

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**PROPOSTA PARA UM ENSINO DE ASTRONOMIA DE MANEIRA**  
**INTERDISCIPLINAR NO ENSINO MÉDIO: O caso da Gravitação Universal**

**TAISY FERNANDES VIEIRA**

**CAMPO MOURÃO**

**2021**

**TAISY FERNANDES VIEIRA**

**PROPOSTA PARA UM ENSINO DE ASTRONOMIA DE MANEIRA  
INTERDISCIPLINAR NO ENSINO MÉDIO: O caso da Gravitação Universal**

Produto Educacional apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Polo 32 MNPEF), campus Campo Mourão, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Michel Corci Batista

Coorientadora: Profa. Dra. Fernanda Peres Ramos

**CAMPO MOURÃO**

**2021**



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor (es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>04</b>
<b>1 O ENSINO E A APRENDIZAGEM A PARTIR DO PENSAMENTO DE GAGNÉ .....</b>	<b>05</b>
<b>2 A INTERDISCIPLINARIDADE COMO PERSPECTIVA TEÓRICA .....</b>	<b>10</b>
<b>3 A PROPOSTA DA SALA DE AULA INVERTIDA COMO ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO.....</b>	<b>13</b>
<b>4 PROPOSTA PARA O PROFESSOR.....</b>	<b>17</b>
Questionário inicial.....	26
Módulo 1: Discussão e análise do filme Estrelas Além do Tempo.....	30
Módulo 2: Corrida Espacial .....	36
Módulo 3: As Leis de Newton e o Princípio de Funcionamento dos Foguetes .....	40
Módulo 4: História da Astronomia.....	54
Módulo 5: Leis de Kepler.....	62
Módulo 6: A Lei da Gravitação de Newton e suas aplicações.....	70
<b>CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRODUTO.....</b>	<b>86</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>87</b>

# INTRODUÇÃO

Pensando no cenário educacional e o momento atual que a sociedade está inserida, é que nos motivamos a buscar por técnicas e estratégias de ensino que pudessem despertar a atenção do aluno para o estudo da Física bem como promover uma aprendizagem efetiva.

Nesse sentido buscamos apoio teórico no ensino remoto intencional, que por sua vez se difere do ensino a distância (EAD), visto que no ensino remoto intencional o professor da turma planeja as ações da aula, executa, acompanha o desenvolvimento dos alunos, tira suas dúvidas e avalia. Nesse ensino cada turma é única, diferente do EAD que acontece em rede, a mesma aula é ministrada para diferentes regiões do país, o professor não conhece seus alunos, não os acompanha e todo o processo se dá a partir de tutores que muitas vezes nem possuem formação para tal.

Essa proposta didática foi produzida com o intuito de contribuir com os professores de Física que ministram o conteúdo de Gravitação Universal, todo o conteúdo está direcionado para o Ensino Médio. A proposta está construída tendo como aporte teórico a teoria de aprendizagem de Gagné, a perspectiva teórica da interdisciplinaridade e a metodologia ativa conhecida como sala de aula invertida.

Nossa proposta pode ser adequada sempre que houver necessidade, esperamos que a mesma contribua de maneira positiva com a área de Ensino de Física.

# 1

## O ENSINO E A APRENDIZAGEM A PARTIR DO PENSAMENTO DE GAGNÉ

Segundo Moreira (1999), a teoria de ensino e aprendizagem de Gagné pode ser classificada como uma transição entre as teorias behavioristas e cognitivistas, uma vez que incorpora elementos das duas teorias.

De acordo com esse autor, a aprendizagem é uma modificação na disposição ou na capacidade cognitiva do homem que não pode ser simplesmente atribuída ao processo de crescimento.

Para Ostermann e Cavalcanti (2011), a aprendizagem é ativada pela estimulação do ambiente exterior (*input*) e provoca uma modificação do comportamento que é observada como desempenho humano (*output*). Mas, ao contrário de Skinner (e outros behavioristas), Gagné se preocupa com o processo de aprendizagem, com o que se realiza “dentro da cabeça” do indivíduo.

Com isso, ele distingue entre eventos externos e internos da aprendizagem, sendo o primeiro a estimulação que atinge o estudante e os produtos que resultam de sua resposta e o último são atividades internas que ocorrem no sistema nervoso central do estudante (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2011).

Os eventos internos compõem o ato de aprendizagem e a série típica desses eventos pode ser analisada por meio das seguintes fases: fase de motivação (expectativa), fase de apreensão (atenção; percepção seletiva), fase de aquisição (entrada de armazenamento), fase de retenção (armazenamento na memória), fase de rememoração (recuperação), fase de generalização (transferência), fase de desempenho (resposta) e fase de retroalimentação (reforço).

De acordo com Gagné (1975), a aprendizagem estabelece estados persistentes no aprendiz, os quais ele chama de capacidades humanas (que são: informação verbal, habilidades intelectuais, estratégias cognitivas, atitudes e habilidades motoras).

Para Gagné (1975), a aprendizagem passa por processos atingidos por meio de eventos de aprendizagem que, quando estimulados externamente, travam um conflito interno não observável, porém validados por meio da mudança de comportamento que por sua vez pode ser verificado.

Segundo Gagné (1975), a aprendizagem é uma força interior que, por sua vez, tenta integrar conceitos básicos das teorias cognitivas e comportamentais. Isso quer dizer que, de acordo com essa teoria, existem diferentes níveis de aprendizado. Este diz que o aprendizado pode ser organizado em hierarquias, que variam conforme a complexidade.

Neste contexto, Bordenave e Pereira (2004), alegam que embora tenha adotado uma teoria mais cognitivista, Gagné ainda mantinha uma relação entre aprendizagem e comportamento, na qual insistia em comprovar a aprendizagem mediante a resposta ao ato ensinado, avaliando a eficácia do comportamento dado como aprendizagem.

Na perspectiva gagniana, a aprendizagem ocorre dentro de cada um, “dentro do cérebro de cada pessoa”. Moreira (1999), discorrendo sobre Gagné, afirma o processamento da informação procura a todo ciclo de aprendizagem buscar indícios de conceitos anteriormente adquiridos (conhecimentos prévios), não estabelecendo um processo cumulativo de conhecimento, mas sim complementar e aprimorado.

A função de ensinar, para Gagné, é organizar as condições exteriores próprias à aprendizagem com a finalidade de ativar as condições internas. Nesse sentido, cabe ao professor promover a aprendizagem por meio da instrução que consistiria em um conjunto de eventos externos planejados com o propósito de iniciar, ativar e manter a aprendizagem do aluno.

Na teoria de Gagné, segundo Moreira (1999), as habilidades mais simples que representam os “pré-requisitos imediatos” podem ser analisadas para identificar habilidades ainda mais simples, o que aponta serem tais habilidades hierarquizadas.

Com relação à instrução e ao papel do professor, por se tratar de uma teoria que prevê mudança comportamental persistente, a fase da aprendizagem existe de um ou mais processos internos, no sistema nervoso central do aluno, que transformam a informação até que o aprendiz responda com um desempenho. Tais processos internos podem ser influenciados por eventos externos, por estimulação do ambiente do indivíduo.

Nessa perspectiva, a instrução é atividade de planejamento e execução de eventos externos à aprendizagem, com a finalidade de influenciar os processos internos

para atingir determinados objetivos. Os objetivos são as capacidades a ser aprendidas. Segundo Gagné:

A compreensão de que a aprendizagem depende, em grande parte, dos acontecimentos que se realizam no ambiente com o qual o indivíduo interage, torna possível encará-la como uma ocorrência que pode ser examinada mais de perto e compreendida mais profundamente. Aprendizagem não é apenas o fato que se dá naturalmente, é, também, um acontecimento que ocorre sob determinadas condições que podem ser observadas (GAGNÉ, 1975, p. 02).

Logo, cabe ao docente a tarefa de promover a aprendizagem por meio da instrução, planejando-a, administrando-a e avaliando-a quanto à sua eficácia por meio da avaliação da aprendizagem do aluno.

As fases determinadas por Gagné servem como norte para professores. São fases baseadas nos estímulos necessários para o cérebro reter seja qual for a informação, começando com "chamar a atenção dos ouvintes", passando pela apresentação dos objetivos e promoção da prática, até a retenção e possibilidade de transferência do conhecimento.

Para o desenvolvimento de estratégias instrucionais, Gagné (1975) propôs que em qualquer processo de aprendizagem, esteja presente uma sequência de nove eventos de instrução, divididos em três categorias (preparação, desempenho e transferência de conhecimento), que servem de guia para o trabalho.

---

## Categoria 1: Preparação

---

Evento 1 - *Ganhar a Atenção*: O primeiro evento instrucional proposto por Gagné destaca a necessidade de ganhar a atenção do aluno, de modo a despertá-lo para a importância de aprender sobre determinado conteúdo. Por exemplo: fazendo uma pergunta "provocatória", apresentando um fato de interesse, colocando um problema que desperte o interesse imediato do aluno.

Evento 2 - *Descrever os objetivos*: Mostrar o que o aluno vai aprender e como poderá utilizar o novo conhecimento. Conhecendo essa necessidade humana de saber o porquê dos fatos, Gagné inclui um momento para explicitar o objetivo e utilidade do objeto de estudo que será aprendido na aula. Esse objetivo deve estar exposto permanentemente durante a aula, para o caso de os alunos perderem o foco e precisarem ser redirecionados ao propósito do aprendizado.

Evento 3 - *Estimular a conexão com o conhecimento anterior*: Estimular a memória e as anteriores aprendizagens (pré-requisitos). Para o aluno aprender esse conteúdo é necessário que eles tenham como pré-requisito noções básicas dos conteúdos a serem trabalhados.

---

## Categoria 2: Desempenho

---

Evento 4 - *Apresentar o material a ser aprendido*: Por meio de simulações, demonstrações, aula expositiva, dialogada, entre outras.

Evento 5 - *Orientar a aprendizagem*: O quinto evento busca proporcionar ao aluno orientação para a aprendizagem, com o propósito de auxiliar os estudantes a compreenderem, organizarem e perceberem a importância de usar a codificação semântica (verbalização). Esse evento é importante ter como subsídio algumas questões norteadoras, que permite aos alunos um trabalho em grupo e com um enfoque investigativo, possibilitando um aprendizado mais eficaz. Esta etapa de acordo com o Gagné (1980), poderá desenvolver nos estudantes as capacidades ligadas as habilidades intelectuais e as estratégias cognitivas.

Evento 6 - *Propiciar desempenho*: O sexto evento busca evidenciar o desempenho, a resposta esperada, permitindo ao aluno demonstrar a aprendizagem ou os problemas da aprendizagem por meio do estímulo à memorização, às aplicações, resumos e generalizações.

Evento 7 - *Dar feedback*: Informar, de forma imediata, se o estudante aplicou corretamente ou não os conhecimentos trabalhados que seriam uma espécie de devolutiva ou de avaliação do aluno acerca do seu desempenho nas diferentes atividades da aplicação, com o objetivo de proporcionar o reforço pelo esforço da aprendizagem.

---

### Categoria 3: Transferência de Conhecimento

---

Evento 8 - *Avaliar o desempenho*: O oitavo evento refere-se à avaliação do desempenho, existem diferentes formas de avaliação, em atenção à necessidade de diversificação, de modo a possibilitar que os alunos possam exercitar seus conhecimentos em tarefas distintas e com objetivos igualmente diferenciados.

Evento 9 - *Generalização*: O novo e último evento instrucional refere-se ao estímulo, à retenção e à transferência da aprendizagem, com o propósito de proporcionar ao aluno oportunidades de aplicar e generalizar o que foi aprendido, atuando em diferentes contextos de prática. Assim é possível aumentar a retenção e facilitar a transferência do conhecimento e aplicação do conhecimento a outras situações que não aquelas vistas no processo de aprendizagem.

# 2

## A INTERDISCIPLINARIDADE COMO PERSPECTIVA TEÓRICA

A interdisciplinaridade vem se destacando cada vez mais no cenário da educação, visto que pelo fato de estar associado à busca de uma aprendizagem mais significativa. No Brasil, esse termo ficou conhecido no final da década de 1960, com objetivo de integrar o ensino entre as áreas do conhecimento.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM, a interdisciplinaridade deve ir além da junção de disciplinas, ou seja, é necessário que haja uma conexão entre as disciplinas do currículo, facilitando a aprendizagem por parte do aluno (BRASIL, 2000).

