quanto a sua diversificação de currículos propostos através de módulos complementares de um determinado núcleo básico de ensino. Apesar de se abordar um perfil docente geral, há algumas subdivisões em quatro perfis para um professor formado em Física, são eles: físico-educador, físico-interdisciplinar, físico-tecnólogo e o físico-pesquisador. Cada um desses perfis possui suas características

específicas, mas nos voltemos para a situação do físico-educador, que é o foco principal deste trabalho deve

Dedica-se preferencialmente à formação e à disseminação do saber científico em diferentes instâncias sociais, através da atuação no ensino escolar formal, seja através de novas formas de educação científica, como vídeos, “software”, ou outros meios de comunicação. Não se ateria ao perfil da atual Licenciatura em Física, que está orientada para o ensino médio formal.

Então, é imprescindível que o professor (físico-educador) em sua formação faça uso deste perfil, pois é a partir desta etapa que há um enquadramento do mesmo adquire uma visão mais ampla quanto ao seu exercício em sala de aula. E além desse perfil, também se faz necessário se adequar a algumas competências que busquem o domínio de fundamentos e princípios de Física, de forma que haja familiaridade com essas áreas, sejam elas modernas ou clássicas. Outra competência de fundamental importância a esse escopo seria a descrição e explicação dos fenômenos da natureza abordados em classe, assim também como seus processos e equipamentos de tecnologia, abordando conceitos sobre princípios Físicos. Dentre tantas outras competências a serem abordadas na escola, essas duas citadas foram apenas para que entendêssemos mais um pouco de suas importantes contribuições em todo o processo de ensino e aprendizagem nas instituições educacionais.

2 METODOLOGIA ATIVA E PEER INSTRUCTION

2.1 Metodologias Ativas

De acordo com Jardim, Silva e Barros (2018), há bastante tempo toda rede educacional, seja nacional ou internacional, vem buscando novas formas de melhorar as estratégias didáticas de ensino, dentro das instituições educacionais. No entanto, ainda se vê muitos estabelecimentos de educação empregar métodos “tradicionais” em suas salas de aula.

Mas, por outro lado, podemos ver que o avanço tecnológico está tomando um grande espaço em todas as áreas do conhecimento. Não é difícil perceber que os alunos da atualidade estão rodeados de grandes e boas tecnologias. E isso faz com que eles tenham mais facilidade e comodidade em enriquecer seus conhecimentos. Entretanto, é preciso que o professor também esteja engajado nesta atualização para que o processo de ensinar e de aprender possa ser significativo (ROCHA, 2018).

Com o advento da tecnologia o aluno passa a ocupar um lugar mais ativo, isto é, a forma como as aulas eram conduzidas, professor fala e o aluno apenas escuta e faz o que o professor pedir. Isso não faz sentido, pois o processo educacional efetivo se dá quando o aluno interage diante daquilo que se estuda. Ou seja, o discente não é mais um mero ouvinte (não é mais um ser passivo), sem interagir com o processo de aprendizagem (CAMPOS E ROCHA, 2018).

Neste contexto, surgem novas metodologias da aprendizagem que tornam o aprendizado do aluno mais efetivo e que auxiliam o professor a trabalhar as suas aulas, tornando assim todo o processo de ensino- aprendizagem mais dinâmico e satisfatório.

O conceito de metodologia ativa é bastante amplo e engloba diferentes práticas de ensino-aprendizagem dentro e fora da sala de aula. Segundo Renata Collor (2019), o princípio básico e comum a essas metodologias é fazer com que o estudante seja o protagonista das ações dentro e fora da sala de aula, participando assim, ativamente de todo processo educativo.

Ainda em Collor (2019) podemos observar que a ideia principal se apoia no estímulo de uma maior responsabilidade em relação ao aluno em sala de aula, o qual será responsável pela evolução do próprio saber.

Conforme Thuini e Daros (2018), atualmente, apesar de ouvimos e vemos muitas práticas pedagógicas desses métodos ativos em várias instituições de Ensino, no entanto, acerca dessas práticas, já se falava sobre suas matrizes de conceitos desde o início do século XX. Tudo se deu devido ao fato de necessidades de inovação das práticas de pedagogia em sala de aula.

De acordo com Daros (2018), dentre os principais autores que defenderam um processo educacional centrado na aprendizagem por meio das metodologias ativas, destaca-se John Dewey. O mesmo, nos anos de 1930 já tinha um enfoque na necessidade em diminuir os laços em relação à prática e a teoria.

Ainda em Daros (2018), as ideias de Dewey (1976) estavam centradas em uma situação em que o pensamento não deveria ocorrer separado da ação, sendo o docente, nesse caso, o responsável por apresentar os conteúdos em formato de situações/problemas. E neste sentido, o professor não deve fornecer, a princípio, soluções ou algum tipo de respostas já acabadas ou definidas. O ideal seria criar subsídios que promovam ao estudante a elaboração e o raciocínio dos conceitos estudados em sala de aula. Sendo feito esse procedimento, o aluno poderá, futuramente, contrapor esse processo com o conhecimento sistematizado.

Outra constatação muito importante e necessária sobre metodologias ativas, podemos encontrar em Filatro e Cavalcanti (2019), quando verificamos que esses métodos ativos de sala de aula também são adotados para o desenvolvimento de relevantes competências no século XXI dentro de três perspectivas, isto é, a **pedagogia**², a **andragogia**³ e a **heutagogia**⁴. No caso particular em relação ao processo educacional, a pedagogia é a que será caracterizada de forma mais adequada. Ainda nesse contexto, os autores acima citam um dos trabalhos de Bonwell e Erison que consiste na necessidade de que esses métodos ativos sejam compostos de duas grandes perspectivas fundamentais, isto é, a **ação** e a **reflexão**.

² Quase sempre integrada a educação tradicional de crianças e adolescentes e é adotada em várias abordagens da educação em situações ou contextos em que o professor tem papel principal na orientação das experiências de aprendizagens vivenciadas pelos estudantes.

³ É direcionada à educação exclusiva de adultos inseridos de forma particular no contexto trabalhista, levando-se em consideração aspectos tais como: experiências, motivações e necessidade de aprender.

⁴ Está associada às demandas do advento digital onde as informações disponíveis são muitas e os estudantes têm autonomia para decidir e avaliar o que, como e quando querem aprender.

De acordo com Bacich e Moran (2018), atualmente, ou seja, nos últimos anos, tem-se mostrado grande ênfase na combinação de metodologias ativas em contextos híbridos⁵, usando assim, as vantagens das metodologias indutivas e das dedutivas.

Ainda podemos encontrar em Bacich e Moran (2018) que a aprendizagem é ativa e significativa quando avançados em espiral, isto é: de níveis mais simples para mais elevados (de maiores complexidades) de conhecimentos e competência em todas as dimensões da vida.

Fausto Camargo (2018) também defende o uso das metodologias ativas no processo educacional. Ele aponta que devido ao fato das pessoas estarem cada vez mais conectadas, principalmente pelas mídias digitais de comunicação, o fator cultural e as trajetórias sociais tendem para um universo mais inter-relacionado. Nesse viés, com tantas mudanças, existe a necessidade de novas transformações no ambiente educacional de ensino, ou melhor, nas metodologias do processo de ensino-aprendizagem.

Dentre as principais metodologias ativas pesquisadas no presente trabalho, as que mais se destacaram foram *Peer Instruction* ou *Instrução pelo colegas (IpC)*, *Flipped Classroom* (sala de aula invertida) e *Just in time-teaching* (ensino sob medida). No caso desta dissertação, utilizamos uma dessas metodologias, no caso, a *Peer Instruction*, que tivemos como suporte principal a. A metodologia usada será tratada mais precisamente nas próximas secções logo em seguida.

2.2 A metodologia Peer Instruction – Instrução pelos colegas (IpC)

O método *Peer Instruction* (Instrução aos Pares, numa tradução literal) foi elaborado pelo professor Eric Mazur, da universidade de Harvard, nos Estados Unidos. Surgiu na década de 1990, após alguns anos de observações feitas pelo professor na própria sala de aula e tem alcançado grande sucesso nas universidades

⁵ O **ensino híbrido**, ou *blended learning*, é uma das maiores **tendências** da Educação do **século 21**, que promove uma mistura entre o **ensino presencial** e propostas de **ensino online** – ou seja, integrando a Educação à tecnologia, que já permeia tantos aspectos da vida do estudante.

norte-americanas (MAZUR, 2015). Aqui no Brasil já existem alguns grupos trabalhando com este método, por exemplo, na UFRGS⁶ e na UFV⁷.

Figura 2.2.1: Eric Mazur



Fonte: <https://salesmanagementconference.com/speaker/eric-mazur/>. Acessado em 21 de janeiro de 2020.

Mazur (2015) é considerado como um dos mais inovadores professores desta metodologia ativa. Também é tido como uma referência mundial em relação a esse processo de ensino ativo. Ela ainda demonstra que atividades mais dinâmicas, isto é, envolvente entre os estudantes provocam um maior desempenho no processo de ensino-aprendizagem. Mas todo esse fato se deu devido à insatisfação de Mazur em relação ao aprendizado de seus estudantes em sala de aula. Então, ele resolveu fazer algumas modificações relativas à suas práticas de ensino e extinguiu todo o processo de transmissão de conteúdos dentro da sala de aula.

Ainda em Mazur (2015), o novo método consistia na seguinte forma: todo o conteúdo teórico é passado para que os alunos o abordem em casa (a partir de livros textos, notas de aula, vídeos, etc.) e, com o auxílio de um computador, os alunos fazem discussões respondendo e comentando perguntas e/ou questões geradas pelo professor. Já em sala de aula, as mesmas lições são analisadas em conjunto, sendo desta vez associadas ou aplicadas à prática.

Devemos salientar que todo esse processo descrito anteriormente diz respeito à Educação Superior, pois a princípio, Mazur ministrava aulas nas turmas de

⁶ IMPEMENTAÇÃO DO MÉTODO DE ENSINO PEER INSTRUCTION COM O AUXÍLIO DOS COMPUTADORES DO PROJETO “UCA” EM AULAS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO. Ives Solano e Eliane Veit, 2012.

⁷ O PEER INSTRUCTION COMO PROPOSTA DE METODOLOGIA ATIVA NO ENSINO DE QUÍMICA. Alvaro Magalhães Neves *et al*, 2016.

graduação em Física, na disciplina de Introdução a Física. No entanto, posteriormente, seu trabalho se expandiu para os diversos níveis de ensino (principalmente no Ensino Médio). Em seu próprio livro intitulado *Peer Instruction: a revolução da aprendizagem ativa* (Mazur, 2015), ele fala que esse método pode ser adaptado às condições do docente em sala de aula.

Dessa forma, diante do que foi exposto acima, Mazur (2015, p. 9) ainda afirma que

[...] o problema é a apresentação tradicional do conteúdo, que consiste quase sempre no monólogo diante de uma plateia passiva. Somente professores excepcionais são capazes de manter os estudantes atentos durante toda uma aula expositiva. Mais ainda difícil dar oportunidades adequadas para que os estudantes pensem de forma crítica, usando os argumentos que estão sendo desenvolvidos. Conseqüentemente, as aulas expositivas simplesmente reforçam os sentimentos dos estudantes de que o passo mais importante para dominar o conteúdo ensinado está na resolução de problemas.

Segundo Mazur (2015), os objetivos básicos do método (IpC) estão associados às interações exploradas entre os alunos ao longo de cada aula expositiva e, também direcionar ou focar a atenção de tais alunos no que diz respeito aos conceitos que servem de embasamentos fundamentais. Isto é, no lugar de aulas extremamente detalhadas como em alguns livros textos ou em notas de aula, o professor apenas faz algumas considerações (apresentações mais curtas) sobre os principais pontos do conteúdo abordado em sala. Em especial, cada abordagem deve ser seguida de um teste conceitual, ou seja, questões curtas que abordem o assunto estudado. De início é dado um tempo para que os estudantes formulem suas respostas para, na sequência, fazerem a discussão entre si.

Os testes conceituais possuem, genericamente, a seguinte formatação:

- Proposição da questão (1 minuto)
- Tempo para os alunos pensarem (1 minuto)
- Os estudantes anotam suas respostas individuais (opcional)
- Os estudantes convencem seus colegas (Peer Instruction) (1 - 2 minutos)
- Os estudantes anotam a correção das respostas (opcional)
- Feedback para o professor: registro das respostas
- Explicação da resposta correta (aproximadamente 2 minutos)

Eis a essência da Peer Instruction: alterar a dinâmica da sala de aula para que os alunos auxiliem uns aos outros no entendimento dos conceitos e, em seguida, sejam conduzidos pelo professor no aperfeiçoamento desse aprendizado por meio de questões dirigidas.

Para tanto, os alunos passam por uma fase preparatória em que realizam algumas leituras pré-aula. Já apropriados desse material quando encontram o professor, respondem a questões de múltipla escolha. Com base nos “votos”, o professor direciona os pontos que precisam ser mais bem enfatizados para o aprendizado dos estudantes.

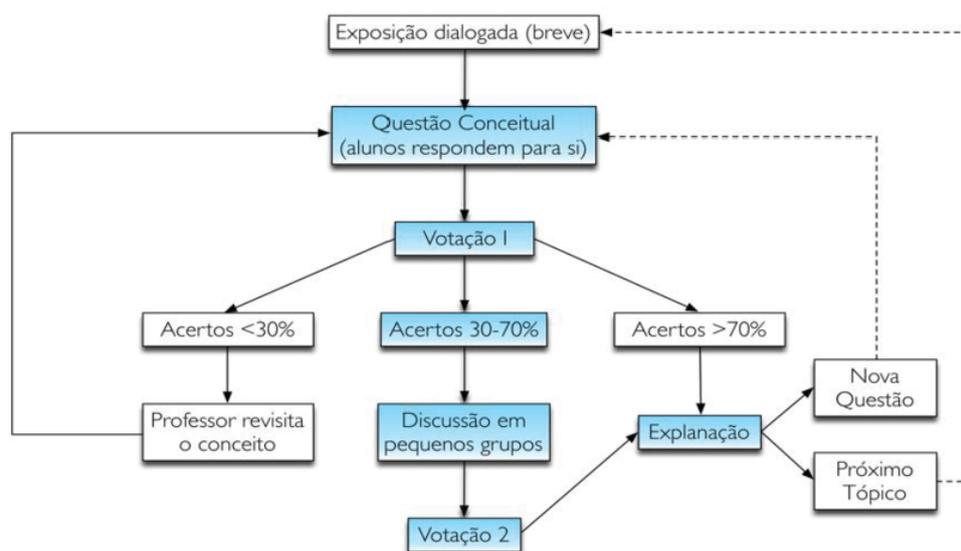
Esse método está embasado em nove passos importantes para o seu funcionamento, são eles:

- 1° Uma curta apresentação oral sobre os elementos centrais de um dado conceito ou de uma dada teoria é feita por cerca de vinte minutos;
- 2° Uma pergunta de múltipla escolha, geralmente conceitual, denominada Teste Conceitual, é colocada aos alunos sobre o conceito (teoria) apresentado na exposição oral;
- 3° Os alunos têm entre um e dois minutos para pensarem silenciosamente sobre a questão apresentada;
- 4° Os estudantes registram suas respostas individualmente e as mostram ao professor, usando algum sistema de respostas (*ex.*, *Plickers*, *clickers* ou *flashcards*);
- 5° De acordo com a distribuição de respostas, o professor pode passar para o passo seis (quando a frequência de acertos está entre 35% e 70%), ou diretamente para o passo nove (quando a frequência de acertos é superior a 70%);
- 6° Os alunos discutem a questão com seus colegas por um a dois minutos;
- 7° Os alunos registram sua resposta revisada e as mostram ao professor, usando o mesmo sistema de respostas do passo 4;
- 8° O professor tem um retorno sobre as respostas dos alunos a partir das discussões e pode apresentar os resultados para os alunos;

9° O professor, então, explica a resposta da questão aos alunos e pode ou apresentar uma nova questão sobre o mesmo conceito ou passar ao próximo tópico da aula, voltando ao primeiro passo.

E para uma melhor compreensão desse método, o organograma abaixo detalhará melhor todo o procedimento.

Figura 2.2.2: Organograma para a metodologia IpC, mostrando as etapas previstas de acordo com as porcentagens de acertos nos testes conceituais.



Fonte: ResearchGate⁸.

A respeito desta metodologia ativa de Mazur, no Brasil, já existem algumas aplicações desse método em algumas instituições de ensino. O quadro abaixo resume uma pequena compilação de alguns trabalhos existentes sobre as metodologias ativas.

Quadro 2.2.1: Trabalhos publicados sobre método ativos.

Autores	Título do Trabalho
Azevedo	Ensino da Terminologia Utilizando a Metodologia Peer Instruction
Araújo et al	Uma associação de método Peer Instruction com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa
Celêndio	Uma proposta de sequência didática para o Ensino de eletricidade e o uso consciente da energia elétrica
Oliveira et al	Os fenômenos de difração e interferência de ondas com o método Peer Instruction

⁸ Disponível em < https://www.researchgate.net/figure/Diagrama-do-processo-de-implementacao-do-metodo-IpC-Peer-Instruction-Em-destaque-a_fig1_271159062 > Acessado em 04/06/2019 às 05h:33.

Gonçalves	Metodologias Interativas de Ensino na formação de professores de Física: UM ESTUDO DE CASO COM PEER INSTRUCTION.
Neves et al	O PEER INSTRUCTION COMO PROPOSTA DE METODOLOGIA ATIVA NO ENSINO DE QUÍMICA
Araújo e Veit	Implementação do Método de Ensino Peer Instruction com o auxílio dos computadores do projeto “UCA” em aulas de Física do Ensino Médio.
Araújo e Mazur	Instrução pelo colegas e Ensino sob Medida: UMA PROPOSTA PARA O ENGAJAMENTO DOS ALUNOS NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA ⁺ .
Schell et al	Uma revisão da literatura acerca da implementação da metodologia interativa de ensino Peer Instruction (1991 a 2015)
Jardim et al	Abordando os fenômenos de difração e interferência de ondas com o método da instrução pelos colegas (Peer Instruction)

Fonte: Autor (2021).

Então, como podemos perceber temos um amplo estudo que fundamenta o uso de aplicação da metodologia ativa de Mazur. Dentre várias obras acerca de metodologias ativas, citamos dez exemplos de publicações. Pode ser visto em Mazur (2018) que toda essa proposta didática de ensino começou dentro da universidade e depois foi se difundindo para o Ensino Básico em várias instituições educacionais.

Diante da experiência vivenciada neste trabalho, podemos perceber que esta metodologia apresenta alguns benefícios como:

- Despertar o engajamento do aluno;
- Estimula que o aluno assuma uma postura proativa;
- Confirma a tendência das metodologias ativas de aprendizagem;
- Agrega o uso de novas tecnologias de ensino;
- Torna o aluno mais comprometido com os estudos;
- Fortalece o processo de ensino e aprendizagem;
- Dá mais ênfase na efetivação do conhecimento adquirido;

2.3 A Tecnologia no Ensino de Física

Segundo Rocha (2018), ao longo destes últimos anos, o impulso, ou o avanço das novas tecnologias em campos de comunicação e de informação coloca as instituições de ensino (escolas, universidades) sob pressão de mudanças em relação ao processo de ensino-aprendizagem.

Em Moran e Bacich (2018) é possível observar que as novas tecnologias digitais estão cada vez mais presentes nos ambientes escolares. Tais tecnologias de redes móveis associadas às competências digitais são componentes imprescindíveis para uma educação mais ampla e efetiva, isto é, uma educação plena. Sem esses meios tecnológicos os alunos perdem de adquirir muito mais informações, materiais didáticos, de fazer publicações de suas ideias, dentre outros.

Nas palavras de Almeida e Valente (2012, p. 60) também podemos perceber que as tecnologias

[...] propiciam a reconfiguração da prática pedagógica, a abertura e a plasticidade do currículo e o exercício da coautoria de professores e alunos. Por meio da mídiatização das tecnologias de informação e comunicação, o desenvolvimento do currículo se expande para além das fronteiras espaço-temporais da sala de aula e das instituições educativas; supera a prescrição de conteúdos apresentados em livros, portais e outros materiais; estabelece ligações com os diferentes espaços do saber e acontecimentos do cotidiano; e torna públicas as experiências, os valores e os conhecimentos, antes restritos ao grupo presente nos espaços físicos, onde se realizava o ato pedagógico.

Então, diante desse contexto, segundo Machado, Ferreira e Mill (2018) em seu artigo, o uso de tecnologias digitais inicia uma busca para uma oferta de subsídios ou possibilidades que contribuam para diminuir ou sanar dificuldades relacionadas aos conhecimentos sobre Física. Esse processo se dará através de tentativas, estimulando a aprendizagem a partir de ferramentas que possam ser viáveis para uma exploração mais sólida sobre os conceitos Físicos. Como exemplos, podemos citar alguns, isto é; games, animações, simulações, softwares, aplicativos, ambientes virtuais, recursos de robótica, materiais didáticos associados a mídias digitais, recursos audiovisuais, dentre outros.

3 REFERENCIAIS PEDAGÓGICOS

3.1 Teorias da aprendizagem significativa

Esta sequência didática se fundamenta a partir das grandes teorias da aprendizagem.

Entre as principais teorias de aprendizagem, **temos** a teoria **Comportamentalista** (Pavlov, Skinner e Watson), a **Humanista** (Maslow, Wallon e Rogers) e a **Cognitivista** (Vygotsky, Ausubel, Bruner, Piaget e Gardner). Este trabalho será fundamentado principalmente pela teoria da aprendizagem Cognitivista.

Esta teoria defende a ideia de que a capacidade daquele que aprende (o aluno) coisas novas possui uma dependência direta dos conhecimentos já internalizados (conhecimentos prévios) por ele. Para estes teóricos, se faz necessário uma investigação de quais os saberes do aluno acerca do conteúdo que será abordado em sala de aula. Depois, deve-se auxiliar o aluno para que ele consiga sistematizar e organizar os novos conhecimentos, através de associações com o seu conhecimento prévio e aplicá-los em seu cotidiano.

Outra importante característica da abordagem cognitivista pode ser encontrada em Nicoletti Mizukami (2013, p.59) que diz: *“Uma abordagem cognitivista implica, entre outros aspectos, se estudar cientificamente a aprendizagem como sendo mais que um produto do ambiente, das pessoas ou de fatores que são externos ao aluno.”*

Dentre os autores citados da corrente cognitivista, o que mais contribuiu neste trabalho foi a teoria de Jerome Bruner, principalmente devido aos quatro princípios de sua teoria.

3.2 Teoria de Bruner (modelo metodológico)

De acordo com Maria Lema (2011), em seu artigo: Jerome Seymour Bruner⁹: o ensino e suas formas, , dentre várias qualidades de Bruner como educador e cientista, duas delas são apontadas em seu trabalho, isto é: a primeira é sobre o cuidado que ele recomenda ao conduzir o processo de ensino-aprendizagem (que é o abordado aqui neste trabalho) e a segunda está associada à defesa do objeto de estudo da psicologia, ou seja, a mente do estudante junto com a atribuição de significados à experimentação.

Figura 3.2.1: Jerome Bruner



Fonte: <https://www.washingtonpost.com/national/jerome-s-bruner>

Conforme aponta Lino (2018), o progresso das pesquisas de Bruner forneceu subsídios para confrontar a teoria do behaviorismo a qual se limita apenas na análise dos fenômenos observacionais do estudante. Sua grande preocupação em relação à qualidade do processo educacional de sua época tinha o interesse pela forma como o sujeito aprende.

Então, dentro dessa perspectiva, Bruner sugere quatro princípios básicos que influenciam no processo de ensino/aprendizagem nas instituições de ensino. São eles:

⁹ Nascido em Nova York (1915 -2016), nos Estados Unidos da América foi professor de Psicologia em Harvard e Oxford (Inglaterra). Escreveu várias obras sobre Educação e foi um dos pioneiros nos estudos da Psicologia Cognitiva que é um dos principais pilares de sua teoria. Uma de suas principais obras foi *Uma Nova Teoria da Aprendizagem* de 1976.

1º Princípio

Motivação: especifica as condições que predispõem um indivíduo para a aprendizagem.

Bruner insiste que só através da motivação intrínseca se sustém a vontade de aprender, contudo não põe de parte a noção de reforço ou recompensa externa em que acredita que pode ser importante para iniciar determinadas ações ou assegurar que estas sejam repetidas.

2º Princípio

Estrutura: afirma que qualquer corpo de conhecimentos, pode ser organizado de uma forma ótima para ser transmitido e compreendido por praticamente qualquer aluno.

Para Bruner, a estrutura de qualquer corpo de conhecimentos pode ser caracterizada de três formas:

Modo de apresentação

O modo de apresentação refere-se à técnica, ao método pelo qual a informação é comunicada.

Economia da Apresentação

A economia na comunicação de um corpo de conhecimentos depende da quantidade de informação que o aluno tem de reter para poder continuar a aprender. Quanto menos informação, menos os fatos e maior a economia.

Poder de apresentação

De acordo com Bruner, a natureza é simples, dessa forma, para ser poderosa, uma apresentação de algum aspecto da natureza terá de refletir a sua simplicidade.

3º Princípio

Sequência: em que o grau de dificuldade sentido pelo aluno ao tentar dominar uma matéria depende, em larga medida, da sequência em que o material é apresentado.

Como Bruner acredita que o desenvolvimento intelectual ocorre de acordo com uma sequência inata, movendo-se da representação motora para a icónica até à simbólica, então é altamente provável que esta também seja a melhor sequência para qualquer matéria.

Representação motora

A representação motora é necessária às crianças muito pequenas, que conseguem compreender melhor as coisas em termos de ações.

Representação icónica

Esta representação pode ser utilizada com crianças um pouco mais velhas. Aprendem a pensar a nível icónico quando os objetos são concebidos na ausência da ação.

Representação simbólica

A representação simbólica pode ser utilizada no estágio em que as crianças conseguem traduzir a experiência em termos de linguagem, permitindo que estas comecem a fazer derivações lógicas e a pensar de forma mais compacta.

4º Princípio

Reforço: a aprendizagem requer reforço. Para atingir a mestria (a virtuosidade) de um problema, temos de receber informação retroativa sobre o que estamos a fazer.

A altura em que o reforço é dado é crucial para o sucesso da aprendizagem, assim como o reforço deve ser dado de uma forma compreensível para o adulto (Lino, 2018).

3.3 Aprendizagem por descoberta

Para Bruner, podemos aprender por recepção, assimilando saberes que nos são dados ou descobrindo esses saberes (Sucupira, 2018). Em sala de aula, a aprendizagem por descoberta sempre se constitui de forma desafiadora para os docentes, os quais se questionam como se deve proceder os meios mais adequados para as programações previstas dentro do currículo da escola em relação a essa metodologia. No entanto, ainda podemos encontrar nessa mesma autora o fato de

que o aprendizado por descoberta em várias situações é muito amplo, vago, ou desconhecido e até mesmo indefinido.

Ausubel, ainda que parcialmente, tem apreço pelo método de aprendizagem por descoberta, uma vez que na maior parte essa metodologia é compreendida exclusivamente pelos alinhamentos do pensamento de Bruner. Nesse contexto, os autores concordam que nessa metodologia o assunto a ser aprendido não seja dado como um produto finalizado, acabado, porém que seja descoberto pelo próprio aluno. Nesse sentido, Bruner e Ausubel salientam que a figura do professor é de extrema importância, pois é ele quem irá guiar o aluno pela tarefa de aprender por descoberta. O aluno por si só, mesmo estando ele munido de potencialidades intelectuais não será capaz de desenvolver aprendizado significativo, pois irá se perder e acabar percorrendo um caminho em círculos, deixando assim de aproveitar as percepções e intuições (Sucupira, 2018, p. 104).

Apesar de Bruner salientar uma delimitação no âmbito uso correto da aprendizagem por descoberta, ele acredita que a motivação (intrínseca ou extrínseca) seja um fator de potencialidade crucial que o professor pode perceber em seus alunos (Sucupira, 2018).

Assim, para finalizar esta breve discussão acerca da aprendizagem por descoberta, não que seja de forma definitiva, porém, com contribuições que mostrem que essa metodologia seja uma prática pedagógica importante e eficaz no âmbito escolar, apesar de não ser a única alternativa metodológica de ensino.

3.4 Teoria de David Ausubel (modelo metodológico)

Conforme MIRANDA (2018), David Paul Ausubel¹⁰ foi psicólogo e sua grande ênfase era que a chave para o sucesso da aprendizagem significativa estava justamente no conhecimento prévio do aluno.

Ainda de acordo com MIRANDA (2018) o grande pivô para Ausubel dentro da sala de aula seriam as práticas escolares, ou seja, o aluno deve se comprometer mais intensamente em todos os momentos efetivados pelo professor em sala. No entanto, para que o sucesso da aprendizagem seja alcançado com eficiência é preciso que o professor seja comprometido ao longo do processo. Nesse contexto, o teórico defende que o aluno aprende algo a partir daquilo que já tenha algum conhecimento (daquilo que ele já sabe). Ele também mostra características para que tal aprendizado seja concretizado. Outro fator muito importante apontado pela proposta de Ausubel é o fato da motivação do aluno em relação a seu aprendizado pelo professor. No entanto, o docente deve estar ciente da importância do seu empenho para o ensino. Por fim, essa teoria defende o compromisso do professor no processo de ensino e que suas aulas se adequem em um formato expositivo.

Nesse contexto, de acordo com Miranda (apud Sucupira Lins, 2018), o processo de ensino e aprendizagem ganha sentido na fala do professor quando sua aula é expressa em formato expositivo. Dessa forma, como a aula deve ser significativa para os alunos, o professor deve estar de posse de um interesse muito expressivo, ele deve fazer uso de toda empolgação para instigar os que ouvem sua voz em sala. É o docente quem incentiva, o mesmo deve fazer sempre o uso da motivação para os aprendizes recebam uma formação de qualidade. No entanto, para que todo esse processo seja realizado com sucesso, é necessário que haja um material didático pedagógico compatível com as condições de compreensão dos alunos.

¹⁰ Nascido em Nova York (1918 -2008), nos Estados Unidos da América foi Psicólogo da Educação. Fez várias contribuições para a Educação e foi um dos apoiadores sobre os estudos da Psicologia Cognitivista e Construtivista. **Aprendizagem significativa** (conceito de subsunçores) é o aspecto central de sua teoria da aprendizagem.

3.5 Teoria de Vygotsky

Conforme aponta MOREIRA, em relação a Lev Vigotskiy,¹¹ a ideia do interacionismo dele é promover a interação social de homem e meio, que é onde ocorre todo processo de desenvolvimento em um ambiente socializado. E essa interação em sociedade é um canal de extrema importância para que se alcance a obtenção de experiências pelo ser de cada um (introspectiva) e por situações experimentais que represente a linha de pensamento e comportamento de mundo exterior (1985 apud ORNELLAS, 2018, p. 49).

O desenvolvimento de cognição de um sujeito que está a aprender quase que exclusivamente do seu meio de convivência na sociedade (o que chamamos de processo de mediação), nesse contexto, existem três elementos fundamentais que sustentam o desenvolvimento de cognição daquele que aprende, isto é, a origem, a natureza e os elementos intrínsecos ao próprio ser humano. Também temos que levar em consideração aspectos como signos e instrumentos (“alguma coisa que possa ser útil para fabricar algo, como por exemplo: a prática comportamental do homem em seu meio ambiental, o desenvolvimento tecnológico de comunicação, etc,...”) que dentro do processo de mediação eles se envolvem. Eles são fundamentais para o desenvolvimento da compreensão do sujeito. Ainda dentro da teoria de Vygotsky podemos encontrar um aspecto muito importante para analisar o desenvolvimento de cognição humanísticos, ou seja, esse aspecto é conhecido como método genético-experimental (apud ORNELLAS, 2018, p. 50).

¹¹ Nascido em Orsha, Império Russo, atual Bielorrússia (1896 - 1934), foi Psicólogo e importante pensador de sua época, foi pioneiro no conceito de que o desenvolvimento intelectual das crianças ocorre em função das interações sociais e condições de vida. A mediação, de acordo com ele, é a capacidade de colocar um intermediário entre o sujeito e o objeto.

4 LEIS DE KEPLER E GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

4.1 As três Leis de Kepler

O movimento aparente e aleatório dos planetas com relação às estrelas, desde os tempos remotos, deixou os observadores do céu bastantes intrigados. Kepler¹² teve a posse dos dados astronômicos de seu mentor Brahe¹³, e foi a partir desses dados que ele se dedicou para obter as suas três leis do movimento planetário. De forma simplificada, iremos determinar a seguir as três leis para o movimento dos planetas.

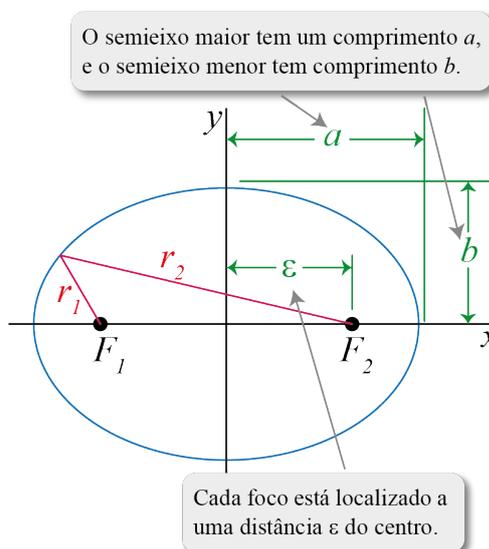
A geometria de uma elipse, que serve como nosso modelo geométrico para a órbita elíptica de um planeta é mostrada na figura abaixo (figura 4.1.1). A definição de uma elipse é obtida, matematicamente, a partir da escolha de dois pontos F_1 e F_2 , cada um dos quais é chamado foco, e então é desenhada uma curva através dos pontos para a qual a soma das distâncias r_1 e r_2 de F_1 e F_2 , respectivamente, é uma constante. A maior distância através do centro entre os pontos da elipse (passando em cada dos focos) é chamada eixo maior, e essa distância tem valor de $2a$, onde a é a distância chamada de semieixo maior da elipse. Ainda nessa figura, podemos observar que o eixo principal é desenhado ao longo da direção de x . Analogamente, a menor distância passando pelo centro entre os pontos da elipse é chamada eixo menor, de comprimento $2b$, em que a distância b é o semieixo menor. Qualquer um dos focos da elipse está localizado a uma distância c do centro da elipse, em que $a^2 = b^2 + c^2$. Na órbita elíptica de um planeta em torno do Sol, esse está em um dos focos da elipse. Não há nada no outro foco. A excentricidade de uma elipse é definida como $e = c/a$ e descreve a forma geral da elipse. Para um círculo, temos $c = 0$ e, portanto, excentricidade nula. Quanto menor for b em comparação com a , menor será a elipse ao longo da direção y em comparação com sua extensão na direção x (figura 4.1.1). Quando tamanho de b diminui, o de c aumenta, e aumenta a excentricidade e . Portanto, os maiores valores de excentricidade correspondem a elipses longas e

¹² Johannes Kepler foi um astrônomo alemão (1571- 1630). Nascido cidade de Weil der Stadt. Publicou várias obras sobre os movimentos planetários, sendo sua principal obra **Harmonia do mundo**, conhecida como a **terceira lei de Kepler**.

¹³ Tycho Brahe importantíssimo astrônomo dinamarquês (1546-1601). nascido em Knudstrup, norte da Dinamarca. Em 1574 publica sua principal obra: *De nova Stella* ("Sobre a nova estrela").

estreitas. O intervalo de valores da excentricidade de uma elipse é $0 < e < 1$ (Serway e Jewett, 2014).

Figura 4.1.1: Construção de uma elipse.



Fonte: Adaptado: Serway e Jewett, 2014.

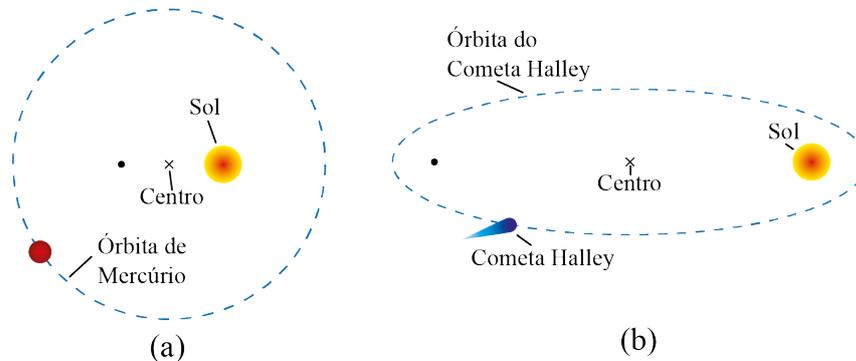
Dessa forma, a **primeira lei de Kepler** diz que:

“Todos os planetas se movem em órbitas elípticas, estando o Sol em um ponto de convergência (em um dos focos da elipse).”

A excentricidade da órbita de cada um dos planetas do Sistema Solar possui algumas variações de acordo com a situação de cada planeta. Podemos tomar como exemplo a excentricidade da órbita da Terra que é de 0,017, o que a torna quase uma órbita circular. Em contrapartida, a excentricidade da órbita de Mercúrio é de 0,21, sendo a maior dos oito planetas do Sistema Solar. Na Figura 5a podemos ver uma elipse com a excentricidade da órbita de Mercúrio. Note que é realmente muito difícil diferenciar até mesmo essa órbita de maior excentricidade de um círculo perfeito, esta é uma das razões que faz da Primeira Lei de Kepler um feito absolutamente incrível e admirável. Já no caso do cometa Halley, sua excentricidade de órbita vale 0,97, descrevendo uma órbita cujo principal eixo é muito maior que seu eixo menor (Figura 4.1.2 b). Como resultado, o cometa Halley passa boa parte do seu período muito distante, isto é, de 76 anos longe do Sol e invisível a partir da Terra (Serway e Jewett, 2014).

Figura 4.1.2: (a) Órbita de Mercúrio. (b) Órbita do cometa Halley.

O sol está localizado em um dos focos da elipse. Não há nada físico localizado no centro (ponto de cruz) ou no outro foco (ponto mais escuro)



Fonte: Adaptado: Serway e Jewett, 2014.

As figuras 4.1.1 e 4.4.2 estão fora de escala e consideramos que m orbita em torno de M , isto é, $M \gg m$. Nesse caso temos um sistema simplificado e de mais fácil entendimento.

Dando continuidade ao estudo das leis do movimento dos planetas, será enunciada e obtida a segunda lei de Kepler e algumas de suas consequências.

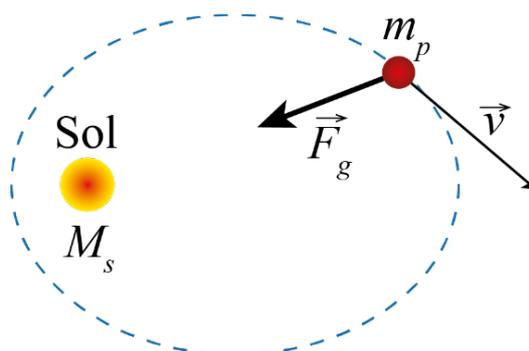
Enunciado da segunda lei de Kepler diz que:

“O raio do vetor traçado do Sol a qualquer planeta descreve áreas iguais em intervalos de tempo iguais”.

Neste próximo passo, iremos obter a segunda lei de Kepler a partir do princípio de conservação do momento angular.

Supondo um planeta de massa m_p e que está orbitando em torno de seu Sol (figura 4.1.3). Seja a força gravitacional atuante no planeta direcionada ao longo de r para o Sol.

Figura 4.1.3: Planeta de massa m_p orbitando o Sol de massa M_s .



Fonte: Adaptado Serway e Jewett, 2014.

Sendo a gravidade uma força central, o somatório de todos os torques exercidos pelo planeta é nulo. Também podemos observar que nesse caso, a força gravitacional é paralela ao vetor posição \vec{r} . A equação abaixo nos mostra esta situação. Assim, temos,

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \quad \text{Erro! Indicador não definido. (4.1.1)}$$

Onde $\vec{\tau}$ é o torque do sistema e \vec{F} é a força gravitacional que atua no planeta. Aqui, devemos levar em consideração que apenas o Sol exerce força de gravidade no planeta de massa m_p . O momento angular é dado pela equação (4.1.2).

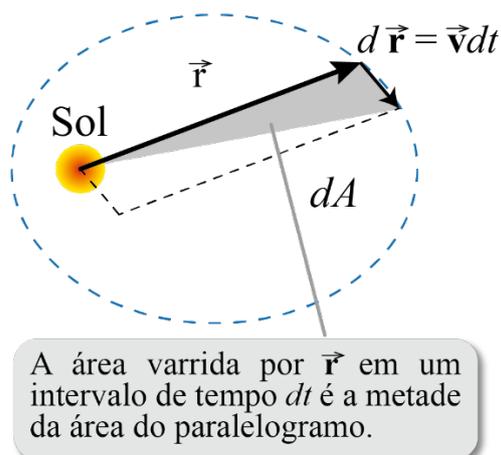
$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} \quad (4.1.2)$$

Então, se $\vec{\tau} = 0$, o momento angular (\vec{L}) do sistema é conservado. Sendo \vec{p} o momento linear do planeta e \vec{r} o raio vetor da posição. Dada as condições de conservação do sistema, podemos escrever (4.1.1) da seguinte forma:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \dot{\vec{L}} = \vec{\tau} \quad (4.1.3)$$

Na figura 4.1.4, no intervalo de tempo dt , o vetor \vec{r} (raio) varre uma área infinitesimal equivalente a dA , o que vale a metade da área de $|\vec{r} \times d\vec{r}|$ que é formada pelo paralelogramo dos vetores \vec{r} e $d\vec{r}$.

Figura 4.1.4: Formação geométrica do vetor posição e área infinitesimal.



Fonte: Adaptado de Serway e Jewett, 2014.

Sendo dt muito pequeno, podemos escrever a seguinte expressão:

$$d\vec{r} = \vec{v}dt \quad (4.1.4)$$

Nesse caso, o que nos interessa é a unidade de área varrida por unidade de tempo, pois dizer áreas iguais são percorridas em tempo iguais é o mesmo que dizer que área dividida por tempo (A/t) é uma constante, ou ainda, a taxa de variação temporal da área varrida pelo vetor posição é fixa. Então, matematicamente, podemos escrever:

$$dA = \frac{1}{2} |\vec{r} \times \vec{v}| dt \quad (4.1.5)$$

Agora, se multiplicarmos e (4.1.5) por m_p/m_p (massa do planeta) temos,

$$dA = \frac{1}{2} |\vec{r} \times \vec{v}| dt \frac{m_p}{m_p}$$

$$\frac{dA}{dt} = \frac{1}{2} |\vec{r} \times \vec{v}| \frac{m_p}{m_p}$$

$$\frac{dA}{dt} = \frac{1}{2} |\vec{r} \times \vec{v} m_p| \frac{1}{m_p}$$

$$\frac{dA}{dt} = \frac{1}{2} |\vec{r} \times \vec{p}| \frac{1}{m_p}$$

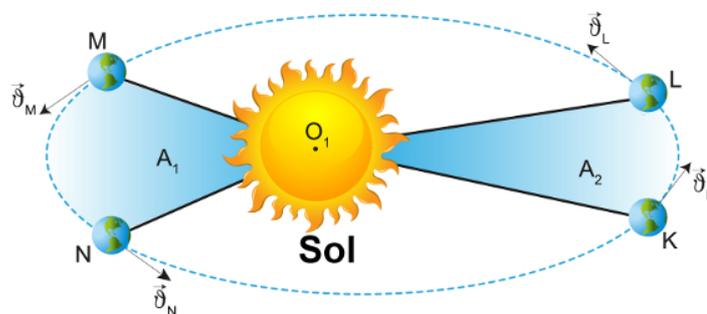
$$\frac{dA}{dt} = \frac{1}{2m_p} |\vec{L}| \quad (4.1.6)$$

Se notarmos na terceira passagem, podemos perceber que aparece um termo dentro no módulo, isto é, $\vec{v}m_p$, esse termo representa o momento linear (\vec{p}) que aparece na equação (4.1.2). O momento linear é dado por $\vec{p} = m\vec{v}$ e m é a massa e \vec{v} é o vetor velocidade. Outro detalhe está escrito na penúltima passagem (quarta linha da resolução).

Portanto, a taxa de variação temporal da área pelo vetor posição é proporcional ao módulo do momento angular. Sendo este último conservado (força central), a relação da equação (4.1.6) é fixa.

Uma importante consequência desse resultado é o fato da existência da variação da velocidade em pontos diferentes na órbita do planeta (figura 4.1.5) em torno do Sol.

Figura 4.1.5: Apogeu e perigeu de um planeta em torno do Sol.



Fonte: InfoEscola¹⁴.

Então, em uma análise matemática podemos perceber que no trajeto do arco que vai de M até N , que corresponde a área A_1 (figura 4.1.5) o planeta se desloca com maior velocidade e no arco que vai de K até L (área A_2) o planeta se desloca com menor velocidade. Essa situação é uma consequência do fato de o planeta percorrer áreas iguais em tempos iguais, nesse caso há uma compensação de velocidade para

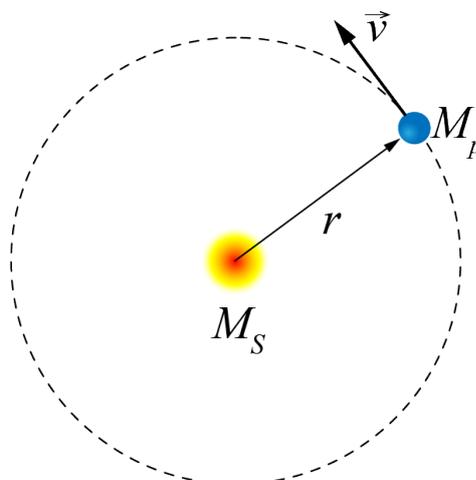
¹⁴ Disponível em < <https://www.infoescola.com/fisica/segunda-lei-de-kepler/> > Acessado em 12/06/2020 às 23h:09.

cada área percorrida. O ponto de trajetória mais próximo do Sol recebe o nome de *Perigeu* (ou Periélio) e o mais afastado *Apogeu* (ou Afélio).

Outra importante consequência relacionada a órbita elíptica do trajeto de um planeta é o fato da diminuição de sua energia cinética devido ao retardamento de seu movimento (desacelerado) ao se direcionar do periélio para o afélio. Fazendo o sentido contrário, o planeta aumenta sua energia cinética, pois ele ganha aceleração em seu movimento.

Para finalizar esta seção, vamos demonstrar e enunciar a terceira lei de Kepler para o movimento planetário. Inicialmente, por questões de praticidade, vamos utilizar uma órbita circular para deduzir a terceira lei, porém podemos estender o resultado para uma elipse, como de fato é! Nesse caso, iremos fazer uso da lei do inverso do quadrado da distância para uma órbita circular. De acordo com a figura abaixo (figura 4.1.6) M_p é a massa do planeta que órbita o Sol de massa M_s .

Figura 4.1.6: Movimento circular do planeta em torno do Sol.



Fonte: Serway e Jewett, 2014.

Também iremos considerar que o planeta se movimenta de maneira circular uniforme ao redor do Sol. Aplicaremos para o sistema isolado planeta/Sol a equação da gravitação universal de Isaac Newton. Então podemos escrever que,

$$\vec{F}_g = G \frac{M_s \cdot M_p}{r^2} \hat{r} \quad (4.1.7)$$

Outro detalhe que devemos observar é que a única força que atua entre o Sol e o planeta é de origem gravitacional. Esta força exercida pelo Sol no planeta é

responsável por manter a órbita circular, portanto pode ser considerada com uma força centrípeta:

$$\vec{F}_c = M_p \cdot \vec{a}_c \quad (4.1.8)$$

Onde \vec{a}_c é a aceleração centrípeta e é dada por \vec{v}^2/r . Então, igualando as equações (4.1.7) e (4.1.8) obtemos em termos escalares:

$$\begin{aligned} \vec{F}_g &= \vec{F}_c \\ G \cdot \frac{M_s \cdot M_p}{r^2} &= M_p \cdot a_c \\ G \cdot \frac{M_s \cdot M_p}{r^2} &= M_p \cdot \frac{v^2}{r} \end{aligned}$$

Eliminando M_p e r em ambos os membros temos,

$$G \cdot \frac{M_s}{r} = v^2 \quad (4.1.9)$$

Sabemos também que no movimento circular uniforme, o módulo da velocidade pode ser expressa por:

$$v = 2\pi r f \quad (4.1.10)$$

Onde f é a frequência de rotação do planeta em órbita circular. Lembrando também que a frequência é o inverso do período T . Então, reescrevendo (4.1.10), temos,

$$v = 2\pi r \frac{1}{T} \quad (4.1.11)$$

Substituindo (4.1.11) em (4.1.9) temos a seguinte relação:

$$\begin{aligned} \left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2 &= G \frac{M_s}{r} \\ \frac{4\pi^2 r^2}{T^2} &= G \frac{M_s}{r} \\ T^2 G M_s &= 4\pi^2 r^3 \end{aligned}$$

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM_s} \quad (4.1.12)$$

Em (4.1.12) o termo do lado direito é constante, nesse caso, podemos substituí-lo por K , que representa a constante de Kepler para o sistema isolado. Dessa forma, reescrevendo (4.1.12), temos:

$$\frac{T^2}{r^3} = K \quad (4.1.13)$$

A equação (4.1.12) foi determinada para uma órbita circular, no entanto, ela pode ser estendida e generalizada para uma trajetória elíptica (nesse caso, substituímos r por a), ou seja:

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM_s} \quad (4.1.14)$$

Na terceira lei de Kepler, equação 4.1.13, podemos ver que a constante de proporcionalidade “ K ” não depende da massa do planeta, então isso implica que (4.1.14) é validada para todo e qualquer planeta. Ainda temos o fato de que o *semieixo maior* “ a ” de uma órbita ser o raio médio de giro em torno do Sol, o que implica em (4.1.13) ser válida para ambas as órbitas (circular ou elíptica). O valor da constante de proporcionalidade é $K = 2,97 \cdot 10^{-19} s^2/m^3$.

Então, a partir da demonstração da terceira lei de Kepler e do valor da constante de proporcionalidade entre o quadrado do período de translação e o cubo do semieixo maior, enunciado a terceira lei de Kepler fica da seguinte forma,

“O quadrado do período orbital de qualquer planeta é proporcional ao cubo do semieixo maior da órbita elíptica.”

4.2 Gravitação Universal de Isaac Newton

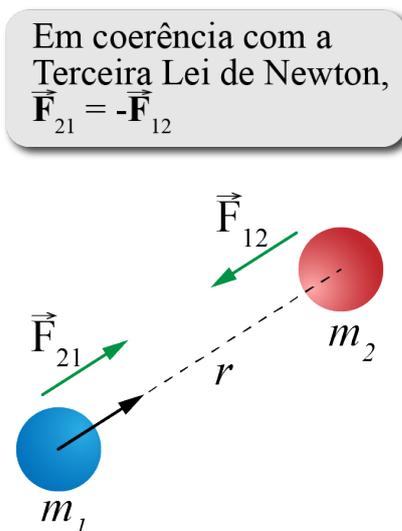
Isaac Newton ¹⁵, a partir dos trabalhos que fez sobre as três leis do movimento tiveram como consequência a Lei da Gravitação Universal. Além de seus estudos sobre a luz branca, no campo de óptica, ele também foi um dos responsáveis por lançar os fundamentos para a determinação do cálculo infinitesimal (Glaser, 2016).

Newton já tinha em mente, a partir da primeira lei do movimento, que para a Lua estar se movimentando desta forma (em uma órbita “circular”) em relação à Terra, ela tinha que estar recebendo a atração de uma força resultante. Caso isso não acontecesse, a Lua deveria fazer um trajeto retilíneo e não circular. O fato de a força entre Lua e Terra ser de origem atrativa foi de relevante argumentação para Newton. Ele também afirmou que a força de atração entre Terra-Lua e Sol-Terra estava associada a casos particulares de atração geral no universo entre os corpos (Serway e Jewett, 2016).

Segundo os estudos de Newton, toda e qualquer partícula, no universo atrai e é atraída por uma força que é diretamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre si. Sejam duas partículas (figura 4.2.1) de massas m_1 e m_2 , que também estejam separadas por uma distância r , então a força em módulo entre elas é dada pela equação (4.2.1).

¹⁵ Nascido em Woolsthorpe (1643 – 1727), uma aldeia Inglesa, foi um brilhante Físico, Matemático e Astrônomo. O Principia: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural. Também conhecido como o pai da Mecânica Celeste e um dos fundadores do cálculo diferencial integral.

Figura 4.2.1.: Interação gravitacional entre os corpos m_1 e m_2 .



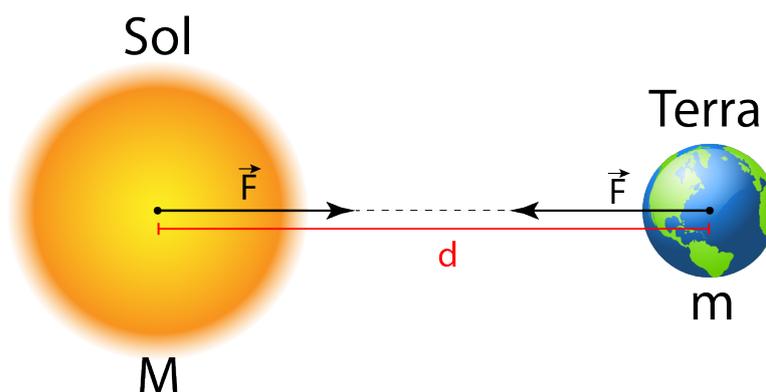
Fonte: Serway e Jewett, 2014.

A equação (4.2.1) abaixo representa a força atrativa (em módulo) de interação entre as duas massas (m_1 e m_2):

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (4.2.1)$$

Newton já tinha determinado suas três leis para a dinâmica do movimento. Ele também observou o movimento mais simples da trajetória que o planeta realiza ao redor do Sol, isto é, uma trajetória circular que é um caso particular de uma elipse. Newton também tinha em mente que para haver movimento circular uniforme era preciso que existisse uma força resultante de natureza centrípeta (figura 4.2.2).

Figura 4.2.2: Esquema de interação gravitacional ente Sol e Terra.