De acordo com os PCNEM, os objetivos propostos da interdisciplinaridade é estabelecer relações com as disciplinas em projetos ou atividades, de modo que seja uma prática pedagógica que contribua de forma didática para a Educação Básica (BRASIL, 2000).

Nesse sentido, Lück (2001) ressalta que:

Interdisciplinaridade é o processo que envolve a integração e engajamento de educadores, num trabalho conjunto, de interação das disciplinas do currículo escolar entre si e com a realidade, de modo a superar a fragmentação do ensino, objetivando a formação integral dos alunos, a fim de que possam exercer criticamente a cidadania, mediante uma visão global de mundo e serem capazes de enfrentar os problemas complexos, amplos e globais da realidade atual (LÜCK 2001, p. 64).

Em decorrência do anseio por essa nova abordagem no ensino não só se faz importante conhecer as diversas visões sobre o conceito de interdisciplinaridade, como

também compreender a diferença entre as abordagens multidisciplinar, pluridisciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar, como forma de demonstrar a relevância, complexidade, variação e interação entre as distintas disciplinas presentes no currículo escolar, pois, tais abordagens tem causado muita confusão no ambiente escolar, principalmente entre educadores que vieram de uma formação tradicional (BATISTA et al., 2018).

Santomé (1998) conceitua alguns termos:

a) Multidisciplinar – É um modelo fragmentado, cujo estudo acontece de maneira simultânea, os conteúdos são apresentados para os alunos sem que apareça alguma relação ou cooperação entre eles, sem a necessidade de estarem relacionadas entre si.

b) Pluridisciplinar – É quando se aproxima disciplinas parecidas nos domínios do conhecimento, formando-se áreas de estudo com menor fragmentação;

c) Interdisciplinar - Visa o agrupamento de diversos ramos do conhecimento, seguindo um objetivo em comum, buscando a integração do conhecimento significativo. Acontece por meio de projetos contextualizados que propõem mudanças de paradigmas conceituais principalmente nas aulas dialogadas, na forma de pensar e o agir do fazer pedagógico.

d) Transdisciplinar - quando há coordenação de todas as disciplinas num sistema lógico de conhecimentos, com livre trânsito de um campo de saber para outro, porém não é possível separar as matérias.

Segundo Batista et al. (2018), nos documentos que regem a educação brasileira, pode-se verificar fortemente a presença da interdisciplinaridade, que de forma geral pode ser entendida como um princípio curricular central, ou seja, é o princípio que pode produzir uma mudança na forma como o ensino acontece. É importante que se entenda que quando se fala em interdisciplinaridade na escola, não existe a intenção de se criar um novo saber a fim de ser incorporado no currículo, mas sim, de utilizar os conhecimentos das diferentes áreas para se compreender um assunto ou fenômeno sob diferentes perspectivas.

Na abordagem histórica da interdisciplinaridade, segundo Santomé (1998), a prática pedagógica do professor quando se dá via interdisciplinaridade, favorece ao aluno novas experiências voltadas as práticas cotidianas articuladas com a realidade social, presentes na escola, comunidade e principalmente no meio ambiente.

Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para a Educação Básica (BRASIL, 2013):

[...] a escola precisa acolher diferentes saberes, diferentes manifestações culturais e diferentes óticas, empenhar-se para construir, ao mesmo tempo, um espaço de heterogeneidade e pluralidade, situada na diversidade em movimento, no processo tornado possível por meio das relações intersubjetivas, fundamentada no princípio emancipador. Cabe, nesse sentido, às escolas, desempenhar o papel socioeducativo, artístico, cultural, ambiental, fundamentadas no pressuposto do respeito e da valorização das diferenças, entre outras, de condição física, sensorial e socioemocional, origem, etnia, gênero, classe social, contexto sociocultural, que dão sentido às ações educativas, enriquecendo-as visando a superação das desigualdades de natureza sociocultural e socioeconômica (BRASIL, 2013, p.27).

A concepção de interdisciplinaridade presente nessas diretrizes indica um entendimento de escola interdisciplinar, em que todos âmbitos e profissionais trabalhem cooperativamente e em conjunto para o desenvolvimento de uma prática não fragmentada.

Para Batista et al. (2018), a interdisciplinaridade torna a aula mais dinâmica, buscando modificar o processo tradicional de ensino a fim de despertar no aluno a predisposição para aprender, sempre se utilizando de meios para relacionar o seu conhecimento prévio, da sala de aula ou cotidiano, com os novos conceitos apresentados pelo professor, e principalmente buscando compreender como as diferentes áreas do conhecimento.

Diante desse contexto destacamos também que o estudo de astronomia é algo que desperta a curiosidade das pessoas em relação as novas descobertas sobre a dimensão do Universo e à origem da vida humana.

Nesse sentido, Bernardes, Iachel e Scalvi (2008) afirmam que a Astronomia é uma ciência capaz de despertar a curiosidade dos alunos, pois esta é uma disciplina que abrange diversas áreas e por isso vale a pena interdisciplinar as matérias do currículo escolar a fim de auxiliar os alunos a assimilarem os conteúdos entre elas.

Diante desse contexto as habilidades dos alunos podem ser exploradas utilizando o tema astronomia de um modo criativo, promovendo a interdisciplinaridade na escola e ensinando Matemática, Física, Química, Filosofia, História, Sociologia e Geografia dentro de contextos significativos, relacionando a ciência ao conhecimento científico.

# 3

## A PROPOSTA DA SALA DE AULA INVERTIDA COMO ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

Em geral o processo de ensino acontece de forma tradicional, que geralmente seguem o modelo da instituição de ensino, com o simples propósito de repassar o conteúdo, colocando os estudantes como mero receptor.

Apesar dos avanços tecnológicos e científicos, o cenário da educação ainda é pautado no modelo tradicional. Esse modelo de ensino não tem atendido mais as necessidades educacionais e formativas dos alunos, havendo a necessidade de buscar caminhos alternativos que torne o aprender ativo, interessante e contextualizado (DAROS, 2018).

Diante desse cenário, Daros (2018) ressalta que devemos criar condições de uma participação mais ativa dos alunos, pois isso implica a mudança de prática e o desenvolvimento de estratégias que garantam a organização de um aprendizado mais interativo e intimamente ligado com situações reais. É necessário deslocar o centro do aprendizado para o aluno, de modo que ele assuma o protagonismo da aquisição de seus conhecimentos.

A partir disso, Valente (2018) diz que:

Após mais de 100 anos, os processos de ensino e aprendizagem estão cada vez mais tendendo para o uso de metodologias ativas, em vista da quantidade de informação hoje disponível nos meios digitais e das facilidades que as tecnologias oferecem na implantação de pedagogias alternativas. Com isso, está ficando cada vez mais claro que a função do professor como transmissor de informação não faz mais sentido, especialmente nos cursos de graduação (VALENTE, 2018, p. 28).

Neste sentido, as metodologias ativas são consideradas alternativas aliadas para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem em qualquer nível de ensino. Quando nos referimos a elas entende-se que estamos abordando um novo conjunto de estratégias que auxiliam no processo de ensino aprendizagem (GOMES, 2020).

Essas abordagens descritas apresentam elementos que nos remete a pensar em um aprendizado que envolva a participação dos alunos. Para isso Filatro e Cavalcanti (2018) caracterizam as metodologias ativas, como:

[...] estratégias, técnicas, abordagens e perspectivas de aprendizagem individual e colaborativa que envolvem e engajam os estudantes no desenvolvimento de projetos e/ou atividades práticas. Nos contextos em que são adotadas, o aprendiz é visto como um sujeito ativo, que deve participar de forma intensa de seu processo de aprendizagem (mediado ou não por tecnologia), enquanto reflete sobre aquilo que está fazendo (FILATRO; CAVALCANTI, 2018, p. 12).

Para que as metodologias ativas proporcionam um aprendizado é preciso que os alunos apoiem a proposta, comprometendo-se com o desafio. Para tanto, antes de iniciar a proposta é essencial que o professor/mediador explique o funcionamento do método, orientando a forma de como vai acontecer e o tempo que isso levará (MATTAR, 2017).

Dentre as diversas formas de metodologias ativas de aprendizagem, iremos destacar a Sala de Aula Invertida (SAI), proposta intitulada “*Flipped Classroom*” sendo uma abordagem de ensino remoto intencional inicialmente criada a fim de diminuir a evasão escolar em uma escola rural nos Estados Unidos.

A abordagem por meio de metodologias ativas, como a metodologia da Sala de Aula Invertida representa um grande desafio para todos os níveis de ensino, principalmente na Educação Básica.

A sala de aula invertida é um tipo de metodologia ativa que inverte a lógica tradicional de ensino, é um modelo no qual ocorre a rotação entre a prática supervisionada presencial pelo professor (ou trabalhos) na escola e a residência ou outra localidade fora da escola para aplicação do conteúdo e lições online (CASTRO; CASTILHO, 2020).

O uso da Sala de Aula Invertida com a associação das tecnologias é uma das abordagens que pode levar a uma aprendizagem significativa, baseada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (MOREIRA, 2012).

Segundo Moreira (2012), a teoria da Aprendizagem Significativa foi criada por David Paul Ausubel em meados dos anos 60, esta acontece quando o aprendiz consegue significar os conceitos que estão sendo aprendidos, levando em consideração os atributos pessoais. Sendo assim, uma aprendizagem que não leva em consideração os conhecimentos prévios dos alunos, não pode ser considerada aprendizagem significativa, e sim mecânica, que é aquela em que os conceitos aprendidos não interagem com os conceitos prévios existentes na estrutura cognitiva.

Deste modo, o desenvolvimento da estratégia da sala de aula invertida pode potencializar o aprendizado dos alunos, ainda mais se trabalhar esse modelo na forma interdisciplinar como estratégia de aprendizagem.

Segundo Araújo *et al.* (2017), na Sala de Aula Invertida os alunos entram em contato com os tópicos a serem discutidos em sala através de atividades prévias às aulas. Isso pode ser feito em casa, por exemplo, por meio de leituras, visualização de vídeos indicados pelo professor e algumas questões sobre o conteúdo tratado nesses recursos. Ao “inverter” a aula, ou seja, centrar o ensino nos alunos e ressignificar o papel do professor para além da transmissão de informações, a SAI estimula a participação dos alunos, e ainda, melhora o relacionamento entre professor e aluno. O conteúdo passa a ter um significado para a vida dos alunos, eles conseguem fazer a relação entre a teoria e a prática, ou seja, o que eles vivenciam no cotidiano com o que aprendem na sala.

Para Confortin *et al.* (2018), não existe um modelo único para aplicação da Sala de Aula Invertida e cada professor terá sua maneira distinta de aplicar a SAI de acordo com recursos e características próprias das suas escolas e alunos. Portanto, cabe ao docente adequar às características de cada turma e/ou conteúdo a ser ensinado.

Valente (2018), diz que ao planejar as atividades para sala de aula invertida, o mais importante é o professor explicitar os objetivos a serem atingidos com sua disciplina, propor atividades que sejam coerentes e que auxiliarão os alunos no processo de construção do conhecimento.

Para tanto, o material disponibilizado pelo professor aos alunos pode ser composto, por exemplo, de um texto a ser lido, apresentação de slides e vídeos que referenciem o conteúdo que será ministrado nas próximas aulas. O material didático

deve introduzir o aluno aos conceitos que serão posteriormente comentados e aprofundados em sala de aula. É essencial que, ao optar pela escolha de vídeos, estes tenham duração de no máximo 10 minutos, que sejam objetivos e diretos a fim de prender atenção e interesse do aluno (CONFORTIN, *et al.*, 2018).

Conforme Bergmann e Sams (2018), professor e aluno trabalham juntos na construção e elaboração do conhecimento. O papel do professor na sala de aula invertida é o de amparar os alunos, não o de transmitir informações. Os alunos ocupam posição central, e o professor passa a se importar menos sobre como vai expor determinado conteúdo, e mais a respeito das atividades que serão desenvolvidas pelos estudantes para construir seus conhecimentos.

Nessa abordagem o aluno estuda antes da aula e a aula se torna o lugar de aprendizagem ativa, onde há perguntas, discussões e atividades práticas (BERGMANN E SAMS, 2018).

O professor trabalha as dificuldades dos alunos, ao invés de apresentações sobre o conteúdo da disciplina, favorecendo a capacidade de realizar conexões entre os conhecimentos científicos e a situações vivenciadas no dia a dia.

# 4

## PROPOSTA PARA O PROFESSOR

Nossa proposta se pauta numa metodologia de intervenção que prioriza fundamentalmente dois aspectos: o ensino remoto intencional e no desenvolvimento de um trabalho interdisciplinar.

Organizaremos esta proposta didática para o ensino de Gravitação Universal no terceiro ano do ensino médio para um total de seis aulas síncronas e uma série de atividades assíncronas, mas esse número pode ser alterado caso haja necessidade.

O método didático-pedagógico de condução das atividades propostas considera as representações que os alunos trazem do seu cotidiano e estimula a interação entre os eles, ainda que a distância. Entendemos que essas considerações valorizam o processo de desenvolvimento de conteúdos conceituais, de habilidades de pensamento, de valores e de atitudes.

Em nossa proposta utilizamos o princípio da sala de aula invertida. As atividades assíncronas propostas são estratégias importantes para o processo de ensino e aprendizagem, pois estimulam, entre outras habilidades, a autonomia do aluno.

Nossa proposta tem como público-alvo os alunos dos anos finais do ensino médio.

A ficha técnica da proposta está apresentada no quadro 1.

**Quadro 1: Ficha técnica da proposta ditática interdisciplinar.**

<b>FICHA TÉCNICA:</b> PROPOSTA PARA UM ENSINO DE ASTRONOMIA DE MANEIRA INTERDISCIPLINAR NO ENSINO MÉDIO: O caso da Gravitação Universal	
<b>TIPO DE ATIVIDADE:</b> Ensino Remoto Intencional interdisciplinar	
<b>PÚBLICO-ALVO</b>	Alunos do 3º ano do Ensino Médio
<b>OBJETIVO GERAL</b>	Produzir um material didático pedagógico sobre Gravitação Universal, a fim de proporcionar para os alunos do terceiro ano do Ensino Médio um trabalho interdisciplinar.

<b>PRÉ REQUISITOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Noções de MRU, MRUV e MCU</li> </ul>	
<b>CONTEÚDOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Força de atração gravitacional;</li> <li>Satélites;</li> <li>Campo gravitacional;</li> <li>Energia no campo gravitacional;</li> <li>Velocidade escape.</li> </ul>	
<b>ÁREAS DA BNCC</b>		
<b>Ciências humanas e sociais aplicadas no ensino médio: competências específicas e habilidades</b>	<b>Competência específica 2</b>	<b>Habilidade (EM13CHS204)</b>
	<b>Competência específica 5</b>	<b>Habilidade (EM13CHS502)</b>
		<b>Habilidade (EM13CHS503)</b>
<b>Matemática e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades</b>	<b>Competência específica 1</b>	<b>Habilidade (EM13MAT103)</b>
<b>Ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades</b>	<b>Competência específica 2</b>	<b>Habilidade (EM13CNT201)</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compreender as características da força de atração gravitacional;</li> <li>Reconhecer as aplicações CTS dos satélites;</li> <li>Compreender como se coloca um satélite em órbita;</li> <li>Determinar o campo gravitacional gerado por diferentes astros;</li> <li>Perceber a Gravitação Universal como resultado de uma construção coletiva a partir da História da Ciência;</li> <li>Reconhecer o aspecto interdisciplinar da Física;</li> <li>Desenvolver a expressão oral e escrita.</li> </ul>	

**Fonte: Autoria própria (2021)**

As competências e habilidades apresentadas na proposta no quadro 1, estão em consonância com a proposta da BNCC (BRASIL, 2018) para o novo Ensino Médio, e estão detalhadas na sequência.

## **CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS APLICADAS NO ENSINO MÉDIO: COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS E HABILIDADES**

---

## **COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 2**

**Analisar a formação de territórios e fronteiras em diferentes tempos e espaços, mediante a compreensão das relações de poder que determinam as territorialidades e o papel geopolítico dos Estados-nações.**

- (EM13CHS204) Comparar e avaliar os processos de ocupação do espaço e a formação de territórios, territorialidades e fronteiras, identificando o papel de diferentes agentes (como grupos sociais e culturais, impérios, Estados Nacionais e organismos internacionais) e considerando os conflitos populacionais (internos e externos), a diversidade étnico-cultural e as características socioeconômicas, políticas e tecnológicas.

## **COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 5**

**Identificar e combater as diversas formas de injustiça, preconceito e violência, adotando princípios éticos, democráticos, inclusivos e solidários, e respeitando os Direitos Humanos.**

- (EM13CHS502) Analisar situações da vida cotidiana, estilos de vida, valores, condutas etc., desnaturalizando e problematizando formas de desigualdade, preconceito, intolerância e discriminação, e identificar ações que promovam os Direitos Humanos, a solidariedade e o respeito às diferenças e às liberdades individuais.
- (EM13CHS503) Identificar diversas formas de violência (física, simbólica, psicológica etc.), suas principais vítimas, suas causas sociais, psicológicas e afetivas, seus significados e usos políticos, sociais e culturais, discutindo e avaliando mecanismos para combatê-las, com base em argumentos éticos.

## **MATEMÁTICA E SUAS TECNOLOGIAS NO ENSINO MÉDIO: COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS E HABILIDADES**

---

### **COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1**

**Utilizar estratégias, conceitos e procedimentos matemáticos para interpretar situações em diversos contextos, sejam atividades cotidianas, sejam fatos das Ciências da Natureza e Humanas, das questões socioeconômicas ou**

tecnológicas, divulgados por diferentes meios, de modo a contribuir para uma formação geral.

- **(EM13MAT103)** Interpretar e compreender textos científicos ou divulgados pelas mídias, que empregam unidades de medida de diferentes grandezas e as conversões possíveis entre elas, adotadas ou não pelo Sistema Internacional (SI), como as de armazenamento e velocidade de transferência de dados, ligadas aos avanços tecnológicos.

## CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS NO ENSINO MÉDIO: COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS E HABILIDADES

---

### COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 2

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

- **(EM13CNT201)** Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.

A seguir no quadro 2 apresentamos a organização dos módulos da proposta didática.

**Quadro 2: Organização dos Módulos**

<p><b>MÓDULO 1</b> <b>2 h/a</b> <b>(Síncronas)</b></p>	<p><b>DISCUSSÃO E ANÁLISE DO FILME ESTRELAS ALÉM DO TEMPO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar um questionário inicial que servirá como coleta de dados para verificar os conhecimentos prévios dos alunos (Assíncrona), apêndice A.</li> <li>• Cada aluno deverá assistir ao filme disponibilizado na plataforma online (Atividade Assíncrona).</li> <li>• Os alunos discutem o filme “Estrelas além do tempo” e o professor promove junto com outros professores um debate de forma interdisciplinar (Atividade Síncrona).</li> </ul>
--	---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalhar com uma questão norteadora para chamar a atenção: Questões utilizadas:             <ol style="list-style-type: none"> <li>“Vocês acreditam que o homem pisou na lua?”</li> <li>Se a lua é atraída pela Terra, por que ela não cai na Terra? (Atividade Síncrona)</li> </ol> </li> <li>Atividades propostas (Atividade Assíncrona).</li> </ul>
<p><b>MÓDULO 2</b> 2 h/a (Síncronas)</p>	<p style="text-align: center;"><b>CORRIDA ESPACIAL: GUERRA FRIA E CHEGADA DO HOMEM NA LUA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cada aluno deverá assistir ao vídeo (canal nostalgia) disponibilizado na plataforma online ou pelo canal do youtube sobre a corrida espacial que tratam de temas da chegada do homem à lua, disputa tecnológica, Guerra Fria e 2º Guerra Mundial (Atividade Assíncrona).</li> <li>O professor de Física promove junto com os professores de História, Geografia e Filosofia um debate para trazer argumentos científicos de forma interdisciplinar (Atividade Síncrona).</li> <li>Atividades propostas (Atividade Assíncrona).</li> </ul>
<p><b>MÓDULO 3</b> 2 h/a (Síncronas)</p>	<p style="text-align: center;"><b>PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DOS FOGUETES: LEIS DE NEWTON</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cada aluno deverá assistir os vídeos disponibilizado na plataforma online ou pelo canal do youtube sobre as leis de Newton (Atividade Assíncrona).</li> <li>Discussão coletiva dos vídeos para identificar as três leis de Newton em situações reais e analisar como as leis estão relacionadas com o lançamento de um foguete. Nesse momento o professor deverá realizar uma discussão sobre as leis de Newton analisando as situações do cotidiano, bem como o funcionamento do foguete (Atividade Síncrona).</li> <li>Atividades propostas (Atividade Assíncrona).</li> </ul>
<p><b>MÓDULO 4</b> 2 h/a (Síncronas)</p>	<p style="text-align: center;"><b>HISTÓRIA DA ASTRONOMIA</b></p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada aluno deverá assistir ao vídeo disponibilizado na plataforma online ou pelo canal do youtube sobre a história da astronomia (Atividade Assíncrona).</li> <li>• Discussão coletiva do vídeo para compreender os desdobramentos históricos da Astronomia. O principal objetivo deste módulo é dar condições para que os alunos compreendam o que foi a revolução científica, entendendo a passagem de um sistema de mundo geocêntrico para um sistema de mundo heliocêntrico; percebendo ainda que a Ciência é construída por muitos nomes (Atividade Síncrona).</li> </ul>
<p><b>MÓDULO 5</b> 2 h/a (Síncronas)</p>	<p><b>GRAVITAÇÃO UNIVERSAL - AS LEIS DE KEPLER</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada aluno deverá ler o material disponibilizado pelo professor na sala de aula online sobre as três leis de Kepler (Atividade Assíncrona).</li> <li>• Discussão sobre as três Leis de Kepler em uma abordagem introdutória, mais conceitual do que matematizada (Atividade Síncrona).</li> <li>• Atividade prática demonstrativa realizada pelo professor para identificar a órbita elíptica do planeta (Atividade Síncrona).</li> <li>• Atividades propostas (Atividade Assíncrona).</li> </ul>
<p><b>MÓDULO 6</b> 3 h/a (Síncronas)</p>	<p><b>GRAVITAÇÃO UNIVERSAL – FORÇA GRAVITACIONAL, CAMPO GRAVITACIONAL, ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL, VELOCIDADE ESCAPE E SATÉLITES.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada aluno deverá assistir aos vídeos disponibilizados na plataforma online ou pelo canal do youtube sobre a Gravitação universal parte 2 (Atividade Assíncrona).</li> <li>• Após os alunos assistirem aos vídeos, o professor promove um debate sobre o tema gravitação universal a partir dos vídeos que foram disponibilizados com uma abordagem conceitual e matematizada. A partir desse momento deverá ser proposto uma aula expositiva e dialogada sobre os conceitos de Física explorados nos vídeos (Atividade Síncrona).</li> <li>• Atividades propostas (Atividade Assíncrona).</li> <li>• Explicar aos alunos o que é um mapa mental, pra que serve e como se constrói (Atividade Síncrona).</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ao final da proposta, aplicar o mesmo questionário inicial para verificar como as respostas finais se relacionam com as do questionário inicial. Solicitar ainda que os alunos construam um mapa mental sobre o tema GRAVITAÇÃO (Atividade Assíncrona).</li></ul>
--	---

**Fonte: Autoria própria (2021)**

A nossa proposta apresentada no quadro 2, está alicerçada na teoria de aprendizagem de Robert Gagné. A Teoria da Instrução de Gagné está relacionada teoricamente no behaviorismo sob referência do estímulo – resposta e no cognitivismo com a construção individualizada do conhecimento. Para o desenvolvimento de estratégias instrucionais, Gagné propõem nove eventos de instrução, que servem de guia para o trabalho.

Para isso dividimos o trabalho em seis módulos, na qual, o primeiro módulo apresenta três etapas assíncronas e uma síncrona, a primeira etapa constitui-se de um questionário que tem por objetivo verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os temas que serão abordados ao longo de toda a proposta. Esta etapa foi realizada de forma assíncrona, na qual os alunos puderam responder as questões no seu tempo.

Também de forma assíncrona foi solicitado que os alunos assistissem o filme “estrelas além do tempo”, que foi disponibilizado na plataforma online, o filme aborda conceitos de Física, de História e principalmente Sociologia, quando evidencia a luta das mulheres, a diversidade o racismo, e etc.

Após assistirem ao filme, foi feito de forma síncrona uma discussão sobre o filme. Utilizamos esse momento para ganhar a atenção dos alunos, Gagné ressalta em seu primeiro evento que devemos colocar um problema que desperte o interesse imediato do aluno, ou fazer uma pergunta "provocatória", apresentando um fato de interesse. Nessa proposta utilizamos duas questões distintas para ganhar a atenção dos educandos, a primeira: vocês acreditam que o homem pisou na Lua? E a segunda: se a Terra atrai a Lua, por que a Lua não cai na Terra?