Fonte: Adaptado do site Cola da Web¹⁶

Então, a partir das condições de Newton para determinar sua lei da gravitação universal, temos: $|\vec{F}|$ = força resultante centrípeta. Dessa forma, temos a seguinte equação:

$$|\vec{F}| = \frac{m \cdot |\vec{v}|^2}{r} \quad (4.2.2)$$

No estudo do movimento circular uniforme, o módulo da velocidade é dado por

$$|\vec{v}| = \frac{2\pi r}{T} \quad (4.2.3)$$

No caso de uma volta completa realizada pelo planeta Terra, o percurso feito é o comprimento de uma circunferência, ou seja, $2\pi r$, que é o numerador de (4.2.3) e T é o período de uma volta completa ao redor do Sol que o planeta realiza. Mas se olharmos a equação (4.2.2), o módulo da velocidade está elevado ao quadrado, assim, em ambos os membros de (4.2.3) será elevado ao quadrado, ou seja,

$$|\vec{v}|^2 = \frac{4\pi^2 r^2}{T^2} \quad (4.2.4)$$

Substituindo (4.2.4) em (4.2.2) temos,

$$|\vec{F}| = \frac{m \cdot \frac{4\pi^2 r^2}{T^2}}{r}$$

¹⁶ Disponível em <<https://www.coladaweb.com/fisica/fisica-geral/lei-da-gravitacao-universal>> Acessado em 15/05/2021 às 21h45.

$$|\vec{F}| = \frac{4\pi^2 mr}{T^2} \quad (4.2.5)$$

Note que em (4.2.5) já aparece o quadrado do período que também aparece na terceira lei Kepler (demonstrada na seção 4.1 deste capítulo). Newton percebeu que agora só faltava aparecer o termo que está elevado ao cubo, no caso, o raio da órbita descrita pelo planeta. A partir daí, tendo ele o conhecimento da lei de Kepler, fez uma multiplicação pelo quadrado do raio de órbita em relação aos dois membros de (4.2.5), assim,

$$r^2 |\vec{F}| = \frac{4\pi^2 mr}{T^2} r^2$$

$$r^2 |\vec{F}| = \frac{4\pi^2 r^3 m}{T^2} \quad (4.2.6)$$

Observando em (4.2.6) temos o seguinte fato:

$$\frac{4\pi^2 r^3}{T^2} = k = \text{constante} \quad (4.2.7)$$

Onde K é a constante de Kepler. Após esse fato, temos a seguinte consequência,

$$r^2 |\vec{F}| = \alpha m \quad (4.2.8)$$

De (4.2.8) podemos dizer que o produto do quadrado do raio da órbita pelo módulo da força é proporcional a massa do planeta. Ou ainda podemos afirmar que o módulo da força entre o planeta e o Sol é diretamente proporcional a massa e inversamente proporcional ao quadrado do raio que separa o Sol e o planeta, isto é,

$$|\vec{F}| \propto \frac{m}{r^2} \quad (4.2.9)$$

Então, ajustando (4.2.9) podemos finalizar a demonstração de Newton para a lei da Gravitação Universal. Assim, de acordo com a 3ª lei de Newton, isto é, para cada ação existe uma reação, dessa forma, se o módulo da F é proporcional a massa m do planeta, também deve ser proporcional a massa M do Sol (figura 4.2.2). Nesse caso, a força com que o Sol atrai o planeta é a mesma com que o planeta atrai o Sol. Logo, temos,

$$|\vec{F}| \propto \frac{mM}{r^2} \quad (4.2.10)$$

Agora, para transformar essa proporção em uma equação, devemos adicionar a constante de gravitação universal, assim,

$$|\vec{F}| = G \frac{mM}{r^2} \quad (4.2.11)$$

A lei que rege a força em (4.2.11) também é conhecida como *lei do inverso do quadrado*, pois o seu módulo varia com o inverso do quadrado da distância que separa as duas massas (figura 4.2.1).

A equação (4.2.1) pode ser expressa na forma de vetor. Nesse caso, devemos definir um vetor unitário (\hat{r}_{12}) na direção de separação entre as massas (figura 4.2.1), o qual deve estar direcionado de m_1 para m_2 . Nesse caso, a nova expressão fica da seguinte forma:

$$\vec{F}_{12} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r}_{12} \quad (4.2.12)$$

Um detalhe muito importante é em relação ao sinal de (4.2.12) que aparece antes de G . Esse fato é à massa m_2 ser atraída por m_1 . Analogamente também podemos mostrar que de acordo com a terceira lei para o movimento de Newton, a força exercida por m_2 sobre m_1 é dada por \vec{F}_{21} . Nesta situação \vec{F}_{21} possui o mesmo valor (em módulo) que \vec{F}_{12} em oposição de direção, dessa forma, temos aí um par de ação-reação representado por,

$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12} \quad (4.2.13)$$

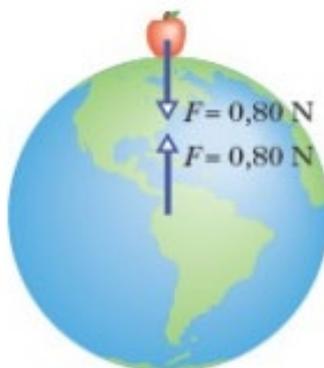
Newton fez suas demonstrações de forma geral válidas para todo universo. Então, restringindo (4.2.13) para situações em relação ao planeta Terra (podemos citar como exemplo uma partícula de massa m na superfície da Terra) temos,

$$F_g = G \frac{M_T m}{R_T^2} \quad (4.2.14)$$

Onde M_T é a massa da Terra, R_T é o raio terrestre e m é a massa de uma partícula qualquer na superfície terrestre. A figura 4.2.3 abaixo descreve esta situação de forma mais precisa, onde temos um par de ação e reação. O valor mostrado na

figura é arbitrário, pois é só para mostrar que a intensidade das forças é igual em módulo.

Figura 4.2.3: Intensidade da força com que a Terra puxa a maçã para baixo é a mesma com que a maçã puxa a Terra para cima.



Fonte: (Halliday e Resnick, 2014).

Newton também fez os cálculos estendidos para várias partículas, isto é, ele calculou a força gravitacional que uma partícula estava submetida à ação da força em relação às demais de um mesmo sistema ou grupo. Neste caso, ele usou o **princípio da superposição**, conforme o mesmo, em tantas outras situações, o efeito total é calculado pelo somatório em relação aos efeitos parciais. Aqui, no caso da gravidade, esse princípio é perfeitamente aceito, o que implica que se pode determinar a partir de cálculos matemáticos a força total a que uma partícula é submetida somando de forma vetorial a força das demais partículas que é exercida sobre a primeira (Halliday, 2016).

Então, para uma situação de “ n ” partículas, a aplicação do princípio da superposição em relação às forças de gravidade que atuam sobre a partícula 1 é dada por

$$\vec{F}_{1,res.} = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14} + \vec{F}_{15} + \dots + \vec{F}_{1n} \quad (4.2.15)$$

No caso, $\vec{F}_{1,res.}$ é a força resultante que atua na partícula 1, \vec{F}_{12} é a força exercida pela partícula 2 sobre a partícula 1, \vec{F}_{13} é a força com que a partícula 3 exerce em 1 e assim sucessivamente. Resumidamente, podemos expressar a equação (4.2.15) por meio do seguinte somatório:

$$\vec{F}_{1,res.} = \sum_{i=2}^n \vec{F}_{1i} \quad (4.2.16)$$

Caso o problema envolva corpos extensos, podemos dividir este objeto em partes suficientemente pequenas de forma que sejam tratadas como partículas e, utilizando a equação (4.2.16) para a determinação da soma vetorial das forças exercidas pelas partes sobre a partícula. Em uma situação limite, temos uma divisão do objeto em partes infinitesimais de massa dm onde cada uma delas exerce uma força infinitesimal $d\vec{F}$ sobre a partícula em questão. Assim, no caso limite, o somatório da equação (4.2.16) pode ser dado por,

$$\vec{F}_{1,res.} = \int d\vec{F} \quad (4.2.17)$$

Essa integração é realizada sobre o volume do objeto. Caso esse objeto seja uma casca esférica homogênea, a equação (4.2.17) pode ser simplificada para o caso em que toda a massa esteja concentrada no centro do objeto, nesse caso, podemos usar a equação (4.2.1).

4.3 Campo gravitacional e campo de gravidade

Nesta secção iremos tratar de forças envolvendo o campo de gravidade e gravitacional. Porém, antes iremos esclarecer o que é *campo gravitacional* e um *campo de gravidade* e qual a função de cada um deles.

Todo espaço no entorno do planeta Terra, assim também como em qualquer outro planeta, existe um campo gravitacional, porque esses planetas possuem capacidade de promover atrações entre corpos que são postos em suas proximidades. Assim, em um ponto onde há um campo gravitacional, um corpo de massa m que nele é colocado ficará sujeito à ação de uma força resultante de origem gravitacional (Calçada e Sampaio, 2004).

Além da força de atração gravitacional exercida pela Terra, ainda atuam as forças devido a ação dos outros planetas, da Lua e do Sol. De forma particular, em relação à superfície terrestre, existe ainda a influência rotacional da Terra. Logo, o *campo de gravidade* terrestre é um campo de força particular. A ação resultante desse

campo por todas as forças mencionadas sobre um corpo de massa m é o seu próprio peso, ou seja:

$$\vec{P} = m\vec{g} \quad (4.3.1)$$

A linha de ação da força de (4.3.1) não passa pelo centro da Terra, a não ser pelos pólos e na linha equatorial. Caso seja desprezível a ação gravitacional do Sol e dos demais astros e, em locais na superfície terrestre e que ainda não levamos em conta o processo rotacional da Terra, o campo gravitacional e o campo de gravidade são coincidentes (Calçada e Sampaio, 2004).

A partir de $\vec{F} = m\vec{g}$ podemos determinar uma expressão para o campo gravitacional, onde a massa é envolvida sobre a ação de \vec{g} (aceleração da gravidade). Então, dessa forma, temos,

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}_g}{m} \quad (4.3.2)$$

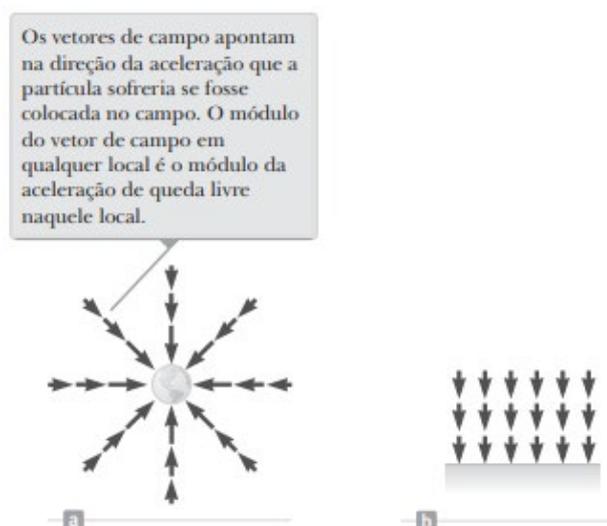
A equação (4.3.2) mostra que em um determinado lugar do espaço, o campo gravitacional é igual a sua força gravitacional dividido pela massa envolvida. Podemos tomar como um exemplo, uma massa m pelas proximidades da superfície terrestre: a força gravitacional sofrida por essa massa tem direção para o centro do planeta e com valor em módulo igual a $m.g$. A implicação desse fato é que o campo gravitacional experimentado pelo corpo m em algum ponto possui módulo justamente igual à aceleração de queda livre no ponto em questão. Lembrando que a força gravitacional sobre o corpo, em módulo, vale $GM_T m/r^2$ (M_T é a massa da Terra), e \vec{g} o campo a uma distância r relativo ao centro da Terra, é dado por:

$$\begin{aligned} \vec{g} &= \frac{\vec{F}_g}{m} \\ \vec{g} &= \frac{1}{m} \left(-\frac{GM_T m}{r^2} \right) \hat{r} \\ \vec{g} &= -\frac{GM_T}{r^2} \hat{r} \end{aligned} \quad (4.3.3)$$

Em (4.3.3) \hat{r} é o vetor unitário que aponta radialmente para fora do planeta Terra. A negatividade do sinal se dá devido à indicação dos vetores apontarem em direção ao centro terrestre.

A figura abaixo mostra como os vetores de campo se comportam ao longo de uma determinada superfície.

Figura 4.3.1: (a) Vetores do campo gravitacional de uma massa uniforme e esférica variando em direção e módulo. (b) Vetores de campo gravitacional em uma pequena direção perto da superfície terrestre são uniformes (mesma direção e módulo).



Fonte: (Serway e Jewett, 2014).

Considerando que a Terra seja esférica e que seu movimento rotacional seja desprezível, a equação (4.3.3) é validada para qualquer ponto externo à superfície terrestre (Serway e Jewett, 2014).

Para não fazer confusão em relação à g e G devemos observar o seguinte critério: “ g ” em módulo, representa a aceleração de queda livre de um corpo nas proximidades da superfície de um planeta. O valor médio de g na superfície da terrestre vale $9,8 \text{ m/s}^2$. No caso de G , a situação é bem diferente. Então, “ G ” é uma constante gravitacional universal, ou seja, em qualquer ponto do Universo seu valor seu valor não muda, é constante. Em 1798, Cavendish¹⁷, pela primeira vez aferiu (experimentalmente) um valor numérico para G , ou seja, $6,67428 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg} \cdot \text{s}^2$ (Serway e Jewett, 2014).

¹⁷ Nascido (1731-1810) em Nice, França. Estudou na Universidade de Cambridge. foi um Físico e Químico Franco-Britânico. Uma das principais obras foi descoberta do Hidrogênio.

4.4 Energia no Campo gravitacional

A partir de agora iremos discutir algumas aplicações da energia potencial gravitacional, além de obter algumas expressões mais simples para uso de fins didáticos.

Então, vamos considerar um pequeno corpo de massa m que se move ao redor nas proximidades de outro corpo muito maior (mássico) de massa M com velocidade v . Isto é, $M \gg m$. Esse sistema isolado de dois corpos pode ser um satélite artificial em torno da Terra, ou a própria Lua orbitando os arredores terrestres, ou ainda qualquer planeta girando em torno do Sol. Dessa forma, iremos supor que o corpo mássico M está em repouso em um referencial em relação ao corpo m . Assim, a energia total desse sistema é dada pela equação 4.4.1 (Serway e Jewett, 2014).

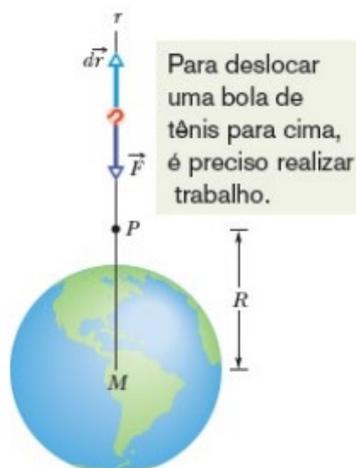
$$E = K + U_g \quad (4.4.1)$$

Sendo K a energia cinética e U_g a energia potencial gravitacional de sistema de dois corpos isolados. O termo da energia cinética K está associado à velocidade do corpo em movimento e é dada por:

$$K = \frac{1}{2} \cdot mv^2 \quad (4.4.2)$$

Ainda em relação à (4.4.1) o termo U_g será dado a partir da figura 4.4.1 abaixo. Dessa forma temos,

Figura 4.4.1: Uma bola de tênis (corpo de massa m) lançada verticalmente para cima a partir do solo.



Fonte: (Hallday e Resnick, 2014).

Então, de acordo com a figura 4.4.1 (a partir da superfície terrestre), foi lançada para cima uma bola de tênis (um corpo de massa m). Nossa intenção é determinar uma expressão para a energia potencial gravitacional U_g no trajeto do ponto P (figura 4.4.1) a uma distância R do centro da Terra. Primeiramente iremos calcular o trabalho W sobre a bola realizado pela força gravitacional a partir de P até o infinito. Em notação vetorial temos o seguinte:

$$W = \int_R^{\infty} \vec{F}(r) \cdot d\vec{r} \quad (4.4.3)$$

Se expandirmos o produto escalar da força pelo vetor deslocamento ao longo do trajeto da bola na integral acima, temos,

$$\vec{F}(r) \cdot d\vec{r} = F(r) dr \cos \varphi \quad (4.4.4)$$

Onde φ é o ângulo entre os vetores $\vec{F}(r)$ e $d\vec{r}$ (figura 4.4.1). Fazendo $\varphi = 180^\circ$ e $F(r)$ pela expressão (4.2.1), temos o seguinte:

$$\vec{F}(r) \cdot d\vec{r} = -G \frac{Mm}{r^2} dr \quad (4.4.5)$$

A massa da terrestre é M e, a massa da bola é m . Fazendo a substituição de (4.4.5) em (4.4.3) temos,

$$W = \int_R^{\infty} -G \frac{Mm}{r^2} dr \quad (4.4.6)$$

Fazendo o cálculo para a integral acima, temos:

$$W = \int_R^{\infty} -G \frac{Mm}{r^2} dr$$

$$W = -GMm \int_R^{\infty} \frac{1}{r^2} dr$$

$$W = -GMm \int_R^{\infty} r^{-2} dr$$

$$W = -GMm \left[\frac{1}{r} \right]_R^{\infty}$$

$$W = -GMm \left[\frac{1}{R} - \frac{1}{\infty} \right]$$

$$W = -GMm \left[\frac{1}{R} - 0 \right]$$

$$W = -\frac{GMm}{R} \quad (4.4.7)$$

Em (4.4.7) W é o trabalho realizado para deslocar a bola de P até uma altura muito longe, isto é, até o infinito. Nesse caso, como podemos escrever o trabalho em termos de energia potencial, ou seja, $\Delta U = -W$. Então podemos ter:

$$U_{\infty} - U = W \quad (4.4.8)$$

Lembrando que a energia potencial gravitacional no infinito é nula, podemos reescrever (4.4.7) como:

$$U = -\frac{GMm}{R} \quad (4.4.9)$$

Dessa forma a energia total do sistema para dois corpos isolados com as condições citadas inicialmente é dada por:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GMm}{R} \quad (4.4.10)$$

Sendo nula a energia potencial em uma separação infinita entre as massas envolvidas, a energia cinética de um corpo em órbita circular é igual à metade do módulo da energia potencial do sistema. Para órbitas elípticas a energia também é negativa. Abaixo, temos as equações associadas com as respectivas órbitas circular e elíptica do movimento planetário.

$$E = -\frac{GMm}{2r} \quad (4.4.11)$$

$$E = -\frac{GMm}{2a} \quad (\text{órbita elíptica}) \quad (4.4.12)$$

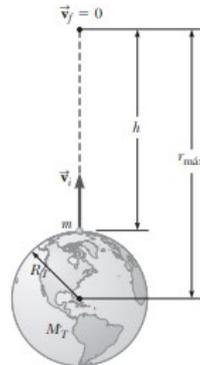
Em secções anteriores fizemos algumas discussões sobre conservação de momento angular por um sistema isolado de dois corpos.

Após a corroboração destas duas últimas equações (4.4.11) e (4.4.12) sobre a energia potencial gravitacional total para o mesmo sistema de dois corpos isolados, é possível observar que a energia total, assim como o momento angular total são constantes de movimento (Serway e Jewett, 2014).

Para finalizar essa secção, iremos determinar a velocidade de escape em relação ao planeta Terra e estender o resultado para qualquer planeta de massa M ou corpo muito grande em relação a um corpo de m massa muito menor que o orbite.

Como exemplo bem prático, vamos sugerir o nosso planeta Terra para fazer essa experimentação. Vamos supor um corpo de massa m que seja lançado em relação à superfície terrestre para cima em uma projecção vertical. Nesse caso iremos utilizar a discussão anterior sobre energia para determinar a velocidade inicial mínima que esse corpo deve ter para deixar de orbitar (escapar da ação gravitacional terrestre) a Terra (se mover infinitamente para longe do planeta). A equação (4.4.10) fornece a energia total do sistema isolado (corpo de massa m e Terra de massa M). Será justamente a partir dessa equação que iremos deduzir a equação para a velocidade de escape da Terra (figura 4.4.2).

Figura 4.4.2: Corpo de massa de m projetado para cima a partir da superfície terrestre e atinge sua altura máxima em velocidade final nula.



Fonte: (Serway e Jewett, 2014).

Ao longo da superfície temos $r_i = R_T$ e quando o corpo atingir o seu mais alto ponto, temos, respectivamente $v_f = 0$ e $r_f = r_{máx}$. Dessa forma, a partir de (4.4.10) temos:

$$\frac{1}{2}mv_i^2 - G\frac{M_T m}{R_T} = G\frac{M_T m}{r_{máx}}$$

$$\frac{1}{2}v_i^2 - G\frac{M_T}{R_T} = -G\frac{M_T}{r_{máx}}$$

$$\frac{1}{2}v_i^2 = -G\frac{M_T}{r_{máx}} + G\frac{M_T}{R_T}$$

$$\frac{1}{2}v_i^2 = GM_T \left(\frac{1}{R_T} - \frac{1}{r_{m\acute{a}x}} \right)$$

$$v_i^2 = 2GM_T \left(\frac{1}{R_T} - \frac{1}{r_{m\acute{a}x}} \right) \quad (4.4.13)$$

A equação (4.4.13) nos mostra que para uma altitude de $h = r_{m\acute{a}x} - R_T$ temos a velocidade inicial exigida para que o corpo m seja lançado para fora da Terra. Se fizermos em (4.4.13) o raio máximo tender ao infinito ($r_{m\acute{a}x} \rightarrow \infty$) teremos a velocidade de escape para o planeta Terra, nesse caso temos $v_{esc} = v_i$. Então fazendo os cculos para (4.4.13) teremos a velocidade de escape, assim:

$$v_i^2 = 2GM_T \left(\frac{1}{R_T} - 0 \right)$$

$$v_i^2 = 2GM_T \left(\frac{1}{R_T} \right)$$

$$v_{esc} = \sqrt{\frac{2GM_T}{R_T}} \quad (4.4.14)$$

Neste desenvolvimento, foi considerado $r_{m\acute{a}x} \rightarrow \infty$, o que resultou em $1/r_{m\acute{a}x} = 0$.

5 ELABORAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O presente capítulo mostra todo o processo de elaboração do produto educacional aplicado à metodologia ativa (Peer Instruction) assim também como as animações computacionais visualizadas em sala de aula.

5.1 Banco de questões conceituais e teste de leitura

A princípio, foi construído um banco de questões separado em duas etapas de aplicações, isto é, primeiro fizemos a confecção das questões relativas ao teste de leitura de uma a três questões que são discutidas logo no início da aula em relação à leitura prévia feita pelo aluno em casa. Esse teste de leitura feito ainda em casa, é uma forma de verificação para saber se o aluno fez as leituras acordadas em sala durante o primeiro encontro, e em seguida, as questões principais que foram trabalhadas literalmente em sala de aula após alguns minutos de uma breve explanação no quadro de acordo com cada conteúdo validado variou de três a cinco questões, a distribuição foi feita de acordo com os tópicos abordados durante as aulas.

Todas essas questões sobre teste de leitura e principais foram compiladas a partir de livros didáticos, de versões online (como vestibulares e do Enem), de adaptações e de autoria própria. Os exercícios trabalhados em sala de aula tiveram níveis ascendentes de complexidade. Tanto as questões do teste de leitura quanto às principais estão situadas no anexo desta sequência didática. Este material também se dispõe de mais um banco de questões suporte (dez questões) e uma lista de questões extras (seis no total). No caso das questões extras que foram trabalhadas em classe estão divididas por tópicos em relação às suas respectivas semanas. O banco de questões suporte foi pensado com o propósito de alguma possível substituição ou de complementação ao longo da aplicação em sala. As questões-suporte e a lista extra também se encontram anexadas aqui no final deste trabalho.

5.2 Animação computacional

Após a confecção das atividades (questões) foram adicionadas as animações computacionais. No caso, para cada tópico abordado durante as aulas, tínhamos uma animação associada. Algumas animações foram colhidas a partir de plataformas da internet. Logo abaixo temos alguns exemplos de animações. Observando que os

exemplos que se seguem estão associados à sequência didática que foi abordada em sala de aula, isto é, começando dos modelos antigos dos sistemas Geocêntrico e Heliocêntrico, passando pelas três leis de Kepler até chegar na lei da Gravitação Universal de Newton.

Figura 5.2.1: Animações computacionais. Sistema Geocêntrico.



Fonte: MeteorologíaenRed¹⁸.

Figura 5.2.2: Animações computacionais. Sistema Heliocêntrico.



Fonte: InfoEscola¹⁹.

¹⁸ Disponível em <<https://www.meteorologiaenred.com/teoria-geocentrica.html>> Acessado em 08/12/2020 às 05h:47.

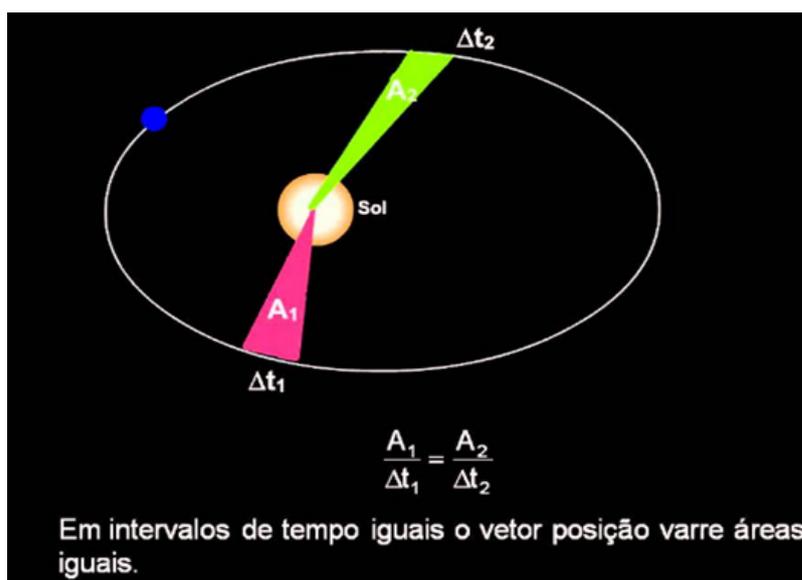
¹⁹ Disponível em <<https://www.infoescola.com/astronomia/planetas-do-sistema-solar/>> Acessado em 08/12/2020 às 06h:25.

Figura 5.2.3: Animações computacionais. Primeira lei de Kepler.



Fonte: www.video-aula.pro.br²⁰.

Figura 5.2.4: Animações computacionais. Segunda lei de Kepler.

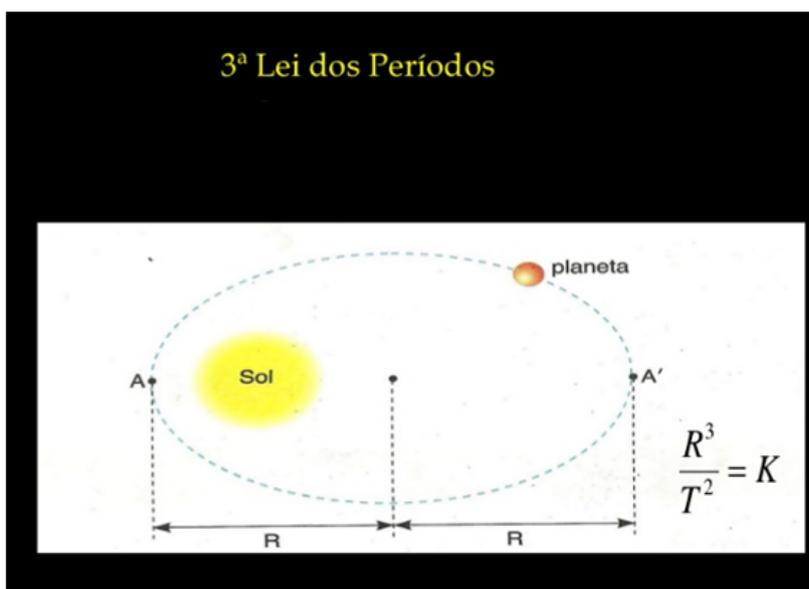


Fonte: www.video-aula.pro.br²¹.