Após apresentarmos as questões, discorremos para os alunos os objetivos da nossa proposta de trabalho (que se constitui como produto educacional) o que eles iriam estudar, como seriam os módulos, as etapas e as atividades propostas, sempre evidenciando o caráter interdisciplinar da mesma; Gagné no evento 2 afirma devemos mostrar o que o aluno vai aprender e como poderá utilizar o novo conhecimento.

O terceiro evento de Gagné visa estimular a conexão com o conhecimento anterior, ou seja, para o aluno aprender esse conteúdo é necessário que eles tenham como pré-requisito noções de vetores, aceleração, leis de Newton e sistemas de mundo geocêntrico e heliocêntrico, esses conhecimentos prévios foram apresentados verbalmente aos alunos também de modo síncrono.

Em seu evento 4, Gagné ressalta que devemos apresentar o material a ser aprendido, assim, já deixamos claro aos alunos que todos os módulos do curso de Gravitação estariam sendo trabalhados por meio de uma perspectiva metodológica da sala de aula invertida, na qual eles sempre teriam que ler um texto ou assistir um vídeo antes da aula online ao vivo (síncrona), e que todas as atividades teriam um caráter interdisciplinar, e que nas aulas síncronas poderia haver mais de um professor para participar das discussões.

O evento 5 consiste em basicamente em orientar a aprendizagem, com o propósito de auxiliar os alunos a compreenderem, organizarem e perceberem a importância de usar a verbalização. Em nossa proposta este evento teve como subsídio as aulas expositivas dialogadas de forma síncrona divididas em seis módulos, nos quais os alunos puderam interagir, perguntar, comentar e dar suas opiniões.

O sexto evento busca evidenciar o desempenho, a resposta esperada, permitindo ao aluno demonstrar a aprendizagem ou os problemas da aprendizagem por meio do estímulo à memorização. Assim, buscando atender ao sexto evento, foi proposto para cada aluno atividades de forma assíncronas no final de cada módulo a fim de verificar o desempenho do aluno. Trabalhamos com questões norteadoras, a fim de possibilitar um aprendizado mais eficaz. Esta etapa de acordo com o Gagné (1975) poderá desenvolver nos estudantes as capacidades ligadas as habilidades intelectuais e as estratégias cognitivas.

Em seguida no evento sete, seguindo a teoria de Gagné, possibilitamos um *feedback*, ou seja, se o aluno aplicou corretamente ou não os conhecimentos trabalhados, que seriam uma espécie de devolutiva, com o objetivo de proporcionar o reforço pelo esforço da aprendizagem. Neste evento, o professor ao iniciar um novo módulo, sempre deve fazer a retomada do módulo anterior para que o aluno reforce aquilo que foi aprendido.

O oitavo evento refere-se à avaliação do desempenho, em atenção à necessidade de diversificação, sendo importante que alunos exercitem seus conhecimentos em tarefas distintas. Nesse sentido os alunos puderam pontuar os pontos positivos e negativos que consideraram na proposta escrevendo o que mais

gostaram no projeto e o porquê. Entendemos que nesse tipo de avaliação os alunos têm maior liberdade para discorrer sobre a experiência vivenciada.

O nono e último evento refere-se ao estímulo, à retenção e à transferência da aprendizagem, ou seja, a generalização, com o propósito de proporcionar ao aluno oportunidades de aplicar e generalizar o que foi aprendido. Aqui de forma individual os alunos produziram um mapa mental sobre o tema Gravitação, podendo apresentar os conceitos estudados e até relacioná-los com aplicações diferentes das que foram apresentadas na proposta.

E a fim de buscar uma relação com os conhecimentos prévios apresentados antes da implementação da proposta, ao final dela foi aplicado um novo questionário.

# Questionário inicial

Na busca por compreender as concepções iniciais dos alunos sobre conhecimentos gerais (guerra fria e corrida espacial) e Física básica pode-se aplicar um questionário inicial.

Segue aqui uma sugestão de questionário para o professor, no entanto, ele pode ser adequado de acordo com a realidade de cada professor.

Esse questionário teve por objetivo nortear nosso trabalho enquanto professores que implementaram essa proposta de ensino. Assim, a partir das respostas dos alunos vamos preparamos o encaminhamento das aulas, dedicando mais tempo aos tópicos que apresentam mais dúvidas.

Aluno (a): \_\_\_\_\_

**Em cada questão você terá uma afirmação sobre diferentes conteúdos, você só precisa marcar se concorda com a afirmação, se tem dúvidas ou se discorda da afirmação.**

**01.** No dia 20 de julho de 1969, **Neil Armstrong** tornou-se o primeiro homem a pisar na Lua.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

**02.** O homem nunca pisou na lua e, isso não passa de uma conspiração dos norte-americanos, pois, se Neil Armstrong foi o primeiro homem a pisar na Lua e temos imagens dele desembarcando, então quem fez a filmagem?

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

**03.** Apenas os três homens da missão Apolo 11 pisaram na lua até hoje.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

**04.** Guerra fria foi uma guerra sangrenta entre Estados Unidos e União Soviética que aconteceu na Rússia durante um rigoroso inverno.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

**05.** A corrida espacial foi responsável por mobilizar altas quantias de dinheiro com o intuito de promover a exploração do espaço.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

**06.** Os Estados Unidos largaram na frente na corrida espacial enviando o primeiro homem ao espaço em uma missão que orbitou a Terra.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

**07.** Os Estados Unidos e a União Soviética foram as únicas nações que já pousaram sondas na Lua.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

**08.** A Lua é um satélite natural, mas também existem os satélites artificiais, os quais são feitos pelo homem.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas

Discordo plenamente

**09.** A cadela Laika foi o primeiro ser vivo a fazer uma viagem espacial.

- Concordo plenamente  
 Tenho dúvidas  
 Discordo plenamente

**10.** O primeiro satélite artificial lançado ao espaço foi o Sputnik.

- Concordo plenamente  
 Tenho dúvidas  
 Discordo plenamente

**11.** A primeira lei de Newton estabelece que um corpo permanece em repouso ou em movimento retilíneo uniforme sempre que a resultante das forças que atuam sobre esse corpo for nula.

- Concordo plenamente  
 Tenho dúvidas  
 Discordo plenamente

**12.** Força é uma grandeza vetorial, pois, ao empurrarmos um objeto, esse “empurrão” possui valor numérico, direção e sentido.

- Concordo plenamente  
 Tenho dúvidas  
 Discordo plenamente

**13.** Sem força não é possível existir movimento.

- Concordo plenamente  
 Tenho dúvidas  
 Discordo plenamente

**14.** A força de atração do Sol sobre a Terra é igual, em intensidade e direção, à força de atração da Terra sobre o Sol.

- Concordo plenamente  
 Tenho dúvidas  
 Discordo plenamente

**15.** Observando as imagens abaixo concluímos que o personagem A é mais forte que o personagem B.

- Concordo plenamente  
 Tenho dúvidas  
 Discordo plenamente



Personagem A



Personagem B

**16.** A segunda lei de Newton diz que a aceleração que surge em um corpo é diretamente proporcional a força resultante que age sobre ele e, inversamente proporcional à sua massa.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

**17.** Inércia pode ser entendida como a medida da massa de um corpo, ou seja, quanto maior a massa do corpo maior sua inércia.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

**18.** A Lei da Gravitação Universal nos mostra que corpos massivos têm a capacidade de se atraírem por uma força mútua denominada de força gravitacional. Sendo assim, podemos concluir que a Terra atrai a Lua e a Lua atrai a Terra com uma determinada força

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

**19.** No dia 20 de junho de 2020 teve início a estação do ano chamada de inverno. O inverno ocorre devido a maior distância da Terra ao Sol.

- Concordo plenamente
- Tenho dúvidas
- Discordo plenamente

# MÓDULO 1

Quadro 3: Descrição do plano de aula para o módulo 1.

PLANO DE AULA		
<b>MÓDULO 1:</b> Discussão e análise do filme estrelas além do tempo		
<b>PÚBLICO-ALVO:</b> Alunos do terceiro ano do Ensino Médio		
<b>OBJETIVO:</b> Promover um estudo interdisciplinar do filme “Estrelas além do tempo”		
ESTRUTURA DA PROPOSTA DIDÁTICA		
<b>Objetos de conhecimento</b>	<b>Física:</b> Funcionamento de foguetes, órbitas; <b>Matemática:</b> Linguagem matemática, Computadores humanos; <b>Filosofia:</b> Epistemologia, Mudança de paradigma; <b>Sociologia:</b> Cultura, identidade, raça, etnia e gênero; <b>História:</b> Guerra Fria, corrida espacial.	
ÁREAS DA BNCC		
<b>Matemática e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades</b>	Competência específica 1	(EM13MAT103)
<b>Ciências humanas e sociais aplicadas no ensino médio: competências específicas e habilidades</b>	Competência específica 5	(EM13CHS502) (EM13CHS503)
<b>Ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades</b>	Competência específica 2	(EM13CNT201)
ENCAMINHAMENTOS		
<b>METODOLOGIA DE ENSINO:</b> Sala de aula invertida		
<b>MODALIDADE DE ENSINO:</b> Ensino Remoto Intencional		
<b>Momento 1</b>	Os alunos assistem ao filme	Etapa assíncrona
<b>Momento 2</b>	Os alunos respondem de maneira individual uma questão disponibilizada via google forms	Etapa assíncrona

<b>Momento 3</b>	Discussão coletiva do filme via google meet <ul style="list-style-type: none"><li>• Discutir sobre a questão de gênero;</li><li>• Discutir sobre a questão de raça;</li><li>• Discutir sobre a corrida espacial;</li><li>• Discutir sobre a chegada do homem à Lua.</li></ul>	Etapa síncrona
<b>Momento 4</b>	Os alunos em pequenos grupos deverão produzir um infográfico sobre estrelas além do tempo.	Etapa assíncrona

Fonte: Autoria própria (2021)



### Atividade proposta para os alunos

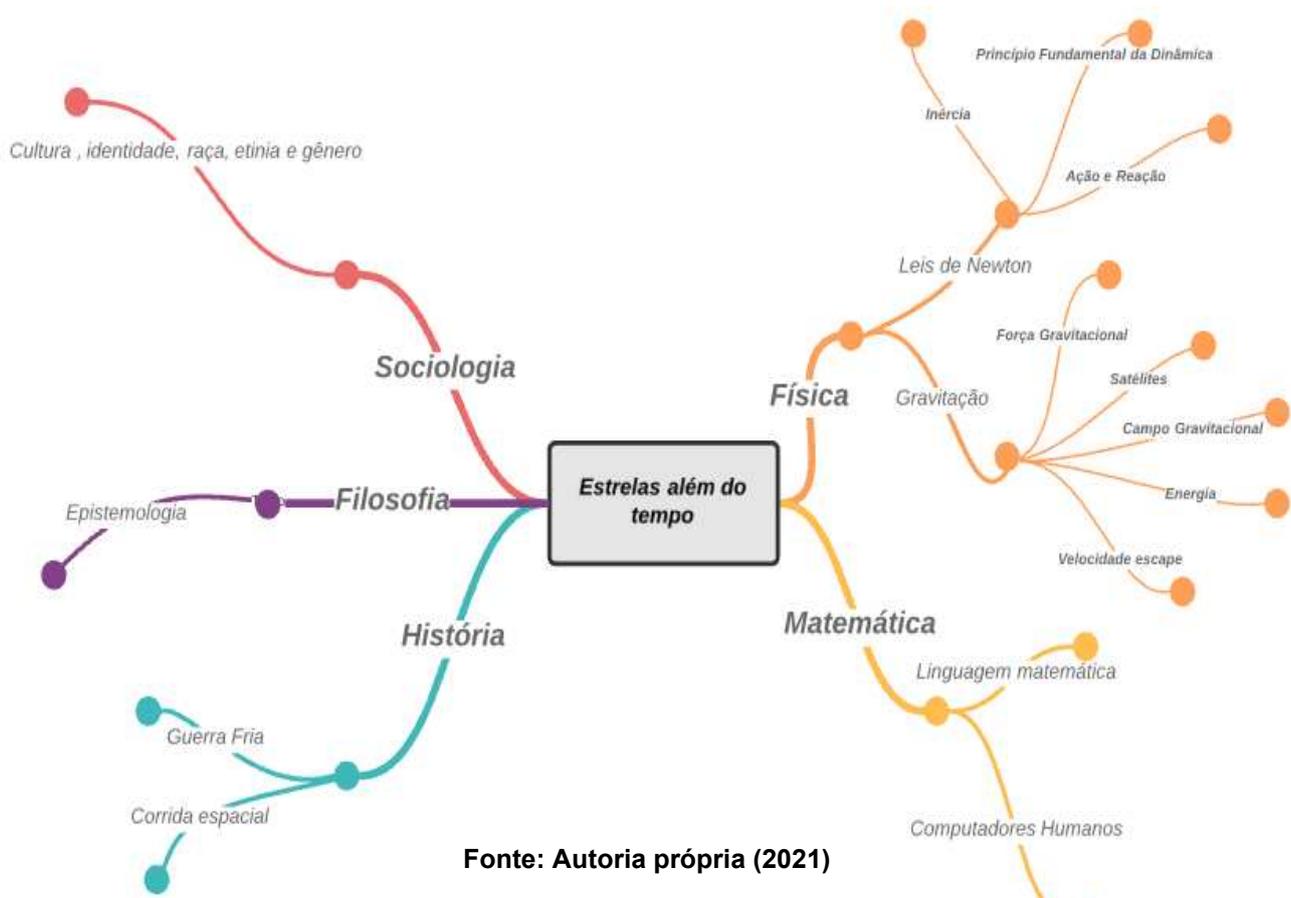
Após assistir ao filme escreva em um papel/relate o que mais lhe chamou atenção no filme.

Material de apoio ao professor para trabalhar o filme:

# Estrelas além do tempo

Mulheres negras, em meio a segregação racial, que foram fundamentais para o avanço tecnológico que permitiu a ida do primeiro americano ao espaço

Possibilidade interdisciplinar para o filme Estrelas além do tempo



## Texto de apoio produzido por: João Luís de Almeida Machado<sup>1</sup>

### O filme

Estamos no início dos anos 1960, em plena Guerra Fria, durante a chamada corrida espacial envolvendo russos e americanos. Este período é igualmente intenso politicamente nos Estados Unidos em virtude da luta pelos Direitos Civis, liderada por nomes como Martin Luther King e Malcolm X, através da qual os negros norte-americanos pleiteiam a igualdade de direitos em relação a população branca.

Katherine Johnson (Taraji P. Henson), Dorothy Vaughn (Octavia Spencer) e Mary Jackson (Janelle Monáe) trabalham na NASA e estão, portanto, muito envolvidas com a corrida espacial. São especialistas em cálculos complexos, atuando como “computadores humanos”, numa época em que os equivalentes cibernéticos ainda eram tão grandes e dispendiosos, além de limitados e caros, que boa parte dos estudos matemáticos necessários para se mandar foguetes para o espaço passava pelos engenheiros e técnicos da agência espacial norte-americana.

Se não bastasse isso, são mulheres negras num contexto social bastante delicado, marcado por lutas sociais intensas e pela discriminação evidente, seja pelo fato de serem afrodescendentes ou por serem do sexo feminino. Convivem com a desconfiança, são tratadas com descaso por superiores, submetidas a situações humilhantes como banheiros separados, tem pouca ou nenhuma possibilidade de ascensão na hierarquia da NASA.

São mulheres negras que, no entanto, foram decisivas para as conquistas espaciais norte-americanas na composição de forças e trabalho em prol do desenvolvimento que levou satélites e foguetes daquele país para o espaço, trazendo significativos avanços científicos para toda a humanidade.

“Estrelas além do tempo” nos coloca em contato com a história de cada uma delas, que ao mesmo tempo ocorrem e que lhes permitem a superação de situações e de contextos claros e evidentes de discriminação em relação as mulheres e a população negra por elas representadas. Um filme emocionante, de gente como a gente, que buscou por meio dos estudos e do trabalho árduo, chegar aonde chegou e que, ainda

---

<sup>1</sup> Texto original encontrado em <https://www.plannetaeducacao.com.br/portal/a/35/estrelas-alem-do-tempo>. Acesso em 11 jun. 2020.

Todos os créditos destinados ao autor.

assim, enfrentaram dificuldades que, infelizmente, por conta da intolerância e da discriminação, continuam ainda hoje a existir no mundo.

# ATIVIDADES

---

1. Além da temática focada nos direitos civis, o filme aborda também a Guerra Fria e a Corrida Espacial, eventos de vulto envolvendo a época as duas maiores potências mundiais, os EUA e a União Soviética. Passados mais de 50 anos daquele momento histórico é sempre importante refletir sobre o que nos legou tal conflito no que tange a conquistas e derrotas. A corrida espacial, por exemplo, foi responsável por importantes avanços tecnológicos que migraram da indústria aeroespacial para o dia a dia das pessoas. Que tal buscar estas contribuições e discutir tal legado com seus alunos?
2. Para melhor entender os anos 1960 e a luta pelos direitos civis faça uma breve mostra de filmes relacionados ao tema, entre os quais os já mencionados “Selma”, “Mississippi em Chamas”, “Assassinato no Mississippi”, “Malcolm X” e, é claro, “Estrelas além do tempo”. Compare as abordagens, proponha aos alunos que se coloquem no lugar dos personagens, peça a eles que criem relatos em papel, áudio e vídeo sobre a intolerância, a violência racial, a perseguição aos afrodescendentes, a desigualdade de gênero... Tudo embasado, se possível, em dados adicionados ao conteúdo dos filmes, a leituras de materiais selecionados e a relatos de pessoas que viveram esta época ou que ainda hoje sofrem com a discriminação racial ou de gênero.
3. A expressão “computador humano” usada no filme pode causar estranheza a todos aqueles que hoje lidam e convivem com a internet, computadores, tablets, smartphones e tecnologias afins. Que tal buscar mais referências a ideia dos computadores humanos e comparar, na medida do possível, o cérebro humano com a inteligência artificial, compondo uma linha do tempo sobre o tema, criando um infográfico, por exemplo.

# MÓDULO 2

Quadro 4: Descrição do plano de aula para o módulo 2.

PLANO DE AULA		
<b>MÓDULO 2:</b> Corrida Espacial		
<b>PÚBLICO-ALVO:</b> Alunos do terceiro ano do Ensino Médio		
<b>OBJETIVO:</b> Promover um estudo interdisciplinar da corrida espacial		
ESTRUTURA DA PROPOSTA DIDÁTICA		
<b>Objetos de conhecimento</b>	<b>Física:</b> Lançamento de foguetes, órbitas, corrida espacial <b>História:</b> Segunda Guerra mundial, Guerra Fria.	
ÁREAS DA BNCC		
<b>Ciências humanas e sociais aplicadas no ensino médio: competências específicas e habilidades</b>	Competência específica 2	(EM13CHS204)
<b>Ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades</b>	Competência específica 2	(EM13CNT201)
ENCAMINHAMENTOS		
<b>METODOLOGIA DE ENSINO:</b> Sala de aula invertida		
<b>MODALIDADE DE ENSINO:</b> Ensino Remoto Intencional		
<b>Momento 1</b>	Os alunos assistem ao vídeo  <a href="#">"Guerra Fria - EUA vs URSS / Nostalgia HISTÓRIA"</a>	Etapa assíncrona
<b>Momento 2</b>	Discussão coletiva do vídeo via google meet <ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir sobre a importância da Segunda Guerra mundial para esse contexto;</li> <li>• Buscar compreender o que significa guerra fria;</li> <li>• Discutir sobre a corrida espacial, compreender a disputa entre Estados Unidos e União Soviética;</li> <li>• Discutir sobre a chegada do homem à Lua.</li> </ul>	Etapa síncrona

	Esse momento pode contar com a presença do professor de Física, de História e de Geografia, a fim de proporcionar um momento interdisciplinar.	
--	--	--

**Fonte: Autoria própria (2021)**



### **Atividade proposta para os alunos**

Após o estudo do vídeo sobre Guerra Fria em sala com os professores de Física, História e Geografia, escreva com suas palavras o que você aprendeu sobre a corrida espacial.

# Material de apoio ao professor para trabalhar o tema corrida espacial

Um grande marco na história da corrida espacial é o conflito ideológico e político que ocorreu na década de 40 a 90 que gerou um dos grandes conflitos da Guerra Fria, logo após o fim da Segunda Guerra Mundial. Durante este período, os Estados Unidos e a Rússia declararam suas intenções de explorar o espaço e essa disputa gerou investimentos tecnológicos e um grande avanço científico.

O início da corrida espacial se deu a partir do lançamento dos primeiros satélites artificiais da Terra com o pioneiro soviético Sputnik 1 que foi fundamental para enviar sinais de rádio para fins de estudo sobre o planeta e o Sputnik 2 lançado em 1957 que colocou em órbita a cadela Laika, o primeiro ser vivo da história. Para Siqueira (2015) o projeto Sputnik também materializava o primeiro míssil intercontinental. E assim a União Soviética enviou para o espaço 10 satélites designados Sputnik, sendo o último lançado no ano de 1961.

Em resposta ao lançamento dos Sputnik 1 e 2 realizado pelos soviéticos, os Estados Unidos anunciaram o lançamento de seu próprio satélite artificial, ou seja, oficialmente só entraram na Corrida em 1958, com o lançamento do estadunidense Explorer I, e em seguida, foi criada a Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA), a agência dedicada a “explorar o espaço”, menos de um ano após o lançamento do Sputnik (WINTER e MELO, 2007, p. 32).

Outro acontecimento importante da corrida espacial deu-se com o lançamento de Lunik 2, a primeira sonda em direção a Lua. De acordo com Bexiga (2015) em 1961 os soviéticos enviaram Yuri Gagarin para o espaço na Vostok 1, que constatou que a Terra é azul adquirindo a liderança da União Soviética na Corrida Espacial, fazendo dele o primeiro homem da história a ir para o espaço.

Diante desses fatos, os EUA lançaram um desafio de conquistar a Lua. Assim, o envio do homem para a Lua era uma obsessão para o governo americano que não poupou esforços e dinheiro para viabilizar esse projeto. Para que isso fosse possível, a NASA criou o Programa Apollo que selecionou Neil

Armstrong, Edwin Aldrin e Michael Collins como integrantes do programa. Os três astronautas americanos foram enviados para a Lua, no dia 16 de julho de 1969, como tripulantes da Apollo 11. A aeronave americana pousou na Lua e o astronauta pronunciou a frase: “Este é um pequeno passo para o homem, mas um grande salto para a humanidade”. E a partir dessa expedição, foram trazidas 21 kg de rochas lunares para análises científicas e uma quantidade enorme de lixo foi deixada na superfície lunar (BEXIGA, 2015).

O final da Guerra Fria se deu entre os anos 70 e 90 com a queda do muro de Berlim, este período foi marcado por diversas outras conquistas, demonstrando suas evoluções na área tecnológica. Neste período a primeira estação espacial foi colocada em órbita. Os EUA concentraram sua exploração nos planetas externos e na colocação do telescópio Hubble em órbita.

Em 1998 foi construído a Estação Espacial Internacional que mantém pelo menos dois astronautas a bordo desde os anos 2000. Esta construção tem um marco simbólico importante, uma vez que contou com a participação de várias Agências Espaciais para marcar a presença humana no espaço, como também caracteriza a união de diversos países em prol da ciência (BEXIGA, 2015).

No entanto, a corrida espacial termina deixando uma grande herança para a humanidade envolvendo desde a utilização de satélites de comunicação, como pode ser citado a utilização da frigideira de teflon (que serviu para proteger foguetes e os alimentos desidratados por causa da gravidade), lentes de contato, utilização de monitores cardíacos, termômetro digital, códigos de barra, GPS, micro-ondas, entre outros, mudando definitivamente o cenário da vida contemporânea.

A imagem dos astronautas analisando o solo lunar deixa evidente que o processo de exploração do espaço, colaborou para o desenvolvimento dos meios de comunicação em massa. Esses acontecimentos marcaram o encerramento da disputa espacial e deu início a um processo de reaproximação e cooperação científica entre as nações na questão espacial. Haja visto que a Guerra Fria foi um grande incentivador para que essa disputa acontecesse. Era necessário para os Estados Unidos, mostrar também a sua potência e sua capacidade de explorar o espaço, após o aparecimento do satélite russo Sputnik.

# MÓDULO 3

Quadro 5: Descrição do plano de aula para o módulo 3.