²⁰ Disponível em < <https://www.youtube.com/watch?v=hL7UBi2ayzw> > Acessado em 08/12/2020 às 06h:55.

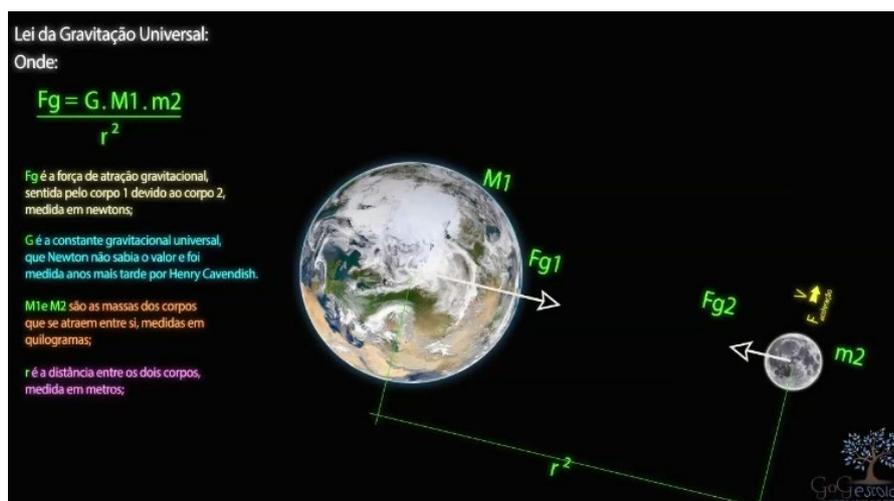
²¹ Disponível em < <https://www.google.com/search?q=anima.> > Acessado em 08/12/2020 às 05h:45.

Figura 5.2.5: Animações computacionais. Terceira lei de Kepler.



Fonte: SlideShare²².

Figura 5.2.6: Animações computacionais. Lei da Gravitação Universal de Isaac Newton.



Fonte: Mundo Gog | Miniaturas Artes e Educação²³.

²² Disponível em < <https://pt.slideshare.net/fabiohenriqueribeiroquim/lei-da-gravitao-universal-e-leis-de-kepler> > Acessado em 08/12/2020 às 07h:34.

²³ Disponível em < <http://www.mundogog.com/sateliteorbitaparte1.html> > Acessado em 08/12/2020 às 07h: 53.

5.3 Dispositivos para votação

Em seguida, na composição do material didático para a aplicação do produto educacional, foi buscar a ferramenta (um recurso de tecnologia) de validação da metodologia Peer Instruction associada às animações computacionais, isto é, construir os cartões resposta (ou flashcards). Apesar de ter sido feito o uso exclusivo dos cartões respostas para a votação na aplicação, foi importante salientar as outras formas de recursos, os *clickers* e os *plickers*, para votação. Dessa forma, outros professores ficam cientes de outras possíveis opções de recursos e possam escolher a melhor forma de votação para sua aplicação.

Dentre alguns recursos tecnológicos, aqui temos os principais citados na literatura e utilizados neste trabalho segundo Tadeu et al (2019) além do artigo de Oliveira et al (2016) temos os Clickers, os Plickers (aplicativos de smartphones) e os Flashcards.

a) *Clickers*

São dispositivos eletrônicos semelhantes a controle remoto. Eles são utilizados de forma individuais que possuem comunicação direta com o computador do professor. Eles facilitam o acesso das respostas para o docente ao longo das correções. Sua desvantagem é ser um dispositivo de difícil acesso devido ao seu custo elevado, o tornando inviável para ser usado na rede pública estadual de ensino.

Figura 5.3.1: Exemplos de clickers.



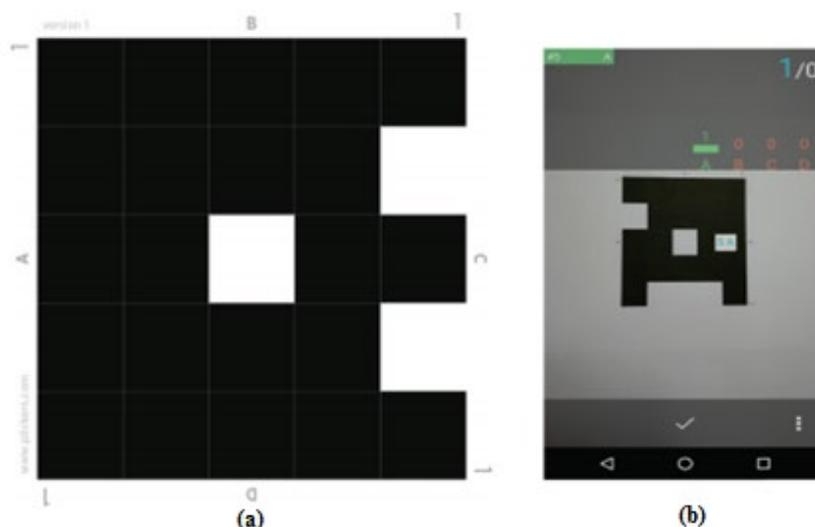
Fonte: UW College of Education –University of Washington²⁴.

²⁴ Disponível em < <https://education.uw.edu/news/qa-using-clickers-increase-student-learning>> Acessado em 08/12/2020 às 09h:43.

b) Plickers

Funcionam de forma semelhante aos *clickers*. Nesse caso, os *plickers* são aplicativos de smartphones. O professor baixa o aplicativo em seu celular. Esse tipo de aplicativo está disponível gratuitamente nas versões Android e iOS. Os alunos fazem suas votações com cartelas de respostas associado a um código semelhante a um QR code. O dispositivo faz as leituras das respostas através do aparelho celular correspondente a cada uma das alternativas.

Figura 5.3.2: É a cartela de respostas via software que faz leitura das alternativas corretas. Cada um dos lados da cartela corresponde a uma alternativa (A, B, C e D). (b) A tela do aplicativo (Plickers) no instante que é feito uma leitura do código impresso em uma folha.



Fonte: Exploring Plickers – WordPress.com²⁵.

c) Cartões de respostas (*Flash-cards*):

Os **flash-cards**²⁶ são um tipo de ferramenta que auxiliam o professor em uma avaliação por votação e são usados para memorizar determinados conteúdos em sala de aula. São pequenos cartões que se relacionam com alguns conceitos ou se organizam como um sistema de pergunta e respostas para se estudar algum conteúdo. Por conveniência, foi escolhido o dos *cartões respostas* (flash-cards). Essa escolha se deu devido às condições ou realidades (principalmente financeira) em que

²⁵ Disponível em < <https://davidhfournier2.wordpress.com/what-is-plickers/> > Acessado em 08/12/2020 às 08h:36.

²⁶ Disponível em < <https://www.educamaisbrasil.com.br/> > Acessado em 22/02/2020 às 13h:16.

se encontrava a turma de alunos envolvida no processo da aplicação do produto educacional.

Figura 5.3.3: Cartões respostas (flash-cards).



Fonte: Autor (2019).

5.4 Slides para apresentação

Por fim, fizemos a composição dos slides com os exercícios conceituais para exibição em um projetor multimídia em sala de aula. No caso, utilizamos uma associação de versão impressa com os slides em exibições. Os slides se encontram no anexo deste trabalho.

5.5 Planos de aula

Para cada semana de encontro (no caso, três aulas distribuídas em dois encontros) foi feito um plano de aula associado. Cada plano de aula contém toda informação necessária para o andamento da aplicação da metodologia ativa com as animações computacionais. Em cada semana de encontro, uma versão impressa do plano de aula era cedida para a coordenação da escola. Toda direção e coordenação escolar fizeram um acompanhamento expressivo com a aplicação deste produto educacional. Os planos de aula para cada uma das semanas trabalhadas na escola ao longo da aplicação também se encontram anexados aqui nesta dissertação.

6 COMENTANDO ALGUNS RESULTADOS

O desenvolvimento desta sequência didática tem como proposta a sua realização em quatro semanas ou quatro etapas, de forma que, cada uma das semanas será composta de dois encontros, isto é, uma aula de 50 minutos (primeiro encontro) e depois mais duas aulas seguidas de 50 minutos cada uma (segundo encontro).

Todo o processo foi realizado em uma turma da 1ª série de tempo integral do Ensino Médio, de uma escola da rede pública estadual do Estado de Alagoas, na região metropolitana de Maceió.

Abaixo segue um esquema da distribuição de tópicos associados ao tema em estudo:

Gravitação

- ✓ Histórico;
- ✓ Modelos de sistema solar;
- ✓ As leis de Kepler;
- ✓ Lei da gravitação Universal;
- ✓ Satélites em órbitas circulares;
- ✓ Campo gravitacional e campo de gravidade;
- ✓ Energia no campo gravitacional.

Nesta etapa iremos fazer uma breve discussão sobre dados quantitativos e qualitativos obtidos durante as quatro semanas de aplicação do produto educacional. A forma de como procedemos em cada uma das semanas foram análogas, o que diferencia são apenas os tópicos abordados em cada encontro ou, em algumas vezes, a inversão da ordem didática de aplicação em classe. A ordem que associamos em cada etapa foi a seguinte: primeiramente, a exposição do conteúdo (tópico de estudo) já integrando as animações computacionais, em seguida algumas questões sobre o teste de leitura com a resolução da questão, na sequência a resolução das questões principais, ou seja, a realização do IpC, e por fim mais algumas animações computacionais (ver passo a passo no produto educacional). Observando também que logo após as aplicações das questões conceituais fizemos algumas questões

extras, envolvendo equações matemáticas, ainda em sala antes da visualização das animações de computador.

O quadro 6.1 mostra resumidamente a sequência didática estruturada das etapas da aplicação da Instrução pelos Colegas.

Quadro 6.1: Apresenta as etapas da realização da Instrução pelos Colegas.

Etapas de aplicação da Peer Instruction – IpC	
Passo 1	Resolução do teste de leitura.
Passo 2	Aula expositiva seguida de animação computacional.
Passo 3	Aplicação das questões principais (primeira votação)
Passo 4	Instrução pelos colegas (caso se tenha entre 30% a 70% de acertos).
Passo 5	Resolução das questões principais após as votações (seguida ou não de outras animações computacionais).

Fonte: Autor (2021).

É importante destacar que o uso das animações computacionais foi feito junto a explanação da aula expositiva. Dessa forma, a dinâmica da aula tomou rumo mais interessante e deu uma conectividade maior dos alunos com os tópicos estudados. Entretanto, fica livre o uso das animações antes ou depois da aula expositiva. Ou até mesmo ao longo da aplicação dos exercícios.

A intenção da resolução das questões extras em classe foi de estimular e ampliar o conhecimento do aluno. Ampliar os conhecimentos, estimular os *subsunoers na zona proximal* dos estudantes envolvidos no processo. Estas questões extras foram aplicadas nas semanas 2, 3 e 4, sendo duas questões na semana 2, duas na 3 e quatro na 4.

Então, iremos organizar primeiramente, de forma quantitativa, os valores percentuais associados a quantidades de acertos previstos pela metodologia ativa. Cada semana foi realizada uma determinada quantidade de questões resolvidas em sala de aula. Sempre, antes de cada uma das questões principais, era feita pelo menos uma questão relativa ao teste de leitura (ver anexo 2). Os valores que iremos tratar aqui se referem apenas às questões principais. Após o término dos comentários quantitativos faremos também alguns comentários qualitativos de toda a aplicação em

sala de aula. A avaliação quantitativa será associada aos valores percentuais de acertos ou erros das questões conceituais principais, apresentados aqui na forma de tabelas para que sejam discutidos com mais propriedade. O quantitativo percentual das questões relativas aos teste de leituras não serão apresentadas nas tabelas, pois estes serviram de suporte para que os alunos (fora da escola) interagissem mais com o conteúdo abordado em classe e assim, também tivessem um maior subsídio na desenvoltura cognitiva.

6.1 SEMANA 1

Na primeira semana foram trabalhadas três questões principais e duas para teste de leitura (questão de aquecimento) em classe. O total de alunos da turma que foi realizada a aplicação era de 43 alunos, no entanto, apenas uma média de 26 deles participaram até a conclusão do trabalho. No caso desta 1ª semana participaram 28 alunos, sendo o tópico abordado ***Histórico e modelos de sistema solar***.

As duas questões relativas ao teste de leitura foram respondidas com alto percentual de acerto, sendo a primeira questão com 92,85% de acerto e a segunda com 85,71% de acertos. Nesse caso, não houve necessidade de uma segunda votação com discussão em grupo. A figura 6.1.1 mostra uma das questões do teste de leitura respondida pela turma durante a primeira votação.

Figura 6.1.1: Primeira questão do teste de leitura com 92,85% de acertos.



Fonte: Autor (2019).

Com relação ao questionário principal, foram aplicadas 3 perguntas logo após as questões do teste de leitura. Dessas questões, a primeira teve a necessidade de uma segunda votação e as outras duas não precisaram de segunda votação. As figuras 6.1.1 e 6.1.2 mostram a divergência de respostas apresentadas pelos alunos.

Figura 6.1.2: Primeira questão principal resolvida durante a primeira votação. Apenas 14,28% (quatro alunos) acertaram a questão.



Fonte: Autor (2019).

Esta situação requer, segundo o método IpC, uma nova abordagem antes de seguir para outro tópico ou questão. Assim, o mesmo tópico foi revisado com uma nova explanação pelo professor em classe e em seguida a mesma questão foi aproveitada para uma nova tentativa de votação. O valor percentual da votação anterior foi de apenas 14,28% (quatro alunos). Depois da explicação relativa à primeira questão, o valor obtido de acertos foi de 96,42% (27 acertos). Na sequência, foi posta para os alunos mais duas novas questões do mesmo tópico. Para a segunda questão o número de acertos foi considerável, isto é, vinte e três alunos (88,46%) acertaram esta questão. Durante a aplicação da segunda questão apenas 26 estudantes participaram, pois três deles precisaram sair da sala por motivos pessoais.

Figura 6.1.3: Segunda questão referente ao mesmo tópico após nova explanação pelo professor em classe.



Fonte: Autor (2019).

Como a solução da questão resolvida pelos estudantes após outra forma de abordagem foi muito satisfatória, não foi necessária uma segunda votação. Para finalizar o tópico, foi aplicada a terceira questão, que necessitou de uma segunda votação, pois na primeira votação o percentual ficou entre 30 % e 70% (42,85% de acertos) e, de acordo com a metodologia de Mazur, deve-se fazer outra votação a respeito da mesma questão. Olhemos a figura abaixo (figura 6.1.4), ela nos mostra a primeira votação da última questão aplicada.

Figura 6.1.4: Primeira votação em relação à terceira (última) questão da primeira semana.



Fonte: Autor (2019).

Nesse caso, de acordo com a metodologia ativa, foi necessário usar a IpC (discussão ou instrução pelos colegas) em grupos de cinco alunos (figura 6.1.5) e logo após se fez a segunda votação.

Figura 6.1.5: Discussão (IpC) entre os alunos após a primeira votação da última questão.



Fonte: Autor (2019).

Quando os alunos dialogam entre si e buscam solucionar um problema em conjunto, significa (pelo menos neste caso) que eles atingiram um desempenho considerável relativo à metodologia em questão. Terminado o prazo (3 minutos de duração) de instrução entre os estudantes foi feita uma segunda votação relativa à mesma questão (no caso, a terceira). Desta segunda vez o valor percentual obtido foi de 85,71% de acertos. A Tabela 1 mostra a porcentagem de acertos em relação às três questões trabalhadas na primeira semana.

O docente deve atentar bem na escolha dos grupos, pois cada grupo deve conter pelo menos um aluno que acertou ou que chegou muito próximo do exercício em debate. É importante que nos grupos formados se coloque sempre um aluno com visão mais ampla em relação ao conteúdo abordado.

Tabela 6.1.1: Valores percentuais e numéricos obtidos ao longo das votações relativos à primeira semana de aplicação.

Questões	Acertos percentuais
1ª (1ª votação)	14,28 %
1ª (1ª votação após nova explicação)	96,42%

2ª (1ª votação)	88,46%
3ª (1ª votação)	42,85%
3ª (2ª votação)	85,71%

Fonte: Autor (2021).

Na tabela 6.1.1, os valores encontrados na segunda linha são frutos de uma segunda explanação pelo professor em sala de aula. A questão utilizada foi a mesma que se obteve os valores da primeira linha. Outra importante observação a ser feita ainda nessa tabela é em relação à segunda questão (quarta linha), pois seus valores obtidos foram determinados a partir de um número de alunos diferente dos demais, isto é, durante a resolução da segunda questão estavam em sala de aula vinte e seis alunos e em relação ao restante das outras duas questões tinham em classe vinte e oito estudantes.

6.2 SEMANA 2

Nesta segunda semana o tópico abordado foi relacionado com as **Leis de Kepler**. O procedimento de aplicação foi análogo ao da primeira semana. Então, nesse caso, iremos fazer alguns resumos nesta etapa, porém o que for novidade será detalhado de forma mais precisa. Esta semana foi a mais movimentada em termos de participação dos estudantes em classe. Foi uma semana de grandes novidades, discussões, conhecimento e aprendizado. A produção foi máxima em relação às demais semanas. Os alunos já estavam mais adaptados à nova metodologia de ensino aplicada em sala. Os resultados alcançados foram mais promissores e efetivos. Foi possível observar um entrosamento mais intenso entre os discentes tanto em sala de aula como fora dela, a realização das leituras em casa relativas ao tópico de estudo.

Nessa segunda semana participaram vinte e oito alunos em sala. Iniciando pelo teste de leitura já foi possível perceber um desempenho mais eficaz na resolução dos exercícios conceituais. Nesta semana foi realizada apenas uma questão para o teste de leitura, onde foi obtido 82,14% (23 alunos acertaram a questão) de acertos na primeira votação (6.2.1).

Figura 6.2.1: Questão respondida para o teste de leitura na primeira votação sobre as Leis de Kepler.



Fonte: Autor (2019).

Na sequência, partimos para a primeira questão principal da aplicação. Realmente era notável a desenvoltura dos alunos ao lerem o exercício e fazer a votação com segurança, pelo menos a maioria deles. Nesta primeira questão de aplicação foi alcançado um percentual de 82,14% de acerto, valor idêntico ao do teste de leitura, representando, portanto, um percentual satisfatório segundo a metodologia adotada. Dessa forma, foi posta uma nova questão. Reforço aqui que independentemente do número de acertos de cada exercício feito, elas são corrigidas e comentadas uma a uma. No caso da segunda questão principal tivemos ainda na primeira votação um valor percentual um pouco mais acentuado, ou seja, 85,71% (24 acertos). Mais uma vez uma resolução que não houve segunda votação (6.2.2).

Figura 6.2.2: Segunda questão principal na primeira votação.



Fonte: Autor (2019).

A figura 6.2.2 não mostra todos os ângulos, mas é possível observar pelo menos a maioria que acertou a segunda questão durante a primeira votação. Então, passamos adiante e fomos para a solução de mais uma questão. No caso da terceira atividade, após a primeira votação foi obtido um valor percentual de 96,42% (27 acertos em classe). É possível perceber que ao longo deste tópico de estudo, a quantidade de acertos teve uma progressão significativa no processo de aprendizado dos discentes. A figura 6.2.2 ajuda a justificar o valor percentual dos acertos desta terceira questão.

Figura 6.2.3: Acerto da maioria dos alunos em classe em relação ao terceiro exercício.



Fonte: Autor (2019).

Como ainda podemos observar, mais uma vez não se fez uso de uma segunda votação referente a exercício de sala. Nesta situação, se o professor preferisse, já poderia abordar outro tópico de estudo, porém, por conveniência do mesmo, foi proposta uma última questão (quarta questão). Essa quarta questão foi um pouco mais complexa, pois envolvia um conhecimento mais complexo. De fato, ocorreu o que o professor havia suspeitado, isto é, após a primeira votação, o valor percentual encontrado foi de 42,85% (12 acertos).

Então, como a porcentagem ficou entre o valor estimado pela IpC, logo, houve discussão (ou instrução) entre os estudantes. Após o tempo de intervenção para os alunos discutirem e responderem a questão, foi realizada a segunda votação.

Portanto, após a segunda votação foi obtido o valor percentual de 92,85% (26 acertos). Possivelmente, em relação a primeira votação, a diminuição percentual nos acertos da última questão esteja associada ao fator da elaboração do exercício, isto é, a forma de entendimento do exercício pelos alunos. Apesar disso, o progresso na construção do desenvolvimento dos alunos durante o processo de aprendizado foi notável.

Figura 6.2.4: Segunda votação em relação à quarta questão de sala.



Fonte: Autor (2019).

Então, depois da segunda votação houve um aumento percentual significativo em relação ao último exercício em classe. Abaixo segue a tabela 6.2.1 com todos os valores de percentual de acerto obtidos nos testes da Semana 2.

Tabela 6.2.1: Valores percentuais e numéricos obtidos ao longo das votações relativos à segunda semana de aplicação.

Questões	Acertos percentuais
1ª (1ª votação)	82,14 %
2ª (1ª votação)	85,71%
3ª (1ª votação)	96,42%
4ª (1ª votação)	42,85%
4ª (2ª votação)	92,85%

Fonte: Autor (2021).

Se observarmos detalhadamente, comparando as duas tabelas das duas semanas trabalhadas, a segunda semana de aplicação teve uma considerável

evolução de aprendizagem em relação à primeira, o que é bem razoável de ser compreendido, uma vez que os estudantes vão se aperfeiçoando a cada etapa de estudo, além de terem que ler todo o material antes de cada aula expositiva. Mais adiante veremos os ocorridos integrados à terceira semana.

6.3 SEMANA 3

Esta semana de trabalho seguiu com os mesmos critérios das duas anteriores com relação à forma de aplicação em classe. O tópico de estudo abordado foi ***Lei da Gravitação Universal: Satélites (naturais e artificiais) em órbitas circulares***. Nesta etapa trabalhamos cinco exercícios, dois sobre teste de leitura e três do tipo principal. Reforçando que as questões relativas ao teste de leitura não entram nas estatísticas quantitativas das tabelas deste trabalho, porém elas foram detalhadas ao longo do desenvolvimento da aplicação em sala. Essas atividades associadas às leituras prévias em casa são de fundamental importância para que o processo da aplicação transcorra de forma substancial. A leitura antecipada vincula o engajamento dos estudantes com o aprendizado, ela desperta o interesse de responsabilidade do aluno. A mesma é tão importante quanto as questões principais.

A realização de leitura prévia, em casa, pelos alunos antes da resolução dos exercícios trouxe novos horizontes para o processo de ensino e aprendizagem. As duas questões sobre o teste foram resolvidas pela maior parte da turma. Houve um percentual muito considerável em relação às duas resoluções em classe. Nesta terceira semana participaram das atividades em classe vinte e oito alunos.

O número de acertos realmente foi expressivo. Nesse caso, o percentual de acerto foi de 89,28% (25 acertos) em relação ao primeiro teste. O segundo obteve 92,85% (26 acertos). Os exercícios referentes ao teste de leitura desta etapa são de nível conceitual razoável. O intuito na verdade, foi mais para “aquecer” a memória dos alunos para as questões principais, assim como para que o professor veja se a leitura em casa faz alguma diferença no momento de responder as atividades em classe.

Após a realização dos testes de leitura, foi a vez das atividades principais, onde foram aplicados 3 itens. No caso das principais, foram feitas três. Logo abaixo veremos seus respectivos quantitativos percentuais. Em relação à primeira questão foi obtido um valor referente a 78,57% (22 acertos). Como não houve necessidade de uma segunda votação, passamos para a segunda questão.

Na resolução do segundo exercício tivemos um percentual abaixo da média, isto é, 39,28% (11 acertos). Diante desta situação foi necessário fazer a segunda votação.

Após a primeira votação, os alunos formaram grupos de em média 5 alunos para que houvesse a interação (IpC) entre eles. É justamente nesta situação de discussão entre eles que o conhecimento flui mais livremente, onde eles tentam se convencer mutuamente acerca da melhor resposta. Realmente é um momento muito rico quando eles interagem entre si (figura 6.3.1).

Figura 6.3.1: Momento interativo (Peer Instruction) entre os alunos durante a segunda questão.



Fonte: Autor (2019).

Terminado o tempo estimado pelo professor (3 minutos), os alunos retornam para a formação de fileira e fazem sua segunda votação de forma individual. Após a segunda votação foi obtido um percentual eficaz em relação ao anterior. O quantitativo obtido foi 96,42% (27 acertos).

Finalizada a segunda votação do segundo exercício com ótimo quantitativo de acertos, foi proposta mais uma questão de finalização de tópico. Então, dado o tempo determinado para a resolução da votação, a quantidade de acertos ficou com valor de 89,28% (25 acertos). Nesta terceira e última questão o número de acertos (figura 6.3.2) foi bem expressivo com relação à primeira votação da questão anterior.

Figura 6.3.2: Primeira votação em relação a terceira e última questão.



Fonte: Autor (2019).

Devido ao expressivo número de acertos, não houve necessidade de uma segunda votação. Dessa forma, finalizamos a terceira semana de aplicação do produto educacional.

A tabela 6.3.1 nos mostra o resumo dos valores encontrados na ocorrência desta terceira semana de trabalho.

Tabela 6.3.1: Resumo dos números obtidos ao longo da terceira semana de aplicação.

Questões	Acertos percentuais
1ª (1ª votação)	78,57 %
2ª (1ª votação)	39,28%
2ª (2ª votação)	96,42%
3ª (1ª votação)	89,28%

Fonte: Autor (2021).

6.4 SEMANA 4

A quarta e última semana de aplicação foi um pouco mais complicada do que as demais. Um dos principais fatores foi que uma boa parte dos estudantes já estava aprovada, além do fato de estarem ocorrendo alguns eventos de fim de ano, o que gerou uma certa agitação entre os alunos. No entanto, a aplicação foi continuada até a conclusão da quarta semana. Nesta semana, apenas vinte e quatro alunos participaram das atividades de sala. O tópico de conteúdo abordado em sala foi **campo de gravidade e campo gravitacional: energia no campo gravitacional**. Outra dificuldade encontrada pelos alunos foi justamente a compreensão desse último

tópico. Mas todo esse conjunto de situação fez parte de toda aplicação. Nesse caso, fizemos uma questão para o teste de leitura e duas em relação às principais.

Apesar de uma maior dificuldade dos discentes em classe, até que em relação ao teste de leitura foi muito satisfatório. O valor percentual encontrado foi de 100% de acerto, isto é, os vinte e quatro alunos tiveram êxito no teste de “aquecimento” (figura 6.4.1).

Figura 6.4.1: Teste de leitura iniciando a quarta e última semana.



Fonte: Autor (2019).

Em seguida partimos para a primeira questão principal de aplicação. Dessa vez o resultado não foi igualmente satisfatório, sendo obtido um percentual de acertos de 41,66% (10 acertos). Nesse caso, se fez necessário uma segunda votação. Mas primeiro, foi feito o momento de interação (Peer Instruction) entre os estudantes em classe, onde os alunos buscam aprofundar seus conhecimentos perante aquilo que se estuda.

No momento em que eles discutem (figura 6.4.2) uma forma de obter uma melhor argumentação para a construção de suas respostas crucial para que seus conhecimentos possam evoluir e assumir uma postura segura e melhorada nos estudos. É importante lembrar que além de os alunos serem capazes de se expressarem diante de qualquer área do conhecimento, eles também busquem ser mais críticos sobre seus estudos e em seu meio social. Então, a partir de uma média de cinco alunos, o professor forma alguns grupos para as discussões em sala.

Figura 6.4.2: Discussão entre os alunos para a segunda votação em relação à primeira questão.



Fonte: Autor (2019).

Finalizado o tempo de interação entre os alunos, todos voltam em sua arrumação original, ou seja, em fileiras e esperam o comando do professor para realizar a segunda votação. Assim, depois da segunda votação, o valor encontrado para a primeira questão foi de 95,83% (23 acertos). Então, desta vez, o percentual foi significativo em relação ao exercício anterior.

Concluída a segunda votação da primeira questão fomos trabalhar a segunda e última atividade da quarta semana de aplicação. Então, em continuidade dos trabalhos em classe o docente fez a proposição de mais uma questão para finalização de toda aplicação. Nesse caso, o valor quantitativo já foi validado na primeira votação. Dessa forma o saldo encontrado foi de 95,83% (23 acertos), ou seja, idêntico ao da segunda votação referente à primeira questão.

Logo, com esta segunda questão, fica findado os trabalhos em sala de aula. A tabela 6.4.1 mostra o resumo completo dos valores obtido ao longo dessa quarta semana.

Tabela 6.4.1: Resumo do quantitativo obtido na aplicação da quarta semana.

Questões	Acertos percentuais
1ª (1ª votação)	41,66 %
1ª (2ª votação)	95,83%
2ª (1ª votação)	95,83%

Fonte: Autor (2021).

Como pudemos observar ao longo da aplicação referente às quatro semanas, todas as questões utilizadas foram de caráter conceitual, corroborando com a metodologia ativa de Erik Mazur (Peer Instruction). No entanto, após a realização dos exercícios conceituais obrigatórios, fizemos uso da matemática para representar com maior eficiência os fenômenos inseridos nos tópicos de abordagem em sala. A teoria de Mazur (2018) é bem clara em relação ao tempo que sobra logo após as resoluções das questões conceituais. O professor pode aproveitar esse intervalo de tempo livre para fazer qualquer outra atividade, como por exemplo, fazer mais exercícios, passar para outro tópico de estudo, realizar experimentação, assistir a algum vídeo relacionado, e, inclusive dispensar os alunos, etc.

No caso do presente trabalho, o tempo livre foi destinado para aprofundar o conhecimento dos conceitos que envolviam os fenômenos estudados. Ou seja, usamos as equações matemáticas para explicar com maior profundidade cada exercício efetuado em sala. Ao final de cada etapa concluída sempre fazíamos alguns exercícios (chamamos de questão/exercício aprofundamento de conceito) envolvendo equações matemáticas. No caso deste trabalho, com exceção da primeira semana, mas nas três seguintes fizemos exercícios de aprofundamento. O destaque dessas atividades de aprofundamento ocorreu durante a segunda semana com o tópico referente às *Leis de Kepler*.

Pode-se destacar que para a aplicação das questões de aprofundamento, à segunda semana foi a que atingiu o ápice de toda aplicação do produto educacional. Este se deu devido à exibição das primeiras animações computacionais. Ficou bastante evidente que essas animações chamaram muito a atenção do público envolvido na pesquisa. E esse fato rendeu muitas perguntas, bastante interação, empolgação e efetivação ao da jornada de aplicação pela maior parte dos estudantes. As animações computacionais foram sendo introduzidas na medida em que os tópicos dos conteúdos iam sendo desenvolvido. O uso delas foi feito independente se o aluno estava ou não compreendendo bem os tópicos estudados. Elas também foram usadas de formas variadas em sala, ou seja, às vezes no início da aula, às vezes no meio, e em alguns (a maioria) no final. Em alguns casos, as animações eram quase

autoexplicativas, mas só porque os alunos faziam as leituras recomendadas antes das aulas

Outro momento bastante apreciado pelos alunos em classe foi quando estudamos o tópico *Lei da Gravitação Universal* (terceira semana). Esse conteúdo, assim também como os anteriores foi de grande interesse e importância para o aprendizado dos discentes. Algumas questões voltadas para as equações também foram desenvolvidas nessa etapa. E mais uma vez as animações computacionais fizeram a diferença. A última semana não foi tão intensa como as duas anteriores. O assunto foi *Campo de gravidade e Campo gravitacional: energia no campo gravitacional*. Porém, foi feito um exercício de aprofundamento e mostrado mais algumas animações computacionais.

Ainda como parte integrada a estes resultados, foram colhidos alguns comentários de alguns alunos e professores (que pediram para observar), um de Física e outro de Português, da mesma escola de trabalho acerca da metodologia com as animações de computador implementadas. O professor aplicador, o próprio autor desta dissertação, fez algumas perguntas sobre esta forma de abordagem no Ensino Médio. Abaixo se encontra a pergunta com as respectivas respostas dos envolvidos. O questionamento abaixo foi feito logo após o término quarta semana, em classe para os alunos e na sala dos professores referente aos mesmos. O propósito da pergunta sobre o método utilizado em sala após a aplicação foi, também, observar a efetividade do processo de ensino e aprendizagem.

O que vocês (alunos e professores) acharam desta metodologia que foi empregada em sala de aula aqui na escola?

Resposta do aluno X: *“Professor, é uma forma deferente de explicar, gostei muito,.. [sic].”*

Resposta do aluno Y: *“Nunca tinha visto algo parecido, muito divertido também. [sic]”*

Resposta do aluno Z: *“Arrasou teacher, muito bacana mesmo, apesar de sua explicação já ser muito didática, muito diferenciado também, amei, ... [sic]”*

Resposta do aluno W: *“Essas animações dos computadores são massa, me empolguei pra caramba, é doideira, e o cara aprende mesmo. [sic]”*

Resposta do aluno K: *“É uma forma diferente e dá menos trabalho pra responder a questão, e a aquelas coisinhas se mexendo lá no computador é divertido. É mais melhor para fazer as questões que tem muita conta. [sic]”*

Resposta do aluno V: *“Realmente essa maneira de explicar é muito nova, nunca tinha visto. Até joguei lá Google pra mais informações, mas não entendia praticamente nada. Porém, faz muito a diferença para nos motivar a estudar. [sic]”*

Resposta do aluno φ : *“Oxe, me empolguei que só p... já gostava de fazer as questões de contas, aí quando eu vi se juntar as coisas da Física com a matemática pronto, agora é que eu vou longe. Muito massa as animações, o cara se liga como as acontecem, fica mais tranqüilo na cabeça...[sic]”*

Resposta do professor A: *“É uma metodologia promissora e já vem sendo bastante discutida e implementada em algumas situações educacionais, tem muito futuro pela frente. Já tinha visto falar da mesma. Porém, não a tinha visto associada com outros instrumentos, como no seu caso, as animações computacionais. Parabéns pelo trabalho, sucesso!! [sic]”*

Resposta do professor B: *“já tinha lido por alto, mas não sabia dos procedimentos de aplicação dessa metodologia. Não sei se seria possível trabalhá-la em período mais longo, como um semestre ou até mesmo um letivo completo. Mas independentemente deste fato, é revolucionária esta sua aplicação. Parabéns! [sic]”*

Então, estes foram alguns comentários feitos por alunos e professores da escola em que foi feita a aplicação do produto educacional. A motivação de fazer o questionamento acima que resultou nas respostas comentadas pelos envolvidos (alunos e professores) foi só para registrar a relevância de todo o trabalho que foi realizado com compromisso, disciplina e efetividade.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta sugerida aqui é uma sequência didática que visa contribuir com o processo de ensino e aprendizagem no Ensino de Física voltado para a Escola Média brasileira. No caso, mais precisamente direcionado para a aprendizagem do aluno, uma vez que o mesmo é autor principal do processo. Este trabalho é especificamente direcionado para realidade do estudante no Estado de Alagoas. Essa forma didática é apresentada como objetivo atrativo que busque integrar o aprendizado do aluno com sua vida cotidiana.

Apesar de algumas transformações já serem implementadas na educação básica, em especial no ensino médio, ainda se observa que o ensino de Física não se faz tão presente na vida do aluno. A maioria do aprendizado fica dentro da escola. Então esse fato leva a uma maior reflexão em âmbito geral sobre inovações e ações pedagógicas para o ensino e aprendizagem. Também é de se levar em consideração que mesmo o docente fazendo uso de qualquer método adequado de ensino em sala, o apoio na metodologia por si só não será possível fazer um trabalho efetivo dentro da escola. Para que se tenha um ensino satisfatório, o ideal é que se tenha atos de compromisso, dedicação e competência do professor e, consciência, disciplina e vontade por partes dos discentes.

O presente trabalho também busca fazer referência a alguns conhecimentos já existentes no aluno, ou seja, o conhecimento prévio. Mesmo que esse conhecimento seja ainda meio distorcido, desalinhado ou ainda que não tenha uma configuração científica mais específica. Não foi imposto que o estudante já soubesse ou tivesse domínio do conteúdo abordado – Gravitação – porém que lhe fosse dado uma motivação com propósito de ampliar seus conhecimentos nos estudos e também que o mesmo pudesse ter a consciência de que os conceitos de Física abordados estão inseridos em seu meio social. E dessa forma, o discente possa e saiba fazer uso de seus conhecimentos para que a partir daí buscar novas conexões mentais que o leve a novas aprendizagens em seu meio de vida.

Ficou bastante evidente também que o uso de novas tecnologias digitais traz consigo uma grande e necessária contribuição no processo de ensino-aprendizagem. Como já foi citado em capítulos anteriores que vários autores defendem o uso de tecnologias virtuais no meio educacional. Sabemos que em

tempos vigentes, principalmente, a internet ganha cada vez mais popularidade e seu uso é muito solicitado na sociedade global. No caso específico deste trabalho, em relação à tecnologia digital, fez-se a utilização de *Animações computacionais*. Realmente foi bastante relevante a implementação dessa tecnologia durante toda a aplicação, foi o diferencial na abordagem dos tópicos estudados em sala de aula.

Este trabalho também nos mostrou alguns tipos de metodologias ativas e forneceu argumentos de que as mesmas são muito eficazes quanto ao seu uso como modelo pedagógico de ensino. Os métodos ativos possuem caráter inovador e motivado para um ensino de qualidade. Quando existe uma junção de um modelo ativo de metodologia com uma ferramenta de ensino (no caso de nossa dissertação foi a junção do IpC com animações computacionais) aí todo o processo de ensino-aprendizagem fica mais fluido, dinâmico, versátil e mais prazeroso para todos os envolvidos.

A presente dissertação mostra nossa experiência sob uma perspectiva de uma junção promissora, IpC e animação de computador, e rendeu ótimos frutos de ensino e de aprendizagem. Essa junção despertou muito interesse pela maioria dos estudantes envolvidos no processo de aplicação. Foram quatro semanas de aplicação e pode-se dizer que todos os participantes foram beneficiados com a ampliação de seus conhecimentos científicos. Principalmente os alunos que foram capazes de melhorar seus pensamentos críticos, fazer mais reflexões sobre o mundo científico. E além desses fatores, ainda foi despertada a curiosidade e o desejo pelos estudos de Física.

No entanto, é preciso considerar que independente de qualquer método ativo ou quaisquer tecnologias digitais, por si só não serão capazes de substituir a intervenção do professor. O que foi apresentado não é nenhuma receita pronta que já determina o sucesso de uma aplicação de conteúdo em uma sala de aula. Nossa experiência neste trabalho serve apenas de ponto de partida. Este trabalho contribui em mais uma ação pedagógica focada no aluno. Ainda se faz necessário mais ações como essa e que seja aplicada e/ou implementada como medida educacional para que a dinâmica de ensinar e principalmente de aprender tenha uma perspectiva promissora na vida social do estudante.

Sendo assim, como perspectiva de continuidade deste trabalho, possamos melhorar e ampliar este arcabouço para fins educacionais. E nesse sentido, tornando o ato de ensinar e principalmente o de aprender cada vez acessível, efetivo e promissor. E que o aluno, como autor principal do processo, possa assumir uma postura cada vez mais crítica, reflexiva do mundo científico ao seu redor. E que o mesmo seja consciente de seu papel na sociedade.

REFERÊNCIAS

- [01] BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática; 2ª ed. São Paulo: Penso, 2018.
- [02] LINS, M. J. S. C.; MIRANDA, B. R. C. **Ausubel e Bruner**: Questões sobre aprendizagem; 1ª ed. Curitiba: CRV, 2018.
- [03] CARVALHO, M. J. S. C.; RICARDO, E. C.; SASSERON, L. H.; ABIB, L. V. S.; PIETROCOLA, M. **Ensino de Física**: Coleção Ideias em Ação; 1ª ed. São Paulo: Cengage, 2018.
- [04] SMOLKA, A. L. B.; LACERDA, C. B. F.; MORTIMER, E. F.; LEME, M. I. S.; OLIVEIRA, M. K.; BARZOTTO, V. H. **CULTURA, APRENDIZAGEM e DESENVOLVIMENTO**: Coleção Pedagogia Contemporânea; 1ª ed. São Paulo: Editora VOZES, 2011.
- [05] CAMARGO, F.; DAROS, T. **a sala de aula inovadora**: estratégias pedagógicas para o aprendizado ativo; 1ª ed. Porto Alegre: Penso, 2018.
- [06] FILATRO, A.; CAVALCANTE, C. C. **metodologias INOV – ativas**: na educação presencial, a distância e corporativa; 1ª ed. São Paulo: Saraiva, 2018.
- [07] SILVA, O. H. M. **Metodologia no Ensino de Matemática e Física**: Professor – Pesquisador no Ensino de Física; 20ª ed. Curitiba: IBPEX, 2018.
- [08] VILLATORRE, A, M.; HIGA, I.; Tychanowicz, S. D. **Didática e Avaliação em Física**: 1ª ed. São Paulo: Saraiva, 2009.
- [09] MAZUR, Eric. **PeerInstruction**: A revolução da aprendizagem ativa; 1ª ed. Porto Alegre: Penso, 2015.
- [10] GLEISER, M. **A Harmonia do Mundo**: 1ª ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.
- [11] GLEISER, M. **A dança do Universo**: Dos Mitos de Criação ao Big Bang; 1ª ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.
- [12] WEINBERG, S. **PARA EXPLICAR O MUNDO: A DESCOBERTA DA CIÊNCIA MODERNA**; 1ª ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2015.
- [13] VIEIRA, A. C. F. **O TEMPO QUE O TEMPO TEM**: Por que o ano tem 12 meses e outras curiosidades sobre o calendário; 1ª ed. Rio de Janeiro: ZAHAR, 2008.
- [14] CALÇADA, C, S.; SAMPAIO, J. L. **Física Clássica: DINÂMICA ESTÁTICA**; 2ª ed. São Paulo: ATUAL EDITORA, 1998.
- [15] TORRES, C, M, A.; FERRARO, N, G.; SOARES, P, A, T.; PENTEADO, P, C, M. **Física Ciência e Tecnologia: Mecânica** ;4ª ed. São Paulo: MODERNA, 2016.

- [16] SERWAY, R, A.; JEWETT, J, W. **Princípios de Física, Volume 1: MECÂNICA CLÁSSICA E RELATIVIDADE**; 5ª ed. São Paulo: CENGAGE Learning, 2014.
- [17] HALLIDAY; RENISCK. **Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**; 10ª ed. Rio de Janeiro: Gen I LTC, 2016.
- [18] Sala de aula invertida (flippedclassroom): Inovando as aulas de Física, **Física na Escola**, v. 14, n. 2, 2016: Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol14-Num2/a02.pdf>>Acessado no dia seis de junho de 2019.
- [19] Abordando fenômenos de difração e interferência de ondas com o método PeerInstruction: **Física na Escola**, v. 16, n. 1, 2018: Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol14-Num2/a02.pdf>>Acessado no dia seis de junho de 2019.
- [20] XXIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNFE 2019: **PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA: QUAIS AS TENDÊNCIAS SOBRE O USO DE TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO?** : Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0529-1.pdf>>Acessado no dia seis de junho de 2019.
- [21] Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física; Mestrado Acadêmico em Ensino de Física. Instituto de Física-UFRGS: **Metodologias Interativas de Ensino na formação de professores de Física: UM ESTUDO DE CASO COM PEER INSTRUCTION**: Disponível em: <<http://edisciplina.usp.br/.../0/Dissertação> >Acessado no dia vinte de abril de 2019.
- [22] Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Instituto de Física, Mossoró-RN: **UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ELETRICIDADE E O USO CONSCIENTE DA ENERGIA ELÉTRICA**: Disponível em: <<https://mnpes.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/94/2017/02/MNPEF-UFERSA-Tadeu.pdf>>Acessado no dia seis de junho de 2019.
- [23] Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Instituto de Física, Viçosa-MG: **INSTRUÇÕES PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO PEER. INSTRUCTION EM AULAS DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO**: Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/produtoeducacional_alan.pdf>Acessado no dia seis de Maio de 2019.
- [24] Educação para a Ciência e a Matemática (PCM) da Universidade Estadual de Maringá (UEM) lcgomes2@uem.br. A teoria de Aprendizagem de Bruner e o Ensino de Ciências, **Arquivos do MUDI**, v. 21, n 03, p.13-24, 2017: Disponível em: <www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/.../pdf>Acessado no dia seis de junho de 2019.

- [25] *Teoria do desenvolvimento cognitivo*. J. Bruner et al. (1966) *Studies in cognitive growth*. New York. John Wiley & Sons. * *Teoria de ensino*. J. Bruner (1971). *Psicopedagogia das Necessidades Especiais*. Teorias da Aprendizagem de Bruner Disponível em: <<http://www.mat.uc.pt/~guy/psiedu2/bruner>> Acessado no dia seis de julho de 2019.
- [26] Cibeli Marzari Bertagnolli (1) , Orildo Luis Battistel (2) , Sheila Magali Holz(2) , Sabrina Hernandes Stiegelmeir(3), **A modelagem e a simulação computacional, como recurso didático na disciplina de Física em cursos técnicos integrados ao ensino médio**: Disponível em: <www.gestaouniversitaria.com.br/system/scientific.../artigo.pdf> Acessado no dia seis de abril de 2018, 20:40h.
- [27] Uma associação do método *Peer Instruction* com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa: **Revista Brasileira de Ensino de Física** , vol. 39, nº. 2, 2017: Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbef/v39n2/1806-1117-rbef-39-02-e2401.pdf>> Acessado no dia seis de outubro de 2020, às 05h:30.
- [28] Araújo, S. I.; Mazur. E. INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS E ENSINO SOB MEDIDA: UMA PROPOSTA PARA O ENGAJAMENTO DOS ALUNOS NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA. *Cad. Bras. Ens. Fis.*, v. 30, n.2: p. 362-384, agosto de 2013: Disponível em: <<file:///C:/Users/Administrador/Downloads/Dialnet-InstrucaoPelosColegasEE ensinoSobMedida-5165476.pdf>> Acessado no dia 19 de agosto de 2021.
- [29] Araújo, S. I. et al. IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO DE ENSINO PEER INSTRUCTION COM O AUXÍLIO DOS COMPUTADORES DO PROJETO “UCA” EM AULAS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO. *Cad. Bras. Ens. Fis.*, v. 29, n.especial 1: p. 491-524, setembro de 2012: Disponível em: <<file:///C:/Users/Administrador/Downloads/Dialnet-InstrucaoPelosColegasEE ensinoSobMedida-5165476.pdf>> Acessado no dia 19 de agosto de 2021.
- [30] Araújo, S. I. et al. Uma revisão da literatura acerca da implementação da metodologia interativa de ensino Peer Instruction (1991 a 2015). *Cad. Bras. Ens. Fis.*, v. 39, n. 3. ed 3403, fevereiro de 2017: Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/163917>> Acessado no dia 19 de agosto de 2021.
- [31] Dumont, L. M. M. et al. O PEER INSTRUCTION COMO PROPOSTA DE METODOLOGIA ATIVA NO ENSINO DE QUÍMICA. *Revista de Engenharia Química e Química*, v. 2, n. 3: p. 107-131, outubro de 2016: Disponível em: <<https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/2446941602023016107>> Acessado no dia 12 de novembro de 2020.

APÉNDICE

ANEXO A

TESTES DE LEITURAS

Teste de leitura (1ª semana)

1) De acordo com os filósofos da Grécia Antiga, principalmente os que se dedicaram aos fenômenos celestiais, podemos concluir corretamente que,

A) Pitágoras foi o primeiro a ser destacado com relação aos fenômenos associados aos eclipses.

B) Anaxágoras teve dedicação exclusiva em relação à matemática e explicou o eclipse lunar como uma projeção da sombra da Terra na lua.

C) Anaxímenes e Anaximandro estudaram as mesmas coisas, sendo Anaxímenes o que estabeleceu os equinócios.

D) Aristóteles afirmava que a natureza era composta pelos quatro elementos: Terra, fogo, ar e água. E ainda acrescentou o quinto elemento: o Éter (formaria o espaço celeste).

E) Platão dizia que a Terra não ocupava o centro das esferas planetárias. E para ele, o Sol estava no centro do Universo.

2) Em relação aos modelos ou sistemas planetários, podemos destacar como verdadeira a alternativa,

A) Aristarco de Samos e Pitágoras possuem a mesma proposta de modelo, isto é, o modelo Geocêntrico.

B) Hiparco de Niceia, apesar de ter adotado o modelo Heliocêntrico, foi considerado o maior astrônomo da Antiguidade.

C) O modelo de Ptolomeu explicava satisfatoriamente os movimentos dos planetas. E seu sistema adotado foi o Geocentrismo.

D) O modelo de Copérnico adotado foi o Heliocêntrico, pois foi aceito de forma pacífica pela sociedade da época, principalmente pela Igreja Católica.

E) Giordano Bruno foi defensor das ideias de Nicolau Copérnico, pois defendeu o modelo Geocêntrico.

QUESTÕES PRINCIPAIS

Tópico abordado: Modelos de Sistemas Solares dentro do contexto histórico

Questões principais (1ª Semana)

01)²⁷ Em sua busca pela compreensão do mundo em que vive, o ser humano, desde a Antiguidade, formulou diferentes modelos para o Universo. É correto afirmar que:

- A) Aristóteles imaginou um modelo geocêntrico no qual os movimentos que ocorriam na Terra eram diferentes dos que ocorriam nos “céus”, região da esfera da lua para cima.
- B) O grego Arquimedes de Siracusa foi o primeiro a formular um sistema heliocêntrico para o Universo.
- C) o geômetra grego Claudio Ptolomeu propôs, em seu livro *Almagesto*, um sistema geocêntrico e geocêntrico para o Universo.
- D) Galileu defendeu o sistema heliocêntrico de Copérnico, utilizando argumentos baseados em observações astronômicas feitas com uma pequena luneta.
- E) As leis de estabelecidas por Kepler para os movimentos planetários contribuíram para a substituição do modelo geocêntrico pelo heliocêntrico.

02)²⁸ Na linha de uma tradição antiga, o astrônomo grego Ptolomeu (100-170 d.C.) afirmou a tese do geocentrismo, segundo a qual a Terra seria o centro do universo, sendo que o Sol, a Lua e os planetas girariam em seu redor em órbitas circulares. A teoria de Ptolomeu resolvia de modo razoável os problemas astronômicos da sua época. Vários séculos mais tarde, o clérigo e astrônomo polonês Nicolau Copérnico (1473-1543), ao encontrar inexatidões na teoria de Ptolomeu, formulou a teoria do heliocentrismo, segundo a qual o Sol deveria ser considerado o centro do universo, com a Terra, a Lua e os planetas girando circularmente em torno dele. Por fim, o astrônomo e matemático alemão Johannes Kepler (1571-1630), depois de estudar o planeta Marte por cerca de trinta anos, verificou que a sua órbita é elíptica. Esse resultado generalizou-se para os demais planetas.

A respeito dos estudiosos citados no texto, é correto afirmar que

- A) Ptolomeu apresentou as ideias mais valiosas, por serem mais antigas e tradicionais.
- B) Copérnico desenvolveu a teoria do heliocentrismo inspirado no contexto político do Rei Sol.
- C) Kepler apresentou uma teoria científica que, graças aos métodos aplicados, pôde ser testada e generalizada.
- D) Copérnico viveu em uma época em que a pesquisa científica era livre e amplamente incentivada pelas autoridades.

²⁷ Extraída do livro texto Mecânica, volume 1: Ciência e Tecnologia.

²⁸ Extraída do Enem 2019, questão 05.

E) Kepler estudou o planeta Marte para atender às necessidades de expansão econômica e científica da Alemanha.

03)²⁹ Em 1609, Galileu Galilei, pela primeira vez na história, apontou um telescópio para o céu. Em comemoração aos quatrocentos anos desse feito, o ano de 2009 foi considerado pela ONU o Ano Internacional da Astronomia. Entre suas importantes observações astronômicas, Galileu descobriu que o planeta Júpiter tem satélites. Qual a importância histórica dessa descoberta?

A) Existem corpos celestes que não orbitam a Terra, o que implica que a Terra poderia não ser o centro do Universo.

B) Comprovou a veracidade da Lei da Gravitação Universal de Isaac Newton.

C) Permitiu a Johannes Kepler formular suas leis da mecânica celeste.

D) Existem corpos esféricos maiores que o Planeta Terra, o que implica que a Terra não é o único corpo sólido do Universo.

E) Mostrou que as Leis de Newton são válidas também para a interação gravitacional.

²⁹ Extraída de <https://exercicios.mundoeducacao.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-historia-gravitacao.htm>. Questão 02 da Unir-RO.

TESTES DE LEITURAS

Teste de leitura (2ª semana)

01) Com base nos seus conhecimentos acerca da Primeira Lei de Kepler, assinale a alternativa correta.

- A) A velocidade de translação de um planeta que orbita o Sol é sempre constante ao longo da órbita.
- B) A órbita dos planetas em torno do Sol é elíptica e tem o Sol em um de seus focos.
- C) A razão entre o quadrado do período orbital dos planetas que orbitam a mesma estrela e o cubo do raio médio de suas órbitas é constante.
- D) A linha imaginária que liga a Terra até o Sol varre áreas iguais em períodos iguais.
- E) A velocidade de translação dos planetas depende da distância em que o planeta se encontra do Sol.

QUESTÕES PRINCIPAIS

Tópico abordado: As leis de Kepler

Questões principais (2ª Semana)

01)³⁰ Um certo cometa se desloca ao redor do sol. Levando-se em conta as Leis de Kepler, pode-se com certeza afirmar que:

- A) a trajetória do cometa é uma circunferência, cujo centro do sol ocupa.
- B) num mesmo intervalo de tempo Δt , o cometa descreve a maior área entre duas posições e o sol, quando está mais próximo do sol.
- C) a razão entre o cubo do seu período e o cubo do raio médio da sua trajetória é uma constante.
- D) o cometa, por ter uma massa bem maior do que o sol, não é atraído pelo mesmo.
- E) o raio vetor que liga o cometa ao sol varre áreas iguais em tempo iguais.