PLANO DE AULA		
<b>MÓDULO 3:</b> Princípio de Funcionamento dos Foguetes (Leis de Newton)		
<b>PÚBLICO-ALVO:</b> Alunos do terceiro ano do Ensino Médio		
<b>OBJETIVO:</b> Promover um estudo interdisciplinar sobre o funcionamento do foguete a partir das Leis de Newton.		
ESTRUTURA DA PROPOSTA DIDÁTICA		
<b>Objetos de conhecimento</b>	<b>Física:</b> 1ª lei de Newton: Princípio da inércia, Referenciais inerciais, Segunda Lei de Newton: Princípio Fundamental da Dinâmica, Força peso, Terceira Lei de Newton: Princípio da Ação e Reação.	
ÁREAS DA BNCC		
<b>Matemática e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades</b>	Competência específica 2	(EM13CHS204)
<b>Ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades</b>	Competência específica 2	(EM13CNT201)
ENCAMINHAMENTOS		
<b>METODOLOGIA DE ENSINO:</b> Sala de aula invertida		
<b>MODALIDADE DE ENSINO:</b> Ensino Remoto Intencional		
<b>Momento 1</b>	Os alunos assistem o vídeo pelo canal do youtube ou no classroom  “Dinâmica - Primeira Lei de Newton” - Prof. Michel Corci  <a href="https://www.youtube.com/watch?v=oQSdPnNL2Cs&amp;feature=youtu.be">https://www.youtube.com/watch?v=oQSdPnNL2Cs&amp;feature=youtu.be</a>  “Dinâmica - Segunda Lei de Newton” - Prof. Michel Corci	Etapa assíncrona

	<p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=VnviLaj2X5A">https://www.youtube.com/watch?v=VnviLaj2X5A</a></p> <p>“Dinâmica - Terceira Lei de Newton” - Prof. Michel Corci</p> <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=yDwhxIQREuY&amp;feature=youtu.be">https://www.youtube.com/watch?v=yDwhxIQREuY&amp;feature=youtu.be</a></p>	
<b>Momento 2</b>	<p>Discussão coletiva dos vídeos via google meet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir sobre as leis de Newton,</li> <li>• Identificar as três leis de Newton em situações reais;</li> <li>• Analisar o princípio da ação e reação no funcionamento do foguete.</li> </ul> <p>Esse momento pode contar com a presença do professor de Física para realizar a discussão sobre as leis de Newton analisando as situações do cotidiano, bem como o funcionamento do foguete.</p> <p>Material utilizado na aula foi produzido pelos autores e está disponível no site:</p> <p><a href="https://fisica-basica0.webnode.com/4">https://fisica-basica0.webnode.com/4</a></p>	Etapa síncrona

Fonte: Autoria própria (2021)

## Material de apoio ao professor para trabalhar o tema Leis de Newton

Dinâmica é o segmento da Física que estuda a causa dos movimentos. A partir do livro *Philosophiae naturalis principia mathematica* (Princípios matemáticos da filosofia natural) de Isaac Newton é possível compreender por que os movimentos acontecem.

Para iniciarmos o estudo da Dinâmica precisamos definir o conceito força que muitas vezes se confunde com outras grandezas físicas.

<sup>4</sup> Site criado pelos autores para a divulgação do material utilizado <https://fisica-basica0.webnode.com/4>.

Ao contrário do que muitos pensam o conceito de força não está ligado a massa muscular, academias ou outras coisas que comumente ouvimos associado ao termo força.

Na década de 1980 um desenho de muito sucesso contava com um super-herói chamado He Man.

A frase “Eu tenho a **força**” era o bordão desse personagem que sempre proclamava ao empunhar sua espada.

**É importante ressaltar que ninguém tem força!**

## Força

Força é o resultado da interação entre dois corpos, também pode ser entendida como um agente físico capaz de deformar um corpo ou alterar a sua velocidade vetorial ou as duas coisas simultaneamente (BATISTA et al.,2018).

Dependendo do tipo de interação, a força pode assumir naturezas diferentes:

- Forças de capo;
- Forças de contato.

As forças de campo também são chamadas de forças de interação à distância; essas atraem ou repelem somente os corpos que estiverem em sua região de atuação. Classificamos como forças de campo a força elétrica, a força magnética e a força gravitacional.

Por outro lado, as forças de contato são aquelas que atuam por meio do contato direto entre os corpos, um agindo sobre o outro. Classificamos como forças de contato a força normal, a força de tração, a força elástica e a força de atrito.

No sistema Internacional de Unidades (SI), a grandeza física Força tem como unidade de medida o newton (N). Nesse sistema  $1N$  equivale a força que fazemos sobre um corpo de  $1kg$  para provocar uma aceleração de  $1 m/s^2$ , ou seja,

$$1N = 1kg \cdot 1 m/s^2$$

Força é uma grandeza vetorial, e para compreender as causas do movimento necessitamos das leis fundamentais apresentadas por Newton em seu livro, essas são conhecidas como as três leis de Newton.

## Primeira lei de Newton – Princípio da Inércia

Quando a soma vetorial de todas as forças que atuam sobre um corpo é nula, dizemos que se esse corpo tem a tendência de manter sua velocidade vetorial constante, ou seja, tem a tendência de permanecer em equilíbrio.

Temos dois tipos de equilíbrio. O equilíbrio estático ocorre quando a velocidade do corpo é constante e igual a zero, ou seja, o corpo encontra-se em Repouso.

Já o equilíbrio dinâmico ocorre quando a velocidade do corpo é constante e diferente de zero, ou seja, como velocidade é uma grandeza vetorial o corpo encontra-se em Movimento Retilíneo Uniforme.

De acordo com o dicionário de língua portuguesa online, inércia é a resistência que a matéria oferece à alteração do estado de movimento (aceleração). Assim, podemos entender a inércia como a medida da massa de um corpo, ou seja, quanto maior a massa do corpo maior a dificuldade em alterar o estado de movimento desse corpo.

**Se um corpo se encontra em repouso ele tenderá a permanecer em repouso, já se esse corpo estiver em movimento com velocidade constante, ele continuará em movimento em linha reta e com velocidade constante.**

## Referenciais Inerciais

Uma que importante que devemos nos fazer para a compreensão da primeira lei é: o corpo está em repouso em relação a quê? Ou em movimento com velocidade constante em relação a quê? Ou seja, precisamos definir um referencial.

Um referencial onde a 1ª Lei de Newton é válida diz-se referencial de inércia ou simplesmente referencial inercial, e esse é um referencial para todo e qualquer corpo sujeito a uma força resultante nula, ou seja, um referencial inercial é aquele que não

possui aceleração. Qualquer referencial acelerado ( $\vec{a} \neq \vec{0}$ ) relativamente a um referencial inercial denomina-se referencial não inercial.

## Segunda Lei de Newton: Princípio Fundamental da Dinâmica

De acordo com Batista et al. (2018), se a soma vetorial de todas as forças que atuam sobre o corpo for diferente de zero, surge no corpo então uma aceleração, diretamente proporcional à força resultante e inversamente proporcional à massa do corpo.

A direção e o sentido da aceleração é o mesmo da força resultante.

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_R}{m} \quad (1)$$

que pode ser escrita da seguinte forma:

$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a} \quad (2)$$

onde  $m$  é a denominada massa inercial medida em kg e caracteriza o corpo do ponto de vista mecânico. É independente da forma do corpo, da sua constituição, da sua velocidade, é apenas dependente da quantidade de matéria que o constitui.  $\vec{F}_R$  é a força resultante medida em N e  $\vec{a}$  é a aceleração do corpo medida em m/s<sup>2</sup>.

Assim, se:

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_2 \quad \text{e} \quad m_1 > m_2$$

Então

$$\vec{a}_1 < \vec{a}_2$$

e diz que o corpo 1 possui maior inércia ao movimento, pois, possui maior **massa inercial**. A massa é uma propriedade do corpo que lhe permite resistir a qualquer variação na sua velocidade.

Devemos resgatar o conceito de aceleração nesse momento, aceleração é a taxa de variação da velocidade em um intervalo de tempo. Como velocidade é uma grandeza vetorial, dizemos que: se a velocidade variar apenas em módulo temos a chamada aceleração tangencial, que em módulo pode ser escrita como:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (3)$$

### **A aceleração tangencial aplica-se ao Movimento Retilíneo Uniforme Variado.**

Já se a velocidade mantiver o módulo constante mais variar em direção e sentido temos a chamada aceleração centrípeta, que em módulo pode ser escrita como:

$$a = \frac{v^2}{R} \quad (4)$$

### **A aceleração centrípeta aplica-se ao Movimento Circular Uniforme.**

Assim, se o movimento for retilíneo temos a força resultante que atua sobre o corpo que pode ser escrita em módulo como:

$$F_R = m \cdot a$$

$$F_R = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (5)$$

onde:

$m$  = massa (kg);

$\Delta v$  = variação da velocidade (m/s);

$\Delta t$  = intervalo de tempo (s);

Já se o movimento for circular a força resultante que atua sobre o corpo também recebe o nome de força centrípeta, e seu módulo pode ser escrito como:

$$F_R = m \cdot a$$

$$F_R = m \cdot \frac{v^2}{R} \quad (6)$$

onde:

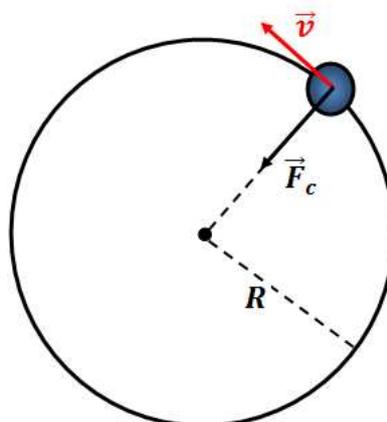
$m$  = massa (kg);

$v$  = velocidade (m/s);

$R$  = raio da trajetória (m)

Assim, podemos dizer que força centrípeta é uma força resultante ( $F_C = F_R$ ) cujo sentido aponta para o centro  $c$  da curva, ou seja, quando uma partícula realiza um Movimento Circular Uniforme (MCU), a resultante das forças que atuam nesse móvel é radial centrípeta, logo, tem a direção do raio da curva e sentido para o centro, como apresenta a Figura 1.

**Figura 1: Representação da força centrípeta em uma partícula que descreve um MCU.**



Fonte: Autoria própria (2021)

## Força Peso

Uma aplicação direta da força resultante em um movimento retilíneo é a força peso, ou seja, a força de atração gravitacional entre a Terra e um corpo em sua proximidade.

A força peso a que um corpo está sujeito é consequência do campo gravitacional criado pela Terra.

De acordo com Batista et al. (2018), todo corpo dotado de massa, cria em torno de si um campo gravitacional, quanto maior a massa do corpo maior o campo gravitacional associado a ele. Assim, o campo gravitacional ( $\vec{g}$ ) da Terra pode ser determinado levando-se em consideração sua massa. Qualquer ponto material (corpo com dimensões desprezíveis se comparado a Terra) dentro do campo gravitacional terrestre será atraído para o centro da Terra, essa força de atração entre a Terra e o ponto material é denominada força gravitacional, que chamamos também de força peso. Essa força peso pode ser determinada por:

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g} \quad (7)$$

onde,  $m$  é a massa do corpo medida em kg e  $\vec{g}$  o vetor aceleração da gravidade medido em  $m/s^2$ .

Um corpo em queda livre tem uma aceleração  $a$  que equivale a aceleração  $g$  da gravidade para esse corpo em queda, podemos calcular a força aplicada sobre ele.

É importante lembrar que quando falamos que um corpo se encontra em queda livre estamos desconsiderando as forças dissipativas.

### Importante

- A massa ( $m$ ) é uma propriedade intrínseca do corpo e é a mesma em qualquer local do universo em que esteja o corpo, isto é, a massa não varia com o local.
- A aceleração da gravidade varia de uma posição para outra, ou seja, cada localidade possui um valor de  $g$ .

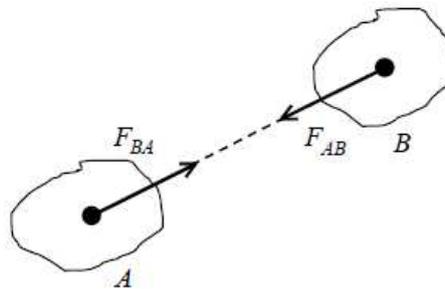
- O peso de um corpo não é uma característica do corpo, pois varia de uma região para outra, proporcionalmente ao valor da gravidade local.

## Terceira Lei de Newton – Princípio da Ação e Reação

De acordo com Newton as forças sempre acontecem aos pares, assim na interação entre dois corpos, as forças trocadas entre eles formam um par de forças **ação** e **reação**.