02)³¹ A segunda Lei de Kepler (lei das áreas) permite concluir que um planeta possui.

- A) maior velocidade quando se encontra mais longe do sol.
- B) velocidade constante em toda sua trajetória.
- C) menor velocidade quando se encontra mais perto do sol.
- D) maior velocidade quando se encontra mais perto do sol.
- E) N. D. A.

³⁰ Extraída da coleção Física Clássica, volume 2 (Dinâmica e estática).

³¹ Extraída da coleção Física Clássica, volume 2 (Dinâmica e estática).

03)³² A terceira Lei de Kepler afirma que “os quadrados dos tempos de revolução dos planetas são proporcionais aos cubos de suas distâncias médias ao sol”. De acordo com esta lei, é correto dizer que:

- A) planetas mais afastados do sol são mais velozes.
- B) dependendo de suas massas, planetas diferentemente afastados podem ter mesma velocidade.
- C) todos os planetas do sistema solar têm a mesma velocidade angular.
- D) as velocidades dos planetas são inversamente proporcionais aos quadrados das distâncias ao sol.
- E) o “ano” de Mercúrio é menor que o da Terra.

04)³³ Uma das conclusões expressas nas famosas leis de Kepler foi sobre os movimentos dos planetas em órbitas elípticas das quais o Sol ocupa um dos focos.

- A) Esta conclusão foi uma consequência, e portanto posterior, do enunciado das leis da Mecânica de Newton.
- B) Coube a Sir Isaac Newton interpretar teoricamente estas conclusões com base na Lei da Gravitação Universal e nos princípios da Mecânica Clássica que ele próprio havia proposto.
- C) Esta conclusão não apresenta nenhuma relação com o movimento dos engenhos conhecidos como satélites artificiais da Terra.
- D) O movimento da Lua em torno da Terra é de natureza diferente daquele descrito por Kepler.
- E) Nenhuma das afirmações acima é verdadeira.

TESTES DE LEITURAS

Teste de leitura (3ª semana)

01)³⁴ A força gravitacional com que a Terra atrai a Lua:

- A) é menor que força com que a Lua atrai a Terra.
- B) é da mesma intensidade para todos os planetas.
- C) é pouco maior do que a força com que a Lua atrai a Terra.
- D) é da mesma natureza da força que faz uma fruta cair de uma árvore.
- E) não tem nenhuma influência sobre as marés.

02)³⁵ Satélites artificiais gravitando ao longo da linha do Círculo Polar Antártico (ou Ártico) seriam de grande utilidade para observações estratégica nessas regiões. A principal (se não a única) razão da impossibilidade da instalação desses satélites:

- A) são as baixas temperaturas nessas regiões, que dificultariam as comunicações.

³² Extraída da coleção Física Clássica, volume 2 (Dinâmica e estática).

³³ Extraída da coleção Física Clássica, volume 2 (Dinâmica e estática).

³⁴ Extraída da coleção Física Clássica, volume 2 (Dinâmica e estática).

³⁵ Extraída do livro texto Mecânica, volume 1: Ciência e Tecnologia.

- B) é a obrigatoriedade de o plano da órbita de qualquer satélite ter de passar pelo centro da Terra.
- C) é a obrigatoriedade de a órbita de qualquer satélite ter de ser paralela à linha do Equador.
- D) é a dificuldade de acesso a esses locais inóspitos para montar bases de recepção.
- E) é a interferência eletromagnética nas comunicações, que ocorre nessas latitudes, decorrente dos ventos solares.

QUESTÕES PRINCIPAIS

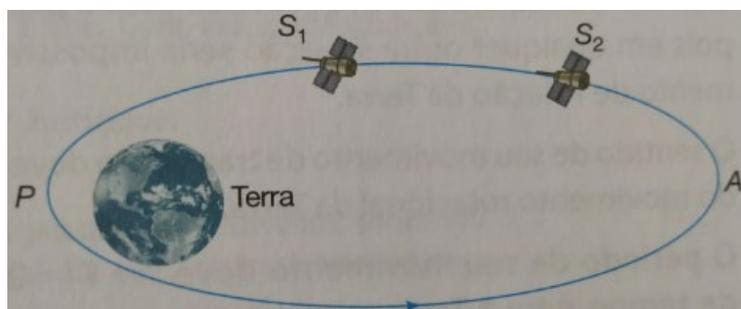
Tópico abordado: Lei da Gravitação Universal aplicadas ao movimento dos satélites em órbitas circulares.

Questões principais (3ª Semana)

01)³⁶ Sobre a força de atração gravitacional entre corpos de massas constantes e pequenas dimensões, é correto afirmar que:

- A) sua intensidade dobra quando se reduz a distância entre os corpos à metade.
- B) sua intensidade é diretamente proporcional ao quadrado da distância entre os corpos.
- C) sua intensidade cai para um terço do valor inicial quando se triplica a distância entre os corpos.
- D) sua intensidade é diretamente proporcional ao quadrado das massas dos corpos.
- E) sua intensidade é diretamente proporcional ao quadrado do inverso da distância entre esses corpos.

02)³⁷ No esquema a seguir, os satélites S_1 e S_2 foram colocados numa mesma órbita elíptica ao redor da Terra, no sentido indicado pela seta, e a massa de S_1 é igual à massa de S_2 . Os pontos A e P são, respectivamente, o apogeu e o perigeu dos movimentos. Julgue as afirmações a seguir e determine a opção correta.



- I. No instante mostrado na figura, S_1 tem maior velocidade orbital que S_2 .
- II. No instante mostrado na figura, a intensidade da força gravitacional sobre S_1 é maior que a intensidade da força gravitacional sobre S_2 .
- III. No instante mostrado na figura, S_1 e S_2 apresentam movimentos acelerados.
- IV. No instante mostrado na figura, S_1 e S_2 têm acelerações de valores iguais.
- V. Os satélites têm períodos de translação iguais.

Assim, concluímos que:

- A) todas estão corretas.
- B) somente a IV está incorreta.
- C) somente I, III e V estão corretas.
- D) somente IV e V estão incorretas.
- E) todas estão incorretas.

³⁶ Extraída do livro texto Mecânica, volume 1: Ciência e Tecnologia.

³⁷ Extraída do livro texto Mecânica, volume 1: Ciência e Tecnologia.

03)³⁸ Leia a charge e responda o que se pede.



Em 1992-3, comemoraram-se os 350 anos do nascimento de Isaac Newton, autor de marcantes contribuições à ciência moderna. Uma delas foi a Lei da Gravitação Universal. Há quem diga que, para isso, Newton se inspirou na queda da maçã. Suponha que F_1 seja a intensidade da força exercida pela Terra sobre a maçã e F_2 a intensidade da força exercida pela maçã sobre a Terra. Então,

- A) F_1 será muito maior que F_2 .
- B) F_1 será um pouco maior que F_2 .
- C) F_1 será igual a F_2 .
- D) F_1 será um pouco menor que F_2 .
- E) F_1 será muito menor que F_2 .

³⁸ Extraída da coleção Física Clássica, volume 2 (Dinâmica e estática).

TESTES DE LEITURAS

Teste de leitura (4ª semana)

01)³⁹ O peso de um corpo:

- A) medido ao longo de um meridiano e ao nível do mar permanece constante.
- B) medido ao longo de um paralelo e ao nível do mar varia sensivelmente.
- C) não varia com a altitude.
- D) é maior no equador que nos polos.
- E) varia com a latitude.

QUESTÕES PRINCIPAIS

Tópico abordado: Campo gravitacional e Campo de gravidade, energia associada.

Questões principais (4ª Semana)

01)⁴⁰ Turistas que visitam Moscou podem experimentar a ausência de gravidade voando em aviões de treinamento de cosmonautas. Uma das maneiras de dar aos passageiros desses voos a sensação de ausência de gravidade, durante um determinado intervalo de tempo, é fazer um desses aviões:

- A) voar em círculos, num plano vertical, com velocidade escalar constante.
- B) voar em círculos, num plano horizontal, com velocidade escalar constante.
- C) voar verticalmente para cima, com aceleração igual a g .
- D) cair verticalmente de grande altura, em queda livre.
- E) voar horizontalmente, em qualquer direção, com aceleração igual a g .

02)⁴¹ Quando uma nave espacial está em movimento orbital em torno da Terra, vemos que os astronautas e os objetos no interior da nave parecem “flutuar”. Das alternativas abaixo, a que melhor representa uma explicação física para o fenômeno é:

- A) As acelerações, em relação a Terra, dos astronautas e dos objetos, no interior da nave são nulas.
- B) As massas dos astronautas e dos objetos no interior da nave são nulas.
- C) A nave, os astronautas e os objetos estão em queda livre.
- D) Nenhuma força atua nos astronautas e objetos que estão no interior da nave.
- E) A nave e o seu conteúdo estão fora do campo gravitacional criado pela Terra.

³⁹ Extraída da coleção Física Clássica, volume 2 (Dinâmica e estática).

⁴⁰ Extraída de <https://www.vestibulandoweb.com.br/fisica/unesp2001.asp>.

⁴¹ Extraída <https://fisicaevestibular.com.br/>.

ANEXO 2

Lista de questões extras resolvidas em sala de aula.

SEMANA 2

Questão 1⁴² Um satélite S está em órbita circular em torno da Terra e o raio de sua órbita é $R/3$, onde R é o raio médio da órbita da Lua. Determine o valor aproximado de seu período.

Questão 2⁴³ Um cometa em torno do Sol tem uma órbita elíptica tal que a distância mínima ao Sol (periélio) é de $3,0 \cdot 10^8$ km e a máxima (afélio) de $9,0 \cdot 10^8$ km. Sabendo que a Terra tem distância média do Sol de $1,5 \cdot 10^8$ km, determine o período (T) do cometa.

SEMANA 3

Questão 1⁴⁴ Considere os seguintes valores aproximados: massa da Lua, $m = 7 \cdot 10^{22}$ kg; massa da Terra, $M = 6 \cdot 10^{24}$ kg; distância média da Lua à Terra, $r = 4 \cdot 10^8$ m; constante de gravitação universal, $G = 6 \cdot 10^{-11}$ N.m²/kg². Admita que a Lua tenha órbita circular em torno da Terra. Determine:

- o módulo de força resultante sobre a Lua, desprezando as ações dos outros planetas e do Sol sobre ela;
- o módulo da velocidade de translação de Lua.

Questão 2⁴⁵ Um satélite artificial de massa m tem órbita circular em torno da Terra, de raio $2R$. Considerando que a Terra tenha massa M e raio R e que a constante de gravitação universal vale G , determine:

- o módulo da força resultante sobre o satélite;
- o módulo da velocidade de translação;
- o período de translação.

SEMANA 4

Questão 1⁴⁶ Não se considerando a rotação da Terra e supondo-a esférica, de massa M e raio R , determine a intensidade do campo gravitacional em um ponto E situado a uma altura h de sua superfície.

⁴² Extraída da coleção Física Clássica, volume 2 (Dinâmica e estática).

⁴³ Extraída da coleção Física Clássica, volume 2 (Dinâmica e estática).

⁴⁴ Extraída da coleção Física Clássica, volume 2 (Dinâmica e estática).

⁴⁵ Extraída da coleção Física Clássica, volume 2 (Dinâmica e estática).

⁴⁶ Extraída da coleção Física Clássica, volume 2 (Dinâmica e estática).

Questão 2⁴⁷ Sem considerar a rotação terrestre, determine a intensidade do campo gravitacional a:

a) $2,0 \cdot 10^4$ km do centro da Terra,

b) $5,6 \cdot 10^3$ km da sua superfície.

Dados:

Massa da Terra, $M = 6,0 \cdot 10^{24}$ kg

Raio da Terra, $R = 6,4 \cdot 10^3$ km

Constante de gravitação universal, $G = 6,7 \cdot 10^{-11}$ unidades do SI.

Questão 3⁴⁸ Calcule a velocidade de escape da Terra sabendo que: $M = 5,98 \cdot 10^{24}$ kg, $R = 6,38 \cdot 10^6$ m e $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ N.m²/kg².

Questão 4⁴⁹ A velocidade de escape da terrestre é aproximadamente 11,2 km/s. Determine a velocidade de escape de Marte considerando que a massa da Terra seja $M_T = 10 m_M$, e o raio da Terra seja $R = 2 r_M$. Onde m_M é a massa de Marte e r_M é o raio de Marte.

⁴⁷ Extraída da coleção Física Clássica, volume 2 (Dinâmica e estática).

⁴⁸ Extraída da coleção Física Clássica, volume 2 (Dinâmica e estática).

⁴⁹ Extraída da coleção Física Clássica, volume 2 (Dinâmica e estática).

ANEXO 3

Questões suporte

01)⁵⁰ Analise as proposições a seguir sobre as principais características dos modelos de sistemas astronômicos.

I. Sistema dos gregos: a Terra, os planetas, o Sol e as estrelas estavam incrustados em esferas que giravam em torno da Lua.

II. Ptolomeu supunha que a Terra encontrava-se no centro do Universo e os planetas moviam-se em círculos, cujos centros giravam em torno da Terra.

III. Copérnico defendia a ideia de que o Sol estava em repouso no centro do sistema e que os planetas (inclusive a Terra) giravam em torno dele em órbitas circulares.

IV. Kepler defendia a ideia de que os planetas giravam em torno do Sol, descrevendo trajetórias elípticas, e o Sol estava situado em um dos focos dessas elipses.

Assinale a alternativa **correta**.

- A) Somente as afirmativas I e IV são verdadeiras.
- B) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- C) Somente as afirmativas II, III e IV são verdadeiras.
- D) Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.
- E) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.

02)⁵¹ O modelo Ticónico híbrido propõe que o Sol gira em torno da Terra ao longo de um período de 365 dias. Enquanto isso, os demais planetas giram ao redor do Sol. Essa tese, que tenta alicerçar o modelo geocêntrico, foi proposta por:

- A) Isaac Newton
- B) Cláudio Ptolomeu
- C) Johannes Kepler
- D) Tycho Brahe
- E) Galileu Galilei

03) Marque a alternativa correta a respeito do modelo astronômico proposto por Cláudio Ptolomeu.

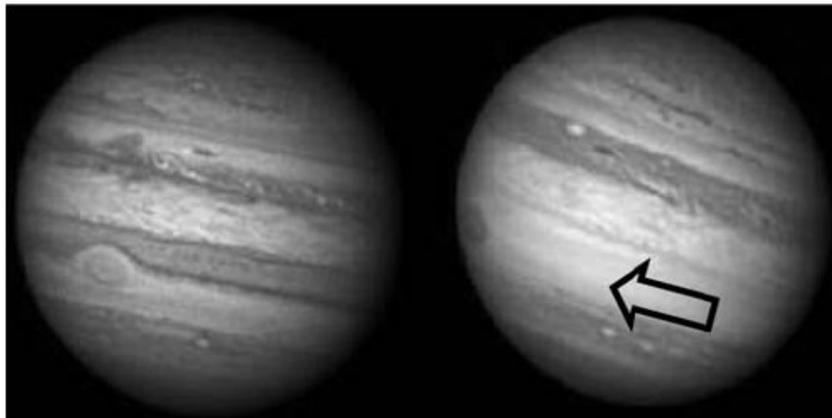
- A) O modelo ptolomaico propunha que o Sol girava ao redor da Terra e todos os outros planetas giravam ao redor do Sol.
- B) Nicolau Copérnico no século XVI propôs que a Terra era o centro do sistema planetário, proposta que era contrária à de Ptolomeu.
- C) O sistema planetário proposto por Ptolomeu trazia a ideia de que a Terra era o centro do Universo e os demais astros giravam ao seu redor.
- D) A proposta de Ptolomeu era a de um universo simples, por isso, o Sol deveria ser o centro e os demais planetas girariam ao seu redor.

⁵⁰ Questão extraída do site <https://www.gconcursos.com/questoes-de-vestibular/questoes/d353fd6d-73>.

⁵¹ Extraída de <https://exercicios.mundoeducacao.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-historia-gravitacao.htm>.

E) O modelo planetário proposto por Ptolomeu não foi aceito por muito tempo porque confrontava as ideias da Igreja.

04) ⁵² Júpiter, conhecido como o gigante gasoso, perdeu uma das suas listras mais proeminentes, deixando o seu hemisfério sul estranhamente vazio. Observe a região em que a faixa sumiu, destacada pela seta.



Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br>. Acesso em: 12 maio 2010 (adaptado).

A aparência de Júpiter é tipicamente marcada por duas faixas escuras em sua atmosfera – uma no hemisfério norte e outra no hemisfério sul. Como o gás está constantemente em movimento, o desaparecimento da faixa no planeta relaciona-se ao movimento das diversas camadas de nuvens em sua atmosfera. A luz do Sol, refletida nessas nuvens, gera a imagem que é captada pelos telescópios, no espaço ou na Terra. O desaparecimento da faixa sul pode ter sido determinado por uma alteração

- A) na temperatura da superfície do planeta.
- B) no formato da camada gasosa do planeta.
- C) no campo gravitacional gerado pelo planeta.
- D) na composição química das nuvens do planeta.
- E) na densidade das nuvens que compõem o planeta.

⁵² Extraída do Enem 2010, questão 53.

05) Com base nos seus conhecimentos acerca da Primeira Lei de Kepler, assinale a alternativa correta.

- A) A velocidade de translação de um planeta que orbita o Sol é sempre constante ao longo da órbita.
- B) A razão entre o quadrado do período orbital dos planetas que orbitam a mesma estrela e o cubo do raio médio de suas órbitas é constante.
- C) A órbita dos planetas em torno do Sol é elíptica e tem o Sol em um de seus focos.
- D) A linha imaginária que liga a Terra até o Sol varre áreas iguais em períodos iguais.
- E) A velocidade de translação dos planetas depende da distância em que o planeta se encontra do Sol.

06) Com relação à energia cinética de um planeta que orbita o Sol em uma órbita elíptica, assinale a alternativa correta.

- A) Quanto mais distante o planeta estiver do Sol, maior deverá ser a sua energia cinética.
- B) A energia cinética torna-se máxima nas proximidades do periélio e mínima nas proximidades do afélio.
- C) A energia cinética do planeta em órbita do Sol permanece sempre constante.
- D) A energia cinética torna-se mínima nas proximidades do periélio e máxima nas proximidades do afélio.
- E) A cada orbita, parte da energia cinética do planeta se perde, devido ao atrito com ar.

07) De acordo com a Terceira Lei de Kepler, conhecida como lei dos períodos, é **falso** afirmar que:

- A) o cubo do raio médio das órbitas é proporcional ao quadrado do período orbital.
- B) a razão entre o quadrado do período orbital e o cubo do raio médio da órbita terrestre é inversamente proporcional à massa do Sol.
- C) o quadrado do raio médio das órbitas é proporcional ao cubo do período orbital.
- D) a razão entre o quadrado do período orbital e o cubo do raio médio da órbita terrestre é inversamente proporcional à constante da gravitação universal.
- E) todas são falsas.

08) O modelo de universo proposto por Kepler, apesar de Heliocêntrico, tinha disparidades com o modelo de Copérnico. Marque a alternativa que contém tais disparidades.

- A) No modelo de Copérnico as trajetórias dos planetas eram circulares, enquanto no de Kepler as trajetórias eram elípticas. Como sabemos hoje, as trajetórias dos planetas ao redor do sol são elípticas.
- B) No modelo de Copérnico as trajetórias dos planetas eram elípticas, enquanto no de Kepler as trajetórias eram circulares. Como sabemos hoje, as trajetórias dos planetas ao redor do sol são elípticas.

C) Copérnico acreditava que o movimento no céu era circular e uniforme. A 3ª lei de Kepler nos mostra que o movimento dos planetas ao redor do Sol é variado.

D) Copérnico acreditava também, de forma errada, que o movimento no céu era circular e uniforme. A 2ª lei de Kepler nos mostra que o movimento dos planetas ao redor do centro da galáxia é variado.

E) N.D.A

09)⁵³ A Massa da Terra é aproximadamente 80 vezes a massa da Lua e a distância entre os centros de massa desses astros é aproximadamente 60 vezes o raio da Terra. A respeito do sistema Terra-Lua pode-se afirmar que:

A) a Lua gira em torno da Terra com órbita elíptica e em um dos focos dessa órbita está o centro de massa da Terra.

B) a Lua gira em torno da Terra com órbita circular e o centro de massa da Terra está no centro dessa órbita.

C) a Terra e a Lua giram em torno de um ponto comum, o centro de massa do sistema Terra-Lua, localizado no interior da Terra.

D) a Terra e a Lua giram em torno de um ponto comum, o centro de massa do sistema Terra-Lua, localizado no meio da distância entre os centros de massa da Terra e da Lua.

E) a Terra e a Lua giram em torno de um ponto comum, o centro de massa do sistema Terra-Lua, localizado no interior da Lua.

10)⁵⁴ O astrônomo alemão J. Kepler (1571-1630), adepto do sistema heliocêntrico, desenvolveu um trabalho de grande vulto, aperfeiçoando as ideias de Copérnico. Em consequência, ele conseguiu estabelecer três leis sobre o movimento dos planetas, que permitiram um grande avanço no estudo da astronomia. Um estudante ao ter tomado conhecimento das leis de Kepler concluiu, segundo as proposições a seguir, que:

I. Para a primeira lei de Kepler (lei das órbitas), o verão ocorre quando a Terra está mais próxima do Sol, e o inverno, quando ela está mais afastada.

II. Para a segunda lei de Kepler (lei das áreas), a velocidade de um planeta X, em sua órbita, diminui à medida que ele se afasta do Sol.

III. Para a terceira lei de Kepler (lei dos períodos), o período de rotação de um planeta em torno de seu eixo, é tanto maior quanto maior for seu período de revolução.

Com base na análise feita, assinale a alternativa correta:

A) apenas as proposições II e III são verdadeiras

B) apenas as proposições I e II são verdadeiras

C) apenas a proposição II é verdadeira

D) apenas a proposição I é verdadeira

E) todas as proposições são verdadeiras

⁵³ Questão extraída do site <https://www.mesalva.com/enem-e-vestibulares/exercicios/geografia/astronomia/astronomia-lista-3/exasex3>. Exercício da UNIFESP – SP.

⁵⁴ Extraída do site <https://www.institutoclaro.org.br/educacao/para-aprender/roteiros-de-estudo/estudar-em-casa-as-tres-leis-de-kepler/>. Questão da UFPB.

11)⁵⁵ Calcule aproximadamente o período de rotação de um satélite artificial da Terra cujo raio da órbita é 2 vezes menor que o raio da órbita da Lua. Considere que o período de rotação da Lua ao redor da Terra é igual a 28 dias.

12) Certo planeta A, que orbita em torno do Sol, tem período orbital de 1 ano. Se um planeta B, tem raio orbital 3 vezes maior, qual será o tempo necessário para que esse planeta complete uma volta em torno do Sol.

- A) 1,5 anos
- B) 2,5 anos
- C) 8,0 anos
- D) 3,5 anos
- E) 5,2 anos

⁵⁵ Extraída do site <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/leis-kepler.htm>.

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
PRÓ-REITORA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS (Ipc) E ANIMAÇÕES
COMPUTACIONAIS: UMA COMBINAÇÃO EFETIVA PARA O
ENSINO DE GRAVITAÇÃO NO ENSINO MÉDIO**

PRODUTO EDUCACIONAL

RICARDO HENRIQUE BARBOSA CASADO

MACEIÓ

2021

SUMÁRIO

Capítulo 1 Sequência didática.....	01
Capítulo 2 Composição dos fhashcards	03
Capítulo 3 Sugestões de outros dispositivos para votação.....	05
Capítulo 4 Procedimentos para a aplicação do IpC e das animações computacionais	06
4.1 Questões trabalhadas em sala	14
4.1.1 Teste de leitura e questões principais semana 1	14
4.1.2 Teste de leitura e questões principais semana 2	18
4.1.3 Teste de leitura e questões principais semana 3	20
4.1.4 Teste de leitura e questões principais semana 4	23
4.1.5 Questões extras para suporte do tópico <i>Modelos de Sistemas Solares dentro do contexto histórico</i>	24
4.1.6 Questões extras para suporte do tópico <i>As leis de Kepler</i> 25	
4.1.7 Questões extras para suporte do tópico <i>Lei da Gravitação Universal aplicadas ao movimento dos satélites em órbitas circulares. ..</i> 27	
4.1.8 Questões extras para suporte do tópico <i>Campo gravitacional e Campo de gravidade, energia associada.</i>	28
4.1.9 Material textual utilizado para a tarefa de leitura prévia antes da aula em sala.....	29
4.1.10 Sugestões de outros materiais textuais de apoio para leitura prévia relativa às tarefas de leitura.....	29
4.1.11 Endereços de acesso às animações computacionais utilizados em sala de aula	30
4.1.12 Sugestões de outros acessos de animações e simulações computacionais	31
Anexo	32
Modelo do plano de aula utilizado em sala	
Referência	34

Capítulo 1 Sequência didática

O presente capítulo trata de uma abordagem sobre uma sequência didática que tem como finalidade auxiliar o professor dentro e fora da sala de aula. Essa sequência aborda conteúdos de Gravitação Universal e Leis de Kepler. A mesma é composta da junção da metodologia ativa Instrução Pelos Colegas (IpC) com animações computacionais e com as tarefas de leitura, a qual está direcionada para a 1ª Série do Ensino Médio.

A IpC é um método que está associado a um processo de votação e essa votação pode ser feita em pelo menos de três formas distintas. Essa metodologia segue alguns critérios estruturados para a sua aplicação. Tais critérios estão descritos no capítulo 4, assim também como os tipos de recursos para votação estão evidenciados no capítulo 2.

Uma importante sugestão de uso das animações computacionais seria associá-las junto das aulas expositivas, uma vez que essas aulas são de caráter mais curtos (capítulo 4). No entanto, o professor pode utilizá-las durante a resolução das questões ou ao final de cada uma delas. Outra sugestão encontrada aqui neste trabalho é o esquema estruturado das etapas de aplicação da IpC. Como será visto logo adiante, a estrutura das etapas adotadas nesta aplicação foi semanal. Porém, o professor pode moldar de acordo com sua criatividade ou critério.

Ao final desta sequência didática o professor encontrará além de questões extras, os exercícios, em uma lista, que foram trabalhados aqui, assim também como sugestões de acesso às animações computacionais, os livros e outras matérias utilizados. Todos os links de acesso estarão disponíveis para que o professor possa ampliar sua forma de aplicar a IpC com recursos tecnológicos tornando assim o processo de ensino e aprendizagem mais significativo.

Eis logo abaixo um esquema da distribuição de tópicos associados ao tema em estudo:

Gravitação

- ✓ Histórico;
- ✓ Sistema solar;
- ✓ As leis de Kepler;
- ✓ Lei da gravitação Universal;
- ✓ Satélites em órbitas circulares;
- ✓ Campo gravitacional e campo de gravidade;
- ✓ Energia no campo gravitacional.

O quadro (1.1) mostra a sequência do processo de construção da divisão dos tópicos de estudo que foi abordado em cada uma das semanas de aplicação do produto educacional em sala de aula. Dessa forma, fizemos a seguinte distribuição de tópicos por semana:

Quadro (1.1): Esquema das etapas de aplicação dos tópicos de estudos abordados.

Etapas de aplicação	Tópico de estudo abordado
Semana 1	Histórico (Modelos de Sistema Solar)
Semana 2	Leis de Kepler
Semana 3	Lei da Gravitação Universal: Satélites (naturais e artificiais) em órbitas circulares.
Semana 4	Campo de Gravidade e gravitacional: energia no campo gravitacional.

Fonte: Autor (2021).

Como podemos observar logo acima, temos a distribuição completa dos tópicos abordados em sala de aula. No próximo capítulo iremos detalhar a composição dos cartões respostas (Flashcards). Outro detalhe importante que retomamos aqui é sobre a forma de validação de resolução (todas estão

restritas a uma forma de votação) das questões proposta pela IpC. No caso deste trabalho, adotamos a forma de votação por flashcards (cartão resposta).

Capítulo 2. Composição dos Flashcards

A composição dos cartões de respostas pode ser feita de duas maneiras muito simples, isto é, a arte ou configuração da montagem dos cartões ser feita no próprio Word. Mas existem outros artifícios e dispositivos como produzir os flashcards. No caso deste trabalho, todo procedimento foi feito utilizando as ferramentas do Word (figura 1.1). Uma vez feita a configuração (dos cartões) desejada pelo professor no computador, o próximo passo é realizar a impressão do dispositivo de votação da forma mais adequada possível para utilização em classe.

Fotografia 1.1: Configuração dos cartões respostas na folha de papel A4 antes da impressão.

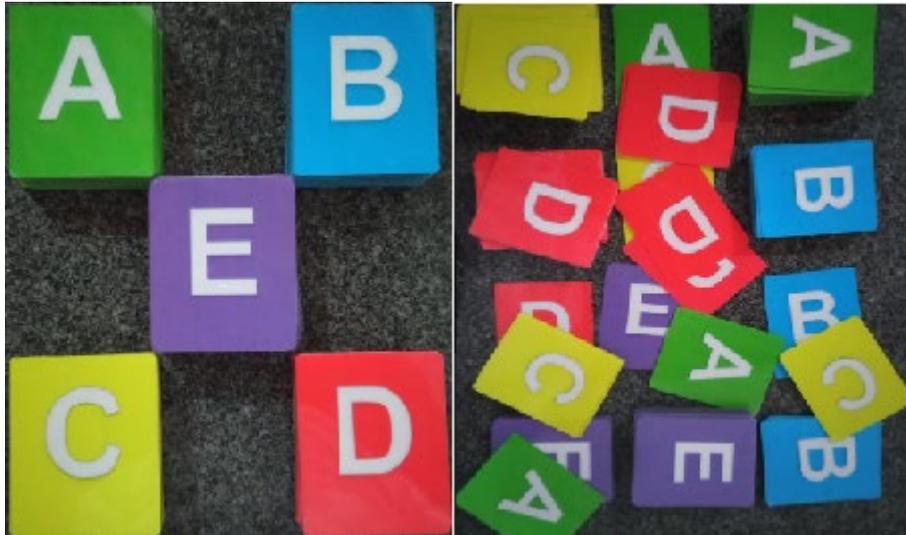


Fonte: Autor (2021).

Acima podemos observar a estrutura dos flashcards usados na aplicação deste produto educacional em sala de aula. Nesse caso, foi como ficou antes da impressão para recorte. A próxima figura (fotografia 1.2) mostra os cartões já no modelo recortado para uso em sala. Após as impressões de

todas as folhas com os cartões usamos tesoura para fazer os recortes dos flashcards. No entanto, a forma de organização dos cartões fica a critério do professor.

Fotografia 1.2: Cartões respostas já confeccionados e prontos para uso em sala de aula.



Fonte: Autor (2021).

Na fotografia acima temos a imagem dos flashcards originais utilizados em classe ao longo de toda a aplicação do produto educacional. Após a impressão, foi feito o recorte de cada um deles e em seguida foi realizada uma plastificação para que, assim, os cartões pudessem ter maior durabilidade de uso pelos alunos. O papel usado na impressão dos cartões foi do tipo *Duplex*, mas poderia ser de qualquer outro tipo (a critério do docente).

Como podemos ver pela quantidade de alternativas, todas as questões (exceto algumas extras) são compostas de cinco (05) alternativas, sendo apenas uma das alternativas a correta. As questões são de múltipla escolha e também são de abordagem exclusivamente conceitual (conforme é pedido na metodologia ativa adotada, no caso, a IpC).

Inicialmente foi pensada uma quantidade de cartões de acordo com a quantidade de alunos lotados em sala de aula. No caso da turma envolvida na aplicação tinha 42 alunos matriculados. Assim, foram feitas cinco tiragens (de

impressão) de 42 cartões para cada uma das cores referentes a cada uma das alternativas (totalizando 210 cartões). O custo total dos cartões depois de tudo pronto (impressos, recortados e plastificados) ficou avaliado em 115 reais.

Capítulo 3 Sugestões de outros dispositivos para votação

Apesar de ter sido feito o uso exclusivo dos cartões respostas para a votação na aplicação, foi importante salientar as outras formas de recursos, os *clickers* e os *plickers*, para votação. Dessa forma, outros professores ficam cientes de outras possíveis opções de recursos e possam escolher a melhor forma de votação para sua aplicação.

Dentre alguns recursos tecnológicos, aqui temos os principais citados na literatura e utilizados neste trabalho segundo Tadeu et al (2019) além do artigo de Oliveira et al (2016) temos os Clickers, os Plickers (aplicativos de smartphones).

a) Clickers

São dispositivos eletrônicos semelhantes a controle remoto. Eles são utilizados de forma individuais que possuem comunicação direta com o computador do professor. Eles facilitam o acesso das respostas para o docente ao longo das correções. Sua desvantagem é ser um dispositivo de difícil acesso devido ao seu custo elevado, o tornando inviável para ser usado na rede pública estadual de ensino.

Figura 3.1: Exemplos de clickers.



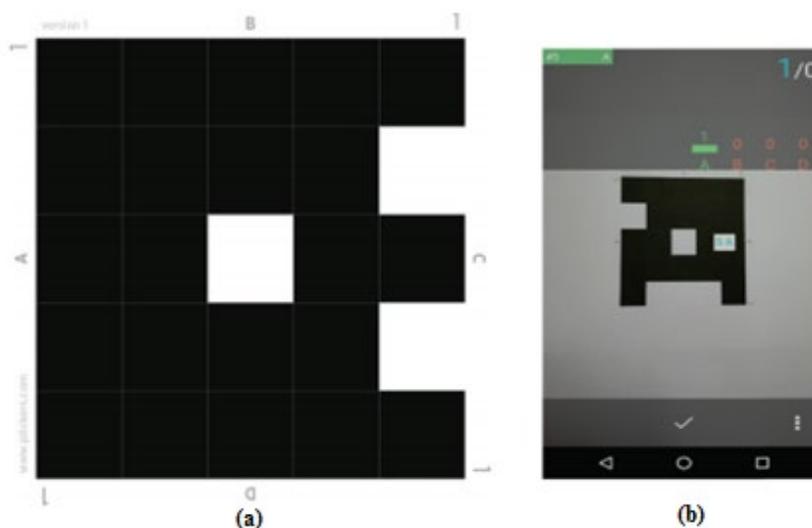
Fonte: UW College of Education –University of Washington¹.

¹ Disponível em < <https://education.uw.edu/news/qa-using-clickers-increase-student-learning>> Acessado em 08/12/2020 às 09h:43.

b) Plickers

Funcionam de forma semelhante aos *clickers*. Nesse caso, os *plickers* são aplicativos de smartphones. O professor baixa o aplicativo em seu celular. Esse tipo de aplicativo está disponível gratuitamente nas versões Android e iOS. Os alunos fazem suas votações com cartelas de respostas associado a um código semelhante a um QR code. O dispositivo faz as leituras das respostas através do aparelho celular correspondente a cada uma das alternativas.

Figura 5.3.2: É a cartela de respostas via software que faz leitura das alternativas corretas. Cada um dos lados da cartela corresponde a uma alternativa (A, B, C e D). (b) A tela do aplicativo (Plickers) no instante que é feito uma leitura do código impresso em uma folha.



Fonte: Exploring Plickers – WordPress.com².

Capítulo 4 Procedimentos para a aplicação do IpC e das animações computacionais

Neste capítulo é mostrado o princípio e todo procedimento de aplicação da IpC com as animações computacionais em sala de aula.

Segundo Mazur (2015), os objetivos básicos do método (IpC) estão associados às interações exploradas entre os alunos ao longo de cada aula expositiva e, também direcionar ou focar a atenção de tais alunos no que diz respeito aos conceitos que servem de embasamentos fundamentais. Isto é, no

² Disponível em < <https://davidhfournier2.wordpress.com/what-is-plickers/>> Acessado em 08/12/2020 às 08h:36.

lugar de aulas extremamente detalhadas como em alguns livros textos ou em notas de aula, o professor apenas faz algumas considerações (apresentações mais curtas) sobre os principais pontos do conteúdo abordado em sala. Em especial, cada abordagem deve ser seguida de um teste conceitual, ou seja, questões curtas que abordem o assunto estudado. De início é dado um tempo para que os estudantes formulem suas respostas para, na sequência, fazerem a discussão entre si.

Os testes conceituais possuem, genericamente, a seguinte formatação:

1. Proposição da questão (1 minuto)
2. Tempo para os alunos pensarem (1 minuto)
3. Os estudantes anotam suas respostas individuais (opcional)
4. Os estudantes convencem seus colegas (Peer Instruction) (1- 2 minutos)
5. Os estudantes anotam a correção das respostas (opcional)
6. Retorno para o professor: registro das respostas
7. Explicação da resposta correta (aproximadamente 2 minutos)

Eis a essência da Peer Instruction: alterar a dinâmica da sala de aula para que os alunos auxiliem uns aos outros no entendimento dos conceitos e, em seguida, sejam conduzidos pelo professor no aperfeiçoamento desse aprendizado por meio de questões dirigidas.

Para tanto, os alunos passam por uma fase preparatória em que realizam algumas leituras antes da aula. Já apropriados desse material quando encontram o professor, respondem a questões de múltipla escolha. Com base nos “votos”, o professor direciona os pontos que precisam ser mais bem enfatizados para o aprendizado dos estudantes.

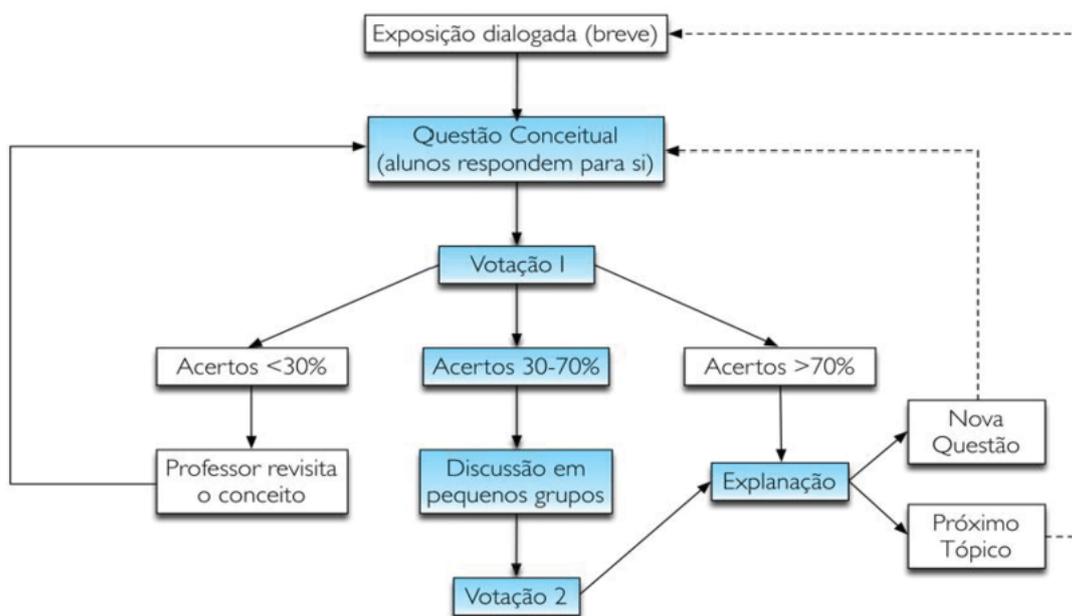
Esse método está embasado em nove passos (Araújo *et al*, 2012) importantes para o seu funcionamento, são eles:

- 1° Uma curta apresentação oral sobre os elementos centrais de um dado conceito ou de uma dada teoria é feita por cerca de vinte minutos;

- 2° Uma pergunta de múltipla escolha, geralmente conceitual, denominada Teste Conceitual, é colocada aos alunos sobre o conceito (teoria) apresentado na exposição oral;
- 3° Os alunos têm entre um e dois minutos para pensarem silenciosamente sobre a questão apresentada;
- 4° Os estudantes registram suas respostas individualmente e as mostram ao professor, usando algum sistema de respostas (ex., *Plickers*, *clickers* ou *flashcards*);
- 5° De acordo com a distribuição de respostas, o professor pode passar para o passo seis (quando a frequência de acertos está entre 35% e 70%), ou diretamente para o passo nove (quando a frequência de acertos é superior a 70%);
- 6° Os alunos discutem a questão com seus colegas por um a dois minutos;
- 7° Os alunos registram sua resposta revisada e as mostram ao professor, usando o mesmo sistema de respostas do passo 4;
- 8° O professor tem um retorno sobre as respostas dos alunos a partir das discussões e pode apresentar os resultados para os alunos;
- 9° O professor, então, explica a resposta da questão aos alunos e pode ou apresentar uma nova questão sobre o mesmo conceito ou passar ao próximo tópico da aula, voltando ao primeiro passo.

Então, essa metodologia está intrinsecamente associada aos passos descritos acima. E para uma melhor compreensão desse método, o organograma abaixo detalhará melhor todo o procedimento.

Figura 4.1 - Organograma de Eric Mazur para a condição da metodologia Peer Instruction.



Fonte : ResearchGate³.

É importante observar os passos acima para que a aula tenha efeito significativo no processo de aprendizagem. No entanto, o professor pode fazer algumas adaptações de acordo com a realidade da turma em questão. O docente tem “autonomia” de criar sua própria IpC, desde que obedeça aos critérios descritos anteriormente.

Logo após a descrição acima, o docente atribui ou indica algum material sobre o tópico do conteúdo abordado impresso ou online para que os discentes façam em casa, as tarefas pré-determinadas pelo professor. O material cedido pelo professor pode ser algumas páginas direcionadas de um determinado livro, apostila, notas de aula, documentos em PDF, POWERPOINT, vídeos, filmes, dentre outros. O importante é que o aluno esteja munido de conteúdo sobre o tópico adotado para estudar em casa. E outro detalhe importante que irá auxiliar os estudantes é a forma como o docente irá fazer sua explicação no quadro. Então, o mesmo deve ser bastante cuidadoso em suas explicações

³ Disponível em < https://www.researchgate.net/figure/Diagrama-do-processo-de-implementacao-do-metodo-IpC-Peer-Instruction-Em-destaque-a_fig1_271159062> Acessado em 04/06/2019 às 05h:33.

para que o aluno não faça confusão na hora de estudar, na sala de aula ou fora dela.

Então, vamos ao passo a passo dentro e fora da sala de aula com relação a aplicação da IpC associada as animações computacionais.

Inicialmente, o professor após ter escolhido o tema/conceito a ser abordado, deve esclarecer para o aluno quais são os objetivos de todo procedimento. A aplicação será trabalhada em dois encontros (a depender do tempo de aula do professor) onde, no primeiro, o docente faz uma abordagem expositiva (aproximadamente 15 minutos) do conteúdo explicando só essencial, fazendo as orientações, esclarecendo o que o aluno deve fazer antes, durante aula.

Depois de ter feito as orientações iniciais, professor atribui ao aluno algum material didático (apostilha, livro texto, lista de exercícios, revistas, notas de aula, vídeo aula, sites, dentre outros) para que o aluno faça uma exploração, ainda em casa, acerca do tópico ou tema escolhido no primeiro encontro.

No segundo encontro o professor irá fazer uma breve avaliação (chama-se **teste de leitura**) sobre o que o aluno leu em casa. Esse teste é apenas uma questão conceitual, para ver se o aluno está a par do que foi abordado na aula anterior. Durante esta etapa o professor também usa o método de votação para fazer a referida avaliação. Nessa fase ainda não se dá a IpC.

Após a verificação do teste de leitura (TL) o professor organiza as questões que serão trabalhadas em sala, que são chamadas de questões principais (QP). A depender do dispositivo de votação que o docente utilizar, ele pode projetar as questões a partir de um Datashow, ou simplesmente entregar a cada um dos alunos em mãos a quantidade de questões que serão usadas. Um detalhe importante, caso seja usadas mais de uma questão, que seja ainda relacionada com o mesmo tópico escolhido no primeiro encontro.

Então, o professor organiza a turma em fileiras, em seguida faz a leitura cuidadosa da questão (se possível ler também as alternativas) em som apropriado e designa o tempo máximo para o aluno responder o exercício (ver IpC). Transcorrido o intervalo de tempo para a resposta, o professor pede para que os alunos façam a votação de acordo com cada alternativa que eles acharem correta. Cada um dos estudantes irá levantar a mão com o respectivo flash-card (cartão resposta). No momento em que todos estiverem com as mãos levantadas, o professor fixa bem na turma com uma câmera fotográfica ou celular apontado e tira uma fotografia para registrar a resposta. Em seguida faz a contagem dos acertos e faz o cálculo percentual.

De acordo com a IpC, se a porcentagem for menor do que 30%, o professor deverá ver outra forma de refazer o exercícios, isto é, explicar o tópico com mais alguns detalhes, ou olhar se a questão estava bem elaborada ou ainda observar as possíveis interpretações da mesma. Após realizar um desses procedimentos, o professor aplica outra questão referente ao mesmo tópico. No caso de um percentual entre 30% e 70% (que seria o ideal para a IpC) irá ocorrer uma segunda votação entre os alunos em relação a mesma questão (figura 4.1).

Fotografia 4.1 - Primeira votação em relação à primeira questão principal.



Fonte: Autor (2019).

É justamente neste intervalo percentual que ocorre ápice da IpC, pois é neste espaço que acontece a discursão entres os aprendizes (figura 4.2).

Fotografia 4.2: Instrução entre os alunos em grupos de cinco após primeira votação.



Fonte: Autor(2019).

Após o término da primeira votação (com percentual entre 30% e 70%) o professor irá orientar os aluno a se juntarem em grupos de dois a cinco componentes em formato circular. Em seguida o professor determina o tempo para a discursão entre eles. É importante o docente ficar atento na hora da escolha dos componentes do grupo. Deve ser bem diversificado, o máximo possível. Possivelmente, o aluno que acertou o exercício (que está focado) irá tentar convencer os demais a marcar a mesma resposta na próxima votação.

Terminado o tempo (de 2 a três minutos, a depender da realidade da turma ou da questão) de instrução entre os grupos, o professor novamente organiza a turma em fileiras e faz a segunda votação. Caso, nesta segunda votação o percentual seja maior ou igual a 70%, o professor poderá passar para outro tópico ou continuar o mesmo procedimento fazendo algumas questões do mesmo tópico. Esse processo será feito de maneira análoga a todos os tópicos de conteúdos que estiverem disponíveis para o professor. A

figura 4.3 mostra o desempenho positivo dos acertos após a discussão entre os alunos.

Fotografia 4.3: Evolução de acertos depois da segunda votação após instrução entre os próprios alunos.



Fonte: Autor (2019).

Para finalizar o passo a passo em desta sequência didática, temos também o complemento das animações computacionais quem que foram muito importante para o desenvolvimentos dos estudantes ao longo da aplicação desse método ativo (IpC). O quadro 4.1 resume todos os passos utilizados da IpC.

Quadro 4.1: Apresenta as etapas da realização da Instrução pelos Colegas.

Etapas de aplicação da Peer Instruction – IpC	
Passo 1	Resolução do teste de leitura.
Passo 2	Aula expositiva seguida de animação computacional.
Passo 3	Aplicação das questões principais (primeira votação)
Passo 4	Instrução pelos colegas (caso se tenha entre 30% a 70% de acertos. Caso o valor percentual seja superior a 70%, passar para outra questão ou outro tópico de estudo.
Passo 5	Resolução das questões principais após as votações (seguida ou não de outras animações computacionais).

Fonte: Autor (2021).

No caso das animações, o professor pode optar em qual momento ele deve associá-la a algum tópico em estudo. Elas podem ser mostradas antes das resoluções das questões, durante ou depois. Neste trabalho, o uso das animações foi feito em dois momentos, antes e depois das resoluções das questões. É importante ressaltar que o professor deve selecionar e compilar algumas animações que estejam de acordo com cada um dos tópicos/conteúdos trabalhados em sala. Para cada encontro, assim como as questões já são levadas prontas para sala de aula pelo professor, as animações computacionais também devem estar prontas para uso.

O docente pode usar uma animação logo após a curta aula expositiva, serve também de motivação para os estudantes, pois fica até mais consistente o aprendizado dos alunos. As animações ajudam desmistificar alguns conceitos Físicos do cotidiano dos mesmos. Após o término de um exercício o professor mostra mais uma animação para solidificar mais o conhecimento do conceito envolvido na questão. Seria interessante que mostrasse pelo menos uma animação por questão respondida com os estudantes em sala.

4.1 Questões trabalhadas em sala

4.1.1 Teste de leitura e questões principais semana 1

Teste de leitura

1) De acordo com os filósofos da Grécia Antiga, principalmente os que se dedicaram aos fenômenos celestiais, podemos concluir corretamente que,

A) Pitágoras foi o primeiro a ser destacado com relação aos fenômenos associados aos eclipses.

B) Anaxágoras teve dedicação exclusiva em relação à matemática e explicou o eclipse lunar como uma projeção da sombra da Terra na lua.

C) Anaxímenes e Anaximandro estudaram as mesmas coisas, sendo Anaxímenes o que estabeleceu os equinócios.

D) Aristóteles afirmava que a natureza era composta pelos quatro elementos: Terra, fogo, ar e água. E ainda acrescentou o quinto elemento: o Éter (formaria o espaço celeste).

E) Platão dizia que a Terra não ocupava o centro das esferas planetárias. E para ele, o Sol estava no centro do Universo.

2) Em relação aos modelos ou sistemas planetários, podemos destacar como verdadeira a alternativa,

A) Aristarco de Samos e Pitágoras possuem a mesma proposta de modelo, isto é, o modelo Geocêntrico.

B) Hiparco de Niceia, apesar de ter adotado o modelo Heliocêntrico, foi considerado o maior astrônomo da Antiguidade.

C) O modelo de Ptolomeu explicava satisfatoriamente os movimentos dos planetas. E seu sistema adotado foi o Geocentrismo.

D) O modelo de Copérnico adotado foi o Heliocêntrico, pois foi aceito de forma pacífica pela sociedade da época, principalmente pela Igreja Católica.

E) Giordano Bruno foi defensor das ideias de Nicolau Copérnico, pois defendeu o modelo Geocêntrico.

QUESTÕES PRINCIPAIS

Tópico abordado: Modelos de Sistemas Solares dentro do contexto histórico

01)⁴ Em sua busca pela compreensão do mundo em que vive, o ser humano, desde a Antiguidade, formulou diferentes modelos para o Universo. É correto afirmar que:

- A) Aristóteles imaginou um modelo geocêntrico no qual os movimentos que ocorriam na Terra eram diferentes dos que ocorriam nos “céus”, região da esfera da lua para cima.
- B) O grego Arquimedes de Siracusa foi o primeiro a formular um sistema heliocêntrico para o Universo.
- C) o geômetra grego Claudio Ptolomeu propôs, em seu livro **Almagesto**, um sistema geocêntrico e geocêntrico para o Universo.
- D) Galileu defendeu o sistema heliocêntrico de Copérnico, utilizando argumentos baseados em observações astronômicas feitas com uma pequena luneta.
- E) As leis de estabelecidas por Kepler para os movimentos planetários contribuíram para a substituição do modelo geocêntrico pelo heliocêntrico.

02)⁵ Na linha de uma tradição antiga, o astrônomo grego Ptolomeu (100-170 d.C.) afirmou a tese do geocentrismo, segundo a qual a Terra seria o centro do universo, sendo que o Sol, a Lua e os planetas girariam em seu redor em órbitas circulares. A teoria de Ptolomeu resolvia de modo razoável os problemas astronômicos da sua época. Vários séculos mais tarde, o clérigo e astrônomo polonês Nicolau Copérnico (1473-1543), ao encontrar inexatidões na teoria de Ptolomeu, formulou a teoria do heliocentrismo, segundo a qual o Sol deveria ser considerado o centro do universo, com a Terra, a Lua e os planetas girando circularmente em torno dele. Por fim, o astrônomo e matemático alemão Johannes Kepler (1571-1630), depois de estudar o planeta Marte por cerca de trinta anos, verificou que a sua órbita é elíptica. Esse resultado generalizou-se para os demais planetas.

A respeito dos estudiosos citados no texto, é correto afirmar que

- A) Ptolomeu apresentou as ideias mais valiosas, por serem mais antigas e tradicionais.
- B) Copérnico desenvolveu a teoria do heliocentrismo inspirado no contexto político do Rei Sol.

⁴ Extraída do livro texto Mecânica, volume 1: Ciência e Tecnologia.

⁵ Extraída do Enem 2019, questão 05.

- C) Kepler apresentou uma teoria científica que, graças aos métodos aplicados, pôde ser testada e generalizada.
- D) Copérnico viveu em uma época em que a pesquisa científica era livre e amplamente incentivada pelas autoridades.
- E) Kepler estudou o planeta Marte para atender às necessidades de expansão econômica e científica da Alemanha.

03)⁶ Em 1609, Galileu Galilei, pela primeira vez na história, apontou um telescópio para o céu. Em comemoração aos quatrocentos anos desse feito, o ano de 2009 foi considerado pela ONU o Ano Internacional da Astronomia. Entre suas importantes observações astronômicas, Galileu descobriu que o planeta Júpiter tem satélites. Qual a importância histórica dessa descoberta?

- A) Existem corpos celestes que não orbitam a Terra, o que implica que a Terra poderia não ser o centro do Universo.
- B) Comprovou a veracidade da Lei da Gravitação Universal de Isaac Newton.
- C) Permitiu a Johannes Kepler formular suas leis da mecânica celeste.
- D) Existem corpos esféricos maiores que o Planeta Terra, o que implica que a Terra não é o único corpo sólido do Universo.
- E) Mostrou que as Leis de Newton são válidas também para a interação gravitacional.

⁶ Extraída de <https://exercicios.mundoeducacao.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-historia-gravitacao.htm>. Questão 02 da Unir-RO.

4.1.2 Teste de leitura e questões principais semana 2

Tópico abordado: As leis de Kepler

TESTES DE LEITURAS

01) Com base nos seus conhecimentos acerca da Primeira Lei de Kepler, assinale a alternativa correta.

- A) A velocidade de translação de um planeta que orbita o Sol é sempre constante ao longo da órbita.
- B) A órbita dos planetas em torno do Sol é elíptica e tem o Sol em um de seus focos.
- C) A razão entre o quadrado do período orbital dos planetas que orbitam a mesma estrela e o cubo do raio médio de suas órbitas é constante.
- D) A linha imaginária que liga a Terra até o Sol varre áreas iguais em períodos iguais.
- E) A velocidade de translação dos planetas depende da distância em que o planeta se encontra do Sol.