Se o corpo B exerce uma força sobre o corpo A, então o corpo A exerce sobre o corpo B, uma força de mesma intensidade, de mesma direção e de sentido oposto, conforme Figura 2.

Figura 2: Representação da lei da ação e reação



Fonte: Autoria própria (2021)

$\vec{F}_{AB} \rightarrow$  força exercida por A em B

$\vec{F}_{BA} \rightarrow$  força exercida por B em A

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

### Importante

- O par de ação e reação ocorrem em corpos diferentes, por isso jamais se anulam.

# Como funcionam os foguetes

Os foguetes são máquinas que produzem a força ou o impulso necessário para empurrar um objeto para a frente. São usados para lançar naves espaciais.

Os foguetes carregam combustível, que é queimado dentro de uma câmara. O combustível queima quando é misturado ao gás oxigênio e acendido. Quando o combustível queima, emite gás quente, que sai por uma abertura na parte traseira da câmara. A força do gás, movendo-se para trás, empurra o foguete para a frente. Essa ação é conhecida como propulsão a jato.

Os motores de um avião a jato também empregam a propulsão a jato. Mas, diferentemente de um motor a jato, os foguetes carregam seu próprio suprimento de oxigênio, o que os torna valiosos no espaço, onde não existe oxigênio.

O combustível de foguetes pode ser líquido ou sólido. O ônibus espacial dos Estados Unidos usa foguetes de combustível líquido e sólido. Dois foguetes propulsores movidos a combustível sólido lançam o ônibus no espaço. Três foguetes com motores movidos a combustível líquido permitem que o ônibus espacial saia da órbita da Terra e depois reentre nela.

Os foguetes funcionam baseados na Lei de Newton, a lei da ação e reação. Eles consistem, basicamente, em um projétil que leva combustível - sólido ou líquido - no seu interior. Esse combustível é queimado progressivamente na câmara de combustão, gerando gases quentes que se expandem. Os gases, por sua vez, são expelidos para trás por um bocal (abertura na traseira) e, ao mesmo tempo, ocorre uma reação na parede interna da câmara oposta ao bocal (veja a imagem abaixo). Essa reação - à qual damos o nome de empuxo - e a expulsão dos gases empurram o foguete para frente.

Os foguetes de combustível líquido geralmente usam hidrogênio e oxigênio líquidos como comburentes, para permitir a queima do combustível, pois no espaço exterior não há oxigênio. Comburente é a substância que, ao combinar-se com outra, permite a combustão desta (muitas vezes utiliza-se, como sinônimo, o termo oxidante). A mistura é dosada por válvulas e feita na câmara de combustão. Para poder entrar em órbita, é preciso que um foguete possa atingir cerca de 28.440 km/h, a fim de escapar da gravidade terrestre, que o puxa sempre para baixo. Essa é a velocidade necessária para que um corpo fique em órbita da Terra: cerca de 7,9 km/s (ou 28.440 km/h). Por conta disso, os satélites.

Foguete Saturn V, que levou as naves Apollo até a Lua. Eram foguetes maiores que os atuais ônibus espaciais e operavam com três estágios. Os motores do primeiro estágio podem ser vistos aqui. Através do controle dos 5 bocais, podemos direcionar o movimento do foguete, obtendo um vetor resultante na direção do movimento desejado.

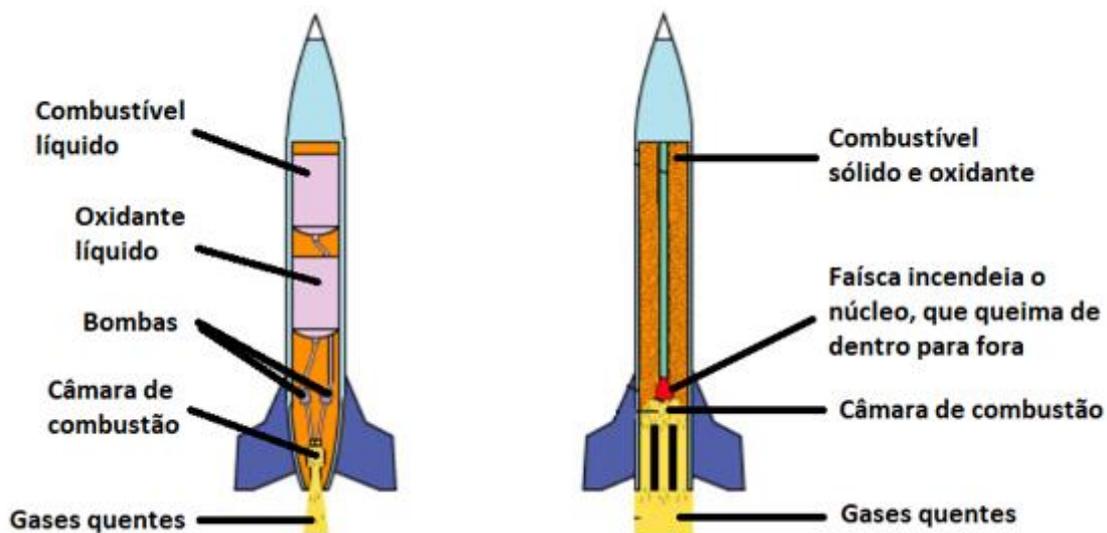
## **Estágios**

Os estágios se resumem a, basicamente, dois ou mais foguetes, colocados um em cima do outro. Assim, quando o foguete do estágio inferior queima todo o seu combustível, ele se desacopla do conjunto e aciona o segundo estágio, permitindo que o corpo restante do foguete aproveite o impulso obtido e alivie o peso considerado "peso morto", a fim de ganhar mais velocidade na subida. O primeiro estágio é o que carrega, geralmente, a maior parte do combustível, pois os instantes iniciais da subida são os que exigem maior dispêndio de energia: a atmosfera é mais densa perto do solo (há mais atrito do foguete com o ar); a gravidade ( $g$ ) é maior na região próxima à superfície terrestre. e o peso do foguete é ainda grande (pois nenhum estágio se desacoplou e ele ainda carrega todo o combustível que vai ser queimado). Esse é o sistema usado para os grandes foguetes lançadores atuais. O foguete Saturn V (na foto acima) era um lançador de três estágios, sendo o primeiro impulsionado por querosene e os demais por hidrogênio líquido.

## **Outras tecnologias**

Uma tecnologia mais simples - e que é vantajosa para uso militar - é a dos foguetes movidos a combustível sólido: seu funcionamento é mais simples e não demanda tempo exagerado para se preparar o lançamento. Já as naves do tipo ônibus espacial são colocadas e mantidas em órbita com o auxílio de um conjunto misto de foguetes: foguetes externos, movidos a combustível sólido (combustível e comburentes na forma de pó, aglutinados numa pasta com um catalisador), auxiliados por motores próprios e alimentados por um tanque de combustível líquido de hidrogênio.

Figura 3: Apresentação das etapas de um foguete movido a combustível líquido e sólido.



Fonte: Página Britânica Escola, 2021.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Disponível em: <https://escola.britannica.com.br/artigo/foguete/482384> . Acesso em: 24 jan. 2021.

# ATIVIDADES

---

**01.** Analise as afirmações a respeito da inércia e marque a alternativa falsa:

- a) A massa é a medida quantitativa da inércia.
- b) Na falta de atrito, um corpo em movimento permanecerá em movimento perpetuamente.
- c) A situação de movimento retilíneo uniforme é denominada de equilíbrio dinâmico.
- d) A tendência de um corpo em movimento uniforme e com aceleração constante é manter-se em movimento perpetuamente.
- e) O princípio da inércia é enunciado para corpos que estejam em repouso ou em velocidade constante.

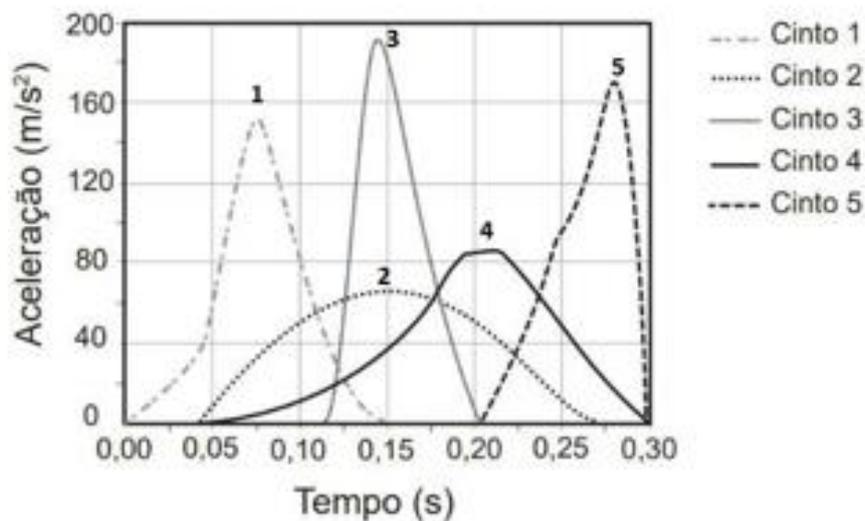
**02.** Analise as afirmações feitas a respeito das leis de Newton.

- I) É possível definir a segunda lei de Newton em função da quantidade de movimento.
- II) Um objeto depositado sobre uma superfície qualquer sofrerá a ação da força Normal como reação à força Peso.
- III) A massa é a grandeza que representa a dificuldade imposta por um corpo à mudança de seu estado inicial.
- IV) A unidade de medida para força é  $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ .
- V) Ação e reação sempre possuem o mesmo sentido.

Marque a alternativa correta:

- a) I e II são falsas
- b) I, II, III e IV são verdadeiras.
- c) IV e V são falsas
- d) I, III e IV são verdadeiras.
- e) III, IV e V são verdadeiras.

**03. Enem (2017).** Em uma colisão frontal entre dois automóveis, a força que o cinto de segurança exerce sobre o tórax e abdômen do motorista pode causar lesões graves nos órgãos internos. Pensando na segurança do seu produto, um fabricante de automóveis realizou testes em cinco modelos diferentes de cinto. Os testes simularam uma colisão de 0,30 segundos de duração, e os bonecos que representavam os ocupantes foram equipados com acelerômetros. Esse equipamento registra o módulo da desaceleração do boneco em função do tempo. Os parâmetros como massa dos bonecos, dimensões dos cintos e velocidade imediatamente antes e após o impacto foram os mesmos para todos os testes. O resultado final obtido está no gráfico de aceleração por tempo.



Qual modelo de cinto oferece menor risco de lesão interna ao motorista?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

**04.** Aplica-se uma força de 20 N a um corpo de massa  $m$ . O corpo desloca-se em linha reta com velocidade que aumenta 10 m/s a cada 2 s. Qual o valor, em kg, da massa  $m$ ?

- a) 5.
- b) 4.
- c) 3.
- d) 2.
- e) 1.

**05.** Qual a diferença entre uma nave espacial, uma sonda espacial e um satélite?

**06.** No espaço um ônibus espacial se movimenta sem combustível utilizando apenas o princípio da inércia. Então, para que serve a força produzida pelo combustível?

# MÓDULO 4

Quadro 6: Descrição do plano de aula para o módulo 4.