QUESTÕES PRINCIPAIS

01)⁷ Um certo cometa se desloca ao redor do sol. Levando-se em conta as Leis de Kepler, pode-se com certeza afirmar que:

- A) a trajetória do cometa é uma circunferência, cujo centro do sol ocupa.
- B) num mesmo intervalo de tempo Δt , o cometa descreve a maior área entre duas posições e o sol, quando está mais próximo do sol.
- C) a razão entre o cubo do seu período e o cubo do raio médio da sua trajetória é uma constante.
- D) o cometa, por ter uma massa bem maior do que o sol, não é atraído pelo mesmo.
- E) o raio vetor que liga o cometa ao sol varre áreas iguais em tempo iguais.

02)⁸ A segunda Lei de Kepler (lei das áreas) permite concluir que um planeta possui.

- A) maior velocidade quando se encontra mais longe do sol.
- B) velocidade constante em toda sua trajetória.
- C) menor velocidade quando se encontra mais perto do sol.
- D) maior velocidade quando se encontra mais perto do sol.
- E) N. D. A.

⁷ Extraída da coleção Física Clássica, volume 2 (Dinâmica e estática).

⁸ Extraída da coleção Física Clássica, volume 2 (Dinâmica e estática).

03)⁹ A terceira Lei de Kepler afirma que “os quadrados dos tempos de revolução dos planetas são proporcionais aos cubos de suas distâncias médias ao sol”. De acordo com esta lei, é correto dizer que:

- A) planetas mais afastados do sol são mais velozes.
- B) dependendo de suas massas, planetas diferentemente afastados podem ter mesma velocidade.
- C) todos os planetas do sistema solar têm a mesma velocidade angular.
- D) as velocidades dos planetas são inversamente proporcionais aos quadrados das distâncias ao sol.
- E) o “ano” de Mercúrio é menor que o da Terra.

04)¹⁰ Uma das conclusões expressas nas famosas leis de Kepler foi sobre os movimentos dos planetas em órbitas elípticas das quais o Sol ocupa um dos focos.

- A) Esta conclusão foi uma consequência, e portanto posterior, do enunciado das leis da Mecânica de Newton.
- B) Coube a Sir Isaac Newton interpretar teoricamente estas conclusões com base na Lei da Gravitação Universal e nos princípios da Mecânica Clássica que ele próprio havia proposto.
- C) Esta conclusão não apresenta nenhuma relação com o movimento dos engenhos conhecidos como satélites artificiais da Terra.
- D) O movimento da Lua em torno da Terra é de natureza diferente daquele descrito por Kepler.
- E) Nenhuma das afirmações acima é verdadeira.

⁹ Extraída da coleção Física Clássica, volume 2 (Dinâmica e estática).

¹⁰ Extraída da coleção Física Clássica, volume 2 (Dinâmica e estática).

4.1.3 Teste de leitura e questões principais semana 3

Tópico abordado: Lei da Gravitação Universal aplicadas ao movimento dos satélites em órbitas circulares.

TESTES DE LEITURAS

01)¹¹ A força gravitacional com que a Terra atrai a Lua:

- A) é menor que força com que a Lua atrai a Terra.
- B) é da mesma intensidade para todos os planetas.
- C) é pouco maior do que a força com que a Lua atrai a Terra.
- D) é da mesma natureza da força que faz uma fruta cair de uma árvore.
- E) não tem nenhuma influência sobre as marés.

02)¹² Satélites artificiais gravitando ao longo da linha do Círculo Polar Antártico (ou Ártico) seriam de grande utilidade para observações estratégica nessas regiões. A principal (se não a única) razão da impossibilidade da instalação desses satélites:

- A) são as baixas temperaturas nessas regiões, que dificultariam as comunicações.
- B) é a obrigatoriedade de o plano da órbita de qualquer satélite ter de passar pelo centro da Terra.
- C) é a obrigatoriedade de a órbita de qualquer satélite ter de ser paralela à linha do Equador.
- D) é a dificuldade de acesso a esses locais inóspitos para montar bases de recepção.
- E) é a interferência eletromagnética nas comunicações, que ocorre nessas latitudes, decorrente dos ventos solares.

¹¹ Extraída da coleção Física Clássica, volume 2 (Dinâmica e estática).

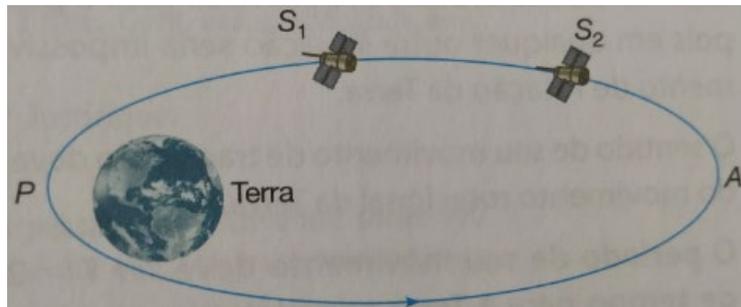
¹² Extraída do livro texto Mecânica, volume 1: Ciência e Tecnologia.

QUESTÕES PRINCIPAIS

01)¹³ Sobre a força de atração gravitacional entre corpos de massas constantes e pequenas dimensões, é correto afirmar que:

- A) sua intensidade dobra quando se reduz a distância entre os corpos à metade.
- B) sua intensidade é diretamente proporcional ao quadrado da distância entre os corpos.
- C) sua intensidade cai para um terço do valor inicial quando se triplica a distância entre os corpos.
- D) sua intensidade é diretamente proporcional ao quadrado das massas dos corpos.
- E) sua intensidade é diretamente proporcional ao quadrado do inverso da distância entre esses corpos.

02)¹⁴ No esquema a seguir, os satélites S_1 e S_2 foram colocados numa mesma órbita elíptica ao redor da Terra, no sentido indicado pela seta, e a massa de S_1 é igual à massa de S_2 . Os pontos A e P são, respectivamente, o apogeu e o perigeu dos movimentos. Julgue as afirmações a seguir e determine a opção correta.



- I. No instante mostrado na figura, S_1 tem maior velocidade orbital que S_2 .
- II. No instante mostrado na figura, a intensidade da força gravitacional sobre S_1 é maior que a intensidade da força gravitacional sobre S_2 .
- III. No instante mostrado na figura, S_1 e S_2 apresentam movimentos acelerados.
- IV. No instante mostrado na figura, S_1 e S_2 têm acelerações de valores iguais.
- V. Os satélites têm períodos de translação iguais.

Assim, concluímos que:

- A) todas estão corretas.
- B) somente a IV está incorreta.
- C) somente I, III e V estão corretas.

¹³ Extraída do livro texto Mecânica, volume 1: Ciência e Tecnologia.

¹⁴ Extraída do livro texto Mecânica, volume 1: Ciência e Tecnologia.

- D) somente IV e V estão incorretas.
E) todas estão incorretas.

03)¹⁵ Leia a charge e responda o que se pede.



Em 1992-3, comemoraram-se os 350 anos do nascimento de Isaac Newton, autor de marcantes contribuições à ciência moderna. Uma delas foi a Lei da Gravitação Universal. Há quem diga que, para isso, Newton se inspirou na queda da maçã. Suponha que F_1 seja a intensidade da força exercida pela Terra sobre a maçã e F_2 a intensidade da força exercida pela maçã sobre a Terra. Então,

- A) F_1 será muito maior que F_2 .
B) F_1 será um pouco maior que F_2 .
C) F_1 será igual a F_2 .
D) F_1 será um pouco menor que F_2 .
E) F_1 será muito menor que F_2 .

¹⁵ Extraída da coleção Física Clássica, volume 2 (Dinâmica e estática).

4.1.4 Teste de leitura e questões principais semana 4

Tópico abordado: Campo gravitacional e Campo de gravidade, energia associada.

TESTES DE LEITURAS

01)¹⁶ O peso de um corpo:

- A) medido ao longo de um meridiano e ao nível do mar permanece constante.
- B) medido ao longo de um paralelo e ao nível do mar varia sensivelmente.
- C) não varia com a altitude.
- D) é maior no equador que nos polos.
- E) varia com a latitude.

QUESTÕES PRINCIPAIS

01)¹⁷ Turistas que visitam Moscou podem experimentar a ausência de gravidade voando em aviões de treinamento de cosmonautas. Uma das maneiras de dar aos passageiros desses voos a sensação de ausência de gravidade, durante um determinado intervalo de tempo, é fazer um desses aviões:

- A) voar em círculos, num plano vertical, com velocidade escalar constante.
- B) voar em círculos, num plano horizontal, com velocidade escalar constante.
- C) voar verticalmente para cima, com aceleração igual a g .
- D) cair verticalmente de grande altura, em queda livre.
- E) voar horizontalmente, em qualquer direção, com aceleração igual a g .

02)¹⁸ Quando uma nave espacial está em movimento orbital em torno da Terra, vemos que os astronautas e os objetos no interior da nave parecem “flutuar”. Das alternativas abaixo, a que melhor representa uma explicação física para o fenômeno é:

- A) As acelerações, em relação a Terra, dos astronautas e dos objetos, no interior da nave são nulas.
- B) As massas dos astronautas e dos objetos no interior da nave são nulas.
- C) A nave, os astronautas e os objetos estão em queda livre.
- D) Nenhuma força atua nos astronautas e objetos que estão no interior da nave.

¹⁶ Extraída da coleção Física Clássica, volume 2 (Dinâmica e estática).

¹⁷ Extraída de <https://www.vestibulandoweb.com.br/fisica/unesp2001.asp>.

¹⁸ Extraída <https://fisicaevestibular.com.br/>.

E) A nave e o seu conteúdo estão fora do campo gravitacional criado pela Terra.

4.1.5 Questões extras para suporte do tópico *Modelos de Sistemas Solares dentro do contexto histórico*

01)¹⁹ Analise as proposições a seguir sobre as principais características dos modelos de sistemas astronômicos.

I. Sistema dos gregos: a Terra, os planetas, o Sol e as estrelas estavam incrustados em esferas que giravam em torno da Lua.

II. Ptolomeu supunha que a Terra encontrava-se no centro do Universo e os planetas moviam-se em círculos, cujos centros giravam em torno da Terra.

III. Copérnico defendia a ideia de que o Sol estava em repouso no centro do sistema e que os planetas (inclusive a Terra) giravam em torno dele em órbitas circulares.

IV. Kepler defendia a ideia de que os planetas giravam em torno do Sol, descrevendo trajetórias elípticas, e o Sol estava situado em um dos focos dessas elipses.

Assinale a alternativa **correta**.

- A) Somente as afirmativas I e IV são verdadeiras.
- B) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- C) Somente as afirmativas II, III e IV são verdadeiras.
- D) Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.
- E) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.

02)²⁰ O modelo Ticónico híbrido propõe que o Sol gira em torno da Terra ao longo de um período de 365 dias. Enquanto isso, os demais planetas giram ao redor do Sol. Essa tese, que tenta alicerçar o modelo geocêntrico, foi proposta por:

- A) Isaac Newton
- B) Cláudio Ptolomeu
- C) Johannes Kepler
- D) Tycho Brahe
- E) Galileu Galilei

03) Marque a alternativa correta a respeito do modelo astronômico proposto por Cláudio Ptolomeu.

¹⁹ Questão extraída do site <https://www.qconcursos.com/questoes-de-vestibular/questoes/d353fd6d-73>.

²⁰ Extraída de <https://exercicios.mundoeducacao.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-historia-gravitacao.htm>.

- A) O modelo ptolomaico propunha que o Sol girava ao redor da Terra e todos os outros planetas giravam ao redor do Sol.
- B) Nicolau Copérnico no século XVI propôs que a Terra era o centro do sistema planetário, proposta que era contrária à de Ptolomeu.
- C) O sistema planetário proposto por Ptolomeu trazia a ideia de que a Terra era o centro do Universo e os demais astros giravam ao seu redor.
- D) A proposta de Ptolomeu era a de um universo simples, por isso, o Sol deveria ser o centro e os demais planetas girariam ao seu redor.
- E) O modelo planetário proposto por Ptolomeu não foi aceito por muito tempo porque confrontava as ideias da Igreja.

4.1.6 Questões extras para suporte do tópico *As leis de Kepler*

05) Com base nos seus conhecimentos acerca da Primeira Lei de Kepler, assinale a alternativa correta.

- A) A velocidade de translação de um planeta que orbita o Sol é sempre constante ao longo da órbita.
- B) A razão entre o quadrado do período orbital dos planetas que orbitam a mesma estrela e o cubo do raio médio de suas órbitas é constante.
- C) A órbita dos planetas em torno do Sol é elíptica e tem o Sol em um de seus focos.
- D) A linha imaginária que liga a Terra até o Sol varre áreas iguais em períodos iguais.
- E) A velocidade de translação dos planetas depende da distância em que o planeta se encontra do Sol.

07) De acordo com a Terceira Lei de Kepler, conhecida como lei dos períodos, é **falso** afirmar que:

- A) o cubo do raio médio das órbitas é proporcional ao quadrado do período orbital.
- B) a razão entre o quadrado do período orbital e o cubo do raio médio da órbita terrestre é inversamente proporcional à massa do Sol.
- C) o quadrado do raio médio das órbitas é proporcional ao cubo do período orbital.
- D) a razão entre o quadrado do período orbital e o cubo do raio médio da órbita terrestre é inversamente proporcional à constante da gravitação universal.
- E) todas são falsas.

08) O modelo de universo proposto por Kepler, apesar de Heliocêntrico, tinha disparidades com o modelo de Copérnico. Marque a alternativa que contém tais disparidades.

- A) No modelo de Copérnico as trajetórias dos planetas eram circulares, enquanto no de Kepler as trajetórias eram elípticas. Como sabemos hoje, as trajetórias dos planetas ao redor do sol são elípticas.

B) No modelo de Copérnico as trajetórias dos planetas eram elípticas, enquanto no de Kepler as trajetórias eram circulares. Como sabemos hoje, as trajetórias dos planetas ao redor do sol são elípticas.

C) Copérnico acreditava que o movimento no céu era circular e uniforme. A 3ª lei de Kepler nos mostra que o movimento dos planetas ao redor do Sol é variado.

D) Copérnico acreditava também, de forma errada, que o movimento no céu era circular e uniforme. A 2ª lei de Kepler nos mostra que o movimento dos planetas ao redor do centro da galáxia é variado.

E) N.D.A

09)²¹ A Massa da Terra é aproximadamente 80 vezes a massa da Lua e a distância entre os centros de massa desses astros é aproximadamente 60 vezes o raio da Terra. A respeito do sistema Terra-Lua pode-se afirmar que:

A) a Lua gira em torno da Terra com órbita elíptica e em um dos focos dessa órbita está o centro de massa da Terra.

B) a Lua gira em torno da Terra com órbita circular e o centro de massa da Terra está no centro dessa órbita.

C) a Terra e a Lua giram em torno de um ponto comum, o centro de massa do sistema Terra-Lua, localizado no interior da Terra.

D) a Terra e a Lua giram em torno de um ponto comum, o centro de massa do sistema Terra-Lua, localizado no meio da distância entre os centros de massa da Terra e da Lua.

E) a Terra e a Lua giram em torno de um ponto comum, o centro de massa do sistema Terra-Lua, localizado no interior da Lua.

10)²² O astrônomo alemão J. Kepler (1571-1630), adepto do sistema heliocêntrico, desenvolveu um trabalho de grande vulto, aperfeiçoando as ideias de Copérnico. Em consequência, ele conseguiu estabelecer três leis sobre o movimento dos planetas, que permitiram um grande avanço no estudo da astronomia. Um estudante ao ter tomado conhecimento das leis de Kepler concluiu, segundo as proposições a seguir, que:

I. Para a primeira lei de Kepler (lei das órbitas), o verão ocorre quando a Terra está mais próxima do Sol, e o inverno, quando ela está mais afastada.

II. Para a segunda lei de Kepler (lei das áreas), a velocidade de um planeta X, em sua órbita, diminui à medida que ele se afasta do Sol.

²¹ Questão extraída do site <https://www.mesalva.com/enem-e-vestibulares/exercicios/geografia/astrologia/astrologia-lista-3/exasex3>. Exercício da UNIFESP – SP.

²² Extraída do site <https://www.institutoclaro.org.br/educacao/para-aprender/roteiros-de-estudo/estudar-em-casa-as-tres-leis-de-kepler/>. Questão da UFPB.

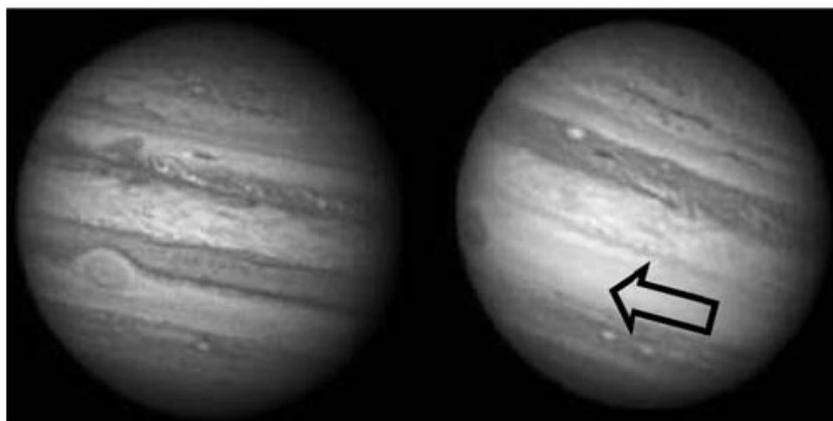
III. Para a terceira lei de Kepler (lei dos períodos), o período de rotação de um planeta em torno de seu eixo, é tanto maior quanto maior for seu período de revolução.

Com base na análise feita, assinale a alternativa correta:

- A) apenas as proposições II e III são verdadeiras
- B) apenas as proposições I e II são verdadeiras
- C) apenas a proposição II é verdadeira
- D) apenas a proposição I é verdadeira
- E) todas as proposições são verdadeiras.

4.1.7 Questões extras para suporte do tópico *Lei da Gravitação Universal aplicadas ao movimento dos satélites em órbitas circulares*

04)²³ Júpiter, conhecido como o gigante gasoso, perdeu uma das suas listras mais proeminentes, deixando o seu hemisfério sul estranhamente vazio. Observe a região em que a faixa sumiu, destacada pela seta.



Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br>. Acesso em: 12 maio 2010 (adaptado).

A aparência de Júpiter é tipicamente marcada por duas faixas escuras em sua atmosfera – uma no hemisfério norte e outra no hemisfério sul. Como o gás está constantemente em movimento, o desaparecimento da faixa no planeta relaciona-se ao movimento das diversas camadas de nuvens em sua atmosfera. A luz do Sol, refletida nessas nuvens, gera a imagem que é captada

²³ Extraída do Enem 2010, questão 53.

pelos telescópios, no espaço ou na Terra. O desaparecimento da faixa sul pode ter sido determinado por uma alteração

- A) na temperatura da superfície do planeta.
- B) no formato da camada gasosa do planeta.
- C) no campo gravitacional gerado pelo planeta.
- D) na composição química das nuvens do planeta.
- E) na densidade das nuvens que compõem o planeta.

4.1.8 Questões extras para suporte do tópico *Campo gravitacional e Campo de gravidade, energia associada*

06) Com relação à energia cinética de um planeta que orbita o Sol em uma órbita elíptica, assinale a alternativa correta.

- A) Quanto mais distante o planeta estiver do Sol, maior deverá ser a sua energia cinética.
- B) A energia cinética torna-se máxima nas proximidades do periélio e mínima nas proximidades do afélio.
- C) A energia cinética do planeta em órbita do Sol permanece sempre constante.
- D) A energia cinética torna-se mínima nas proximidades do periélio e máxima nas proximidades do afélio.
- E) A cada órbita, parte da energia cinética do planeta se perde, devido ao atrito com ar.

4.1.9 Material textual utilizado para a tarefa de leitura prévia antes da aula em sala

Esta seção é dedicada para listagem de todo material pedagógico que foi utilizado na aplicação desta sequência didática dentro e fora da sala de aula. Começando pelos livros textos adotados. No caso dos livros, foram três. E para complementar os livros, usamos três sites da internet e alguns vídeos curtos sobre o tema abordado em cada semana de aplicação. O quadro 4.1.9.1 resume a composição do material utilizado na aplicação do IpC.

Quadro 4.1.9.1: Material didático da aplicação do produto educacional.

Tipo de material utilizado	Referência
Livro texto (capítulo 8)	Física, ciência e Tecnologia 1: Mecânica, editora Moderna, v. 1. 4ª edição, 2016. Carlos Magno A Torres et al.
Livro texto (capítulo 11)	Mecânica Clássica, editora Atual Editora, v. 2. 2ª edição, 1998. Calçada e Sampaio.
Livro texto (capítulo 9)	As Faces da Física, v. único, editora Moderna, 3ª edição. 1997. Carron e Guimarães.
Site	https://www.infoescola.com/astronomia/revolucao-copernicana/
Site	https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/geocentrismo-heliocentrismo.htm
Site	https://brasilescola.uol.com.br/geografia/geocentrismo-heliocentrismo.htm
Vídeo aula (semana 1)	https://www.youtube.com/watch?v=ZzSEldjwOE4&list=RDCMUCXo2rqv4LNLnwX11kfYsoig&index=7
Vídeo aula (semana 2)	https://www.youtube.com/watch?v=g1b8zZ3LZhY https://www.youtube.com/watch?v=iQNpJMBObnQ https://www.youtube.com/watch?v=INh4C6SITuA
Vídeo aula (semana 3)	https://www.youtube.com/watch?v=wB_Q68AG8c
Vídeo aula (semana 4)	https://www.youtube.com/watch?v=g0ueHV4Dyk0&list=RDCMUCSdrRq5JGx2U0jAFjmKF0aA&index=2

Fonte: Autor (2021).

4.1.10 Sugestões de outros materiais textuais de apoio para leitura prévia relativa às tarefas de leitura

Além do material composto que foi utilizado para a aplicação deste produto, ainda podem ser encontradas mais algumas sugestões de uso de outros materiais pedagógicos para futuras utilizações. Ver o resumo no quadro 4.1.10.1 abaixo.

Quadro 4.1.9.2: Sugestão de outros materiais didáticos.

Tipo de material para uso.	Referência
Livro texto (capítulo 13)	Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica, editora Gen, v. 2, 10ª edição, 2016. Halliday e Resnick
Livro texto (capítulo 6)	Moderna Plus: Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Volume, Universo e Evolução. Editora Moderna, 1ª edição, 2020. José Mariano Amabis et al.
Livro texto (capítulo 17)	Fundamentos da Física: Mecânica. Editora Moderna, v. 1, 9ª edição, 2007. Ramalho, Nicolau e Toledo.
Site	https://canaltech.com.br/espaco/o-que-foi-a-

	revolucao-copernicana-180506/
Site	https://www.scielo.br/j/rbef/a/fJNPZmsCN6ZXdJdKf-wBDy5r/?lang=pt
Site	https://www.todamateria.com.br/leis-de-kepler/

Fonte: Autor (2021).

Concluindo a composição do aparato didático para a aplicação deste trabalho, o quadro 4.1.10.2 mostra os links das animações computacional que foram utilizadas em sala de aula, assim também como outros links como sugestões de uso. No caso de algumas sugestões, além dos links relacionados com as animações computacionais, listaremos alguns sobre simulação computacional.

4.1.11 Endereços de acesso às animações computacionais utilizados em sala de aula

O quadro 4.1.11.1 mostra o acervo dos recursos digitais – as animações computacionais – que foram utilizados em sala durante a aplicação do IpC.

Quadro 4.1.11.1: Sugestão de outros materiais didáticos.

Física na Escola – HTML (Física Animações/Simulações)	Link geral: https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt
Referência	Link
Sistema Solar	https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=gp_soustavy&l=pt
1ª lei de Kepler	https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=gp_sl_soustava&l=pt
2ª lei de Kepler	https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=gp_2kepleruv_zakon&l=pt
3ª lei de Kepler	https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=gp_vnitri_planety&l=pt
3ª lei de Kepler	https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=gp_vnejsi_planety&l=pt
Lei da Gravitação Universal de Newton	https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=gp_newton_zakon&l=pt https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=gp_foucalt&l=pt https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=gp_sourad_jeol&l=pt
Campo Gravitacional e da Gravidade, Energia associada	https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=gp_kosmicke_rychlosti&l=pt https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=gp_intenzita&l=pt
Animação extra: Constelações	https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=gp_intenzita&l=pt

	chool/template.php?s=gp_souhvezdi_geol&l=pt
Animação extra: Trajetória de corpos.	https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=gp_trajektorie&l=pt

Fonte: Autor (2021).

4.1.12 Sugestões de outros acessos de animações e simulações computacionais

Esta última seção finaliza com algumas sugestões para o uso de outros recursos computacionais – animações, simulações, modelagem, entre outros – como complemento ao material já mencionado no quadro 4.1.11.1.

Outros três recursos digitais que vêm sendo bastante utilizado são o Phet, Modellus (são recursos de modelagem computacional) e a plataforma Blender. No caso dos dois primeiros, já são recursos prontos para o uso. Em relação ao Blender, o professor produz sua própria animação (também é possível encontrar animações prontas para uso), de acordo com suas necessidades. O quadro 4.1.12.1 fornece alguns links que são úteis para compor material didático digital para aplicação em sala de aula.

Quadro 4.1.12.1: Sugestões digitais para composição da material pedagógico.

Recurso digital	Link
Phet	https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/filter?subjects=physics&type=html&sort=alpha&view=grid
Modellus	http://www.fisica.ufpb.br/~romero/port/modellus.htm
Blender	https://www.youtube.com/watch?v=KjDdy87K1nw

Fonte: Autor (2021).

Anexo

Modelo do plano de aula utilizado em sala

“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção.”

Paulo Freire²⁴

²⁴ Disponível em <https://www.pensador.com/paulo_freire_frases_educacao/> Acessado em 01 de Março de 2021 às 15h:44.

REFERÊNCIA

- [01] MAZUR, Eric. **Peer Instruction**: A revolução da aprendizagem ativa; 1ª ed. Porto Alegre: Penso, 2015.
- [02] Sala de aula invertida (Flipped Classroom): Inovando as aulas de Física, **Física na Escola**, v. 14, n. 2, 2016: Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol14-Num2/a02.pdf>>Acessado no dia seis de junho de 2019.
- [03] Abordando fenômenos de difração e interferência de ondas com o método Peer Instruction: **Física na Escola**, v. 16, n. 1, 2018: Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol14-Num2/a02.pdf>>Acessado no dia seis de junho de 2019.
- [04] Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Instituto de Física, Viçosa-MG: **INSTRUÇÕES PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO PEER. INSTRUCTION EM AULAS DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO**: Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/produtoeducacional_alan.pdf>Acessado no dia seis de Maio de 2019.
- [05] Araújo, S. I.; Mazur. E. INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS E ENSINO SOB MEDIDA: UMA PROPOSTA PARA O ENGAJAMENTO DOS ALUNOS NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA. Cad. Bras. Ens. Fis., v. 30, n.2: p. 362-384, agosto de 2013: Disponível em: <file:///C:/Users/Administrador/Downloads/Dialnet-InstrucaoPelosColegasEE ensinoSobMedida-5165476.pdf>Acessado no dia 19 de agosto de 2021.
- [06] Física na Escola – HTML (Física Animações/Simulações): **Mecânica Campo Gravitacional, Vibrações mecânica e Ondas, Termodinâmica e Física molecular, Eletrostática e Corrente elétrica, etc**: Disponível em: <<https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt>>Acessado no dia seis de Setembro de 2019.