PLANO DE AULA		
<b>MÓDULO 4:</b> História da Astronomia		
<b>PÚBLICO-ALVO:</b> Alunos do terceiro ano do Ensino Médio		
<b>OBJETIVO:</b> Promover um estudo interdisciplinar sobre a história da astronomia		
ESTRUTURA DA PROPOSTA DIDÁTICA		
<b>Objetos de conhecimento</b>	<p><b>Física:</b> A astronomia na antiguidade e na Grécia Antiga. O geocentrismo e o domínio das ideias filosóficas de Aristóteles. O heliocentrismo e a grande revolução científica.</p> <p><b>Filosofia:</b> Pensamentos filosófico da Grécia Antiga, Teologia Cristã Escolástica de Tomás de Aquino e o pensamento da ciência moderna.</p>	
ÁREAS DA BNCC		
Ciências humanas e sociais aplicadas no ensino médio: competências específicas e habilidades	Competência específica 2	(EM13CHS204)
Ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades	Competência específica 2	(EM13CNT201)
ENCAMINHAMENTOS		
<b>METODOLOGIA DE ENSINO:</b> Sala de aula invertida		
<b>MODALIDADE DE ENSINO:</b> Ensino Remoto Intencional		
<b>Momento 1</b>	Os alunos assistem o vídeo pelo youtube ou pelo classroom História da Astronomia – Projeto Gravitação – Prof. Michel Corci <a href="https://www.youtube.com/watch?v=OiTuYXbFd10&amp;t=460s">https://www.youtube.com/watch?v=OiTuYXbFd10&amp;t=460s</a>	Etapa assíncrona
<b>Momento 2</b>	Discussão coletiva do vídeo via google meet	Etapa síncrona

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Discutir os desenvolvimentos históricos da astronomia em diversas épocas e lugares, desde seu surgimento na antiguidade até Nicolau Copérnico e o heliocentrismo</li><li>• Promover uma relação de estudos da astronomia entre ciência e filosofia.</li></ul> <p>Esse momento pode contar com a presença do professor de física e filosofia para realizar a discussão de uma relação íntima entre filosofia e astronomia que passa por diferentes fases: a primeira fase de sobreposição dos trabalhos dos filósofos e dos astrônomos, a segunda, em que a sofisticação crescente dos modelos astronômicos torna a relação filosofia e a astronomia mais aprofundada, e a terceira, em que os astrônomos, de posse de modelos capazes de fornecer previsões, passam a atuar também no campo filosófico, propondo concepções epistemológicas e éticas.</p>	
--	---	--

**Fonte: Autoria própria (2021)**

# Material de apoio ao professor para trabalhar o tema História da Astronomia

Desde os tempos antigos, o céu tem sido usado como um mapa, calendário e relógio. De acordo com Rooney (2018), o registro astronômico mais antigo 3000 a.C é atribuído aos chineses, babilônios e egípcios. Os estudos naquela época sobre os corpos celestes tinham finalidades práticas, como construção de calendário, previsões adequadas para plantios e colheitas, ou até mesmo para fins astrológicos.

Um dos grandes marcos da história da Astronomia antiga ocorreu na Grécia 600 a.C. a 400 d.C. Com o intuito de compreender a natureza do cosmos e a partir da curiosidade, surgiram as primeiras características sobre o nosso universo (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2013).

Nesse sentido, grandes pensadores gregos de alguma forma tentaram explicar nosso universo. Entre eles podemos destacar: Tales de Mileto (624 - 546 a.C.) inicia os estudos da astronomia e geometria, ele calculou a duração do ano e os horários dos equinócios e solstícios. Pitágoras de Samos (572 - 497 a.C.) e Aristóteles (384-322 a.C.) acreditavam que os corpos celestes eram esféricos.

Aristarco de Samos (310 - 230 a.C.) propõe há quase 2000 anos antes de Nicolau Copérnico que a Terra gira em torno do Sol, Eratóstenes de Cirênia (276 - 194 a.C.) foi o primeiro a medir o diâmetro da Terra; Hiparco de Nicéia (160 - 125 a.C.), considerado o maior astrônomo da era pré-cristã, elaborou um catálogo com a posição no céu e a magnitude das estrelas. Ptolomeu (85 d.C. - 165 d.C.) foi o último astrônomo importante da antiguidade que estabeleceu o modelo geocêntrico que viria a perdurar até a renascença. (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2013).

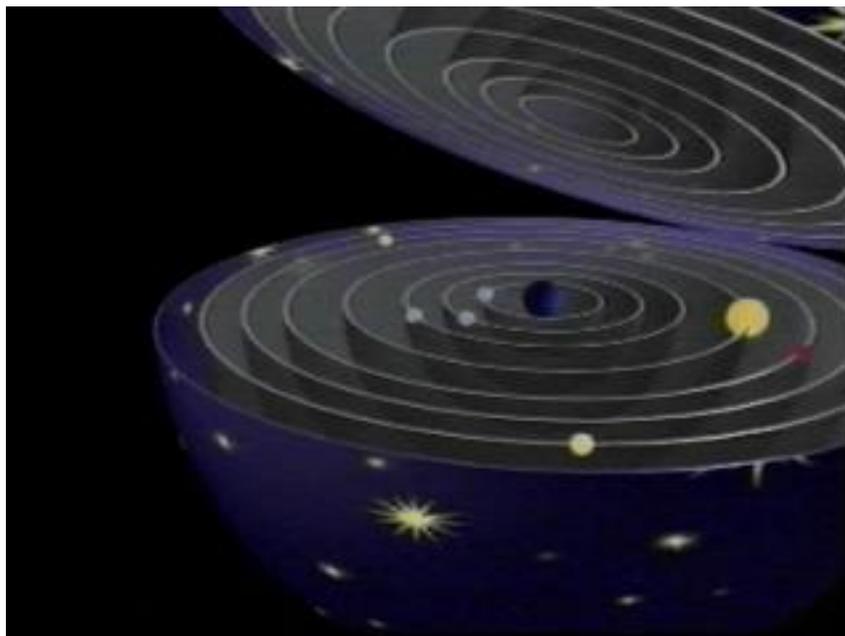
## **O geocentrismo e as ideias de Aristóteles.**

As ideias filosóficas de Aristóteles desde o século IV a.C., até o século XVI d.C., se mantiveram como os únicos pensamentos formulados sobre os fenômenos físicos e a estrutura do Universo (PORTO & PORTO, 2008). Ele acreditava que o Universo era formado por dois mundos: O mundo sublunar, onde tudo é submetido à “corrupção”, no

sentido de imperfeição e mudança, e o mundo supralunar, onde tudo é imutável e perfeito (VERDET, 1991).

Segundo Nogueira (2009), a Terra possui um formato esférico e encontra-se localizada no centro do universo que é finito. Tal universo estaria organizado em camadas esféricas e concêntricas em uma estrutura semelhante a uma cebola, de acordo com a Figura 3.

**Figura 3: Representação de uma Terra esférica como centro de um universo finito.**



Fonte: Página Geo - Conceição<sup>6</sup>

A descrição formal do pensamento aristotélico foi feita por Ptolomeu (85-165 d.C.), um grande astrônomo da antiguidade, em sua obra o *Almagesto*. Tal produção foi considerada a maior fonte de conhecimento sobre a astronomia na Grécia. Partindo da hipótese aristotélica, criou um modelo geométrico para explicar os movimentos planetários, ou seja, desenvolveu o primeiro sistema planetário geocêntrico.

Na tentativa de explicar o movimento retrógrado do planeta Marte desenvolveu um formalismo contendo epíclis, cujo centro se move à volta da Terra em grandes circunferências, denominadas deferentes, que permitia prever o movimento dos planetas com considerável precisão e que foi usado até o Renascimento, no século XVI.

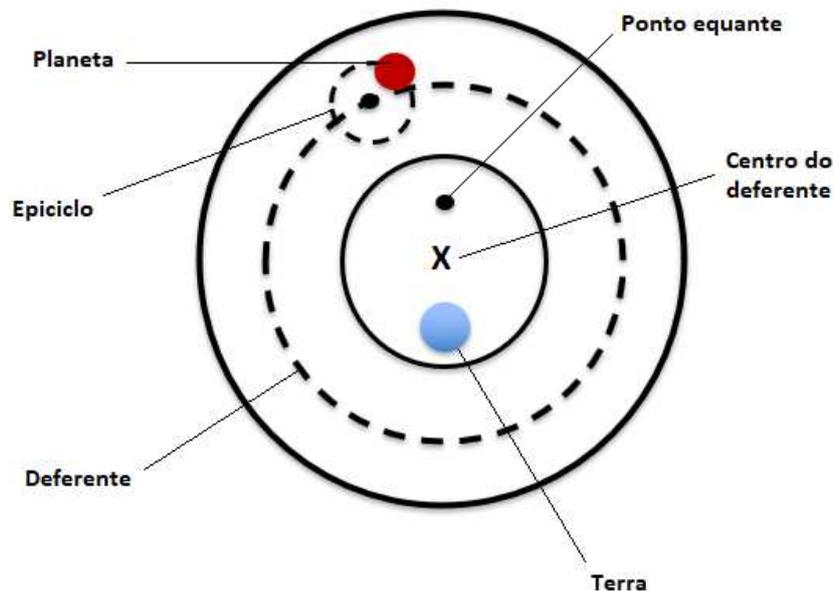
Nesse sistema, cada planeta se move num pequeno círculo (epíclis), conforme a Figura 4, cujo centro se move ao redor da Terra, a qual é estacionária e está no centro

---

<sup>6</sup> Disponível em: <http://geoconceicao.blogspot.com/2012/02/os-planetas-estao-muito-mais-proximos.html>. Acesso em: 20 out. 2020.

do Universo. Como Mercúrio e Vênus são vistos sempre perto do Sol, Ptolomeu colocou o centro de seus epiciclos sobre uma linha entre a Terra e o Sol, com o centro dos epiciclos movendo-se ao redor da Terra, num círculo condutor (deferente) (ROONEY, 2018).

**Figura 4: Representação da explicação de Ptolomeu para o movimento dos planetas**



**Fonte: ROONEY, 2018, p. 49**

De acordo com Rooney, 2018:

Com o deferente deslocado da Terra, seu foco central é um ponto do espaço chamado “excêntrico”. Ptolomeu acrescentou outro ponto, posto à Terra e equidistante do excêntrico, que chamou de “equante”. A velocidade do planeta era uniforme em relação ao equante. Isso significa que, se pudéssemos ficar no equante e observar, o centro do epiciclo do planeta sempre se moveria com a mesma velocidade angular. Em qualquer outro lugar, inclusive na Terra, o planeta seria visto indo mais depressa em algumas partes da órbita do que em outras. Isso restaurava o movimento circular uniforme que Aristóteles exigia e, ao mesmo tempo, explicava os movimentos aparentes dos planetas quando vistos da Terra (ROONEY, 2018, p. 48-49).

Esse modelo Aristotélico-ptolomaico ficou conhecido como geocêntrico, e colaborou com as explicações dos movimentos dos corpos celestes por muito tempo, e, só foi abandonado a partir da criação da mecânica de Newton o que consolidou um período conhecido como revolução científica (PONCZEK, 2002).

### **A Astronomia na Idade Média - O heliocentrismo e a revolução científica.**

De acordo com Rooney (2018), a ideia de que o Sol está no centro do universo e de que a Terra gira em torno dele, conhecida como a teoria heliocêntrica, já havia sido proposta por Aristarco de Samos; ele propôs essa teoria com base nas estimativas dos tamanhos e distâncias do Sol e da Lua. Concluiu ainda que a Terra girava em torno do Sol e que as estrelas formariam uma esfera fixa, muito distante.

Segundo Nogueira (2009), a teoria de que a Terra estaria em movimento não era muito atraente, porque contrariava o prestigiado pensamento aristotélico da época.

O astrônomo Nicolau Copérnico (1473 - 1543), trouxe em suas concepções sobre o universo, ideias que representaram as primeiras rupturas com a antiga visão Aristotélica de mundo, dando início aos primeiros passos da Revolução Científica denominada revolução Copernicana (PONCZEK, 2002).

O abalo definitivo do modelo cosmológico aristotélico-ptolomaico veio no século seguinte, com a teoria heliocêntrica proposta por Nicolau Copérnico. Segundo Copérnico, o Sol passava a ocupar o centro do Universo, enquanto a Terra e os demais planetas giravam ao seu redor. Copérnico, no entanto, manteve, ainda sob influência do antigo modelo cosmológico, a ideia de um Universo finito, fechado por esferas, onde os planetas descreviam órbitas circulares perfeitas (PORTO; PORTO, 2008, p. 4601-4).

Essa nova visão do universo incomodava muito e por isso não obteve a total aceitação, diante disso a revolução copernicana só passa a ser aceita mais adiante, pois até aquele momento, a ciência era representada pela igreja, que se utilizava de argumentos bíblicos para resistir à nova revolução (PONCZEK, 2002).

Ainda que com essas lacunas teóricas, as ideias de Nicolau Copérnico representaram uma das grandes revoluções da história das ciências. Mas a substituição da teoria aristotélica passaria por Kepler, recaindo nos ombros de Galileu e sendo

concluída por Newton. Nesse período a astronomia passa a ser chamada de astronomia moderna. Na astronomia moderna, Kepler e Galileu acreditavam que o Universo estava matematicamente organizado e que a ciência era feita, comparando hipóteses como os dados observados experimentalmente (PONCZEK, 2002).

Nogueira e Canalle (2009), ressaltam a importância do Modelo de Copérnico, relatando a longa trajetória da passagem do modelo Geocêntrico para o Heliocentrismo:

Com sua obra, o polonês abriu uma porta que jamais voltaria a ser fechada. De fato, o seu modelo heliocêntrico parecia concordar mais com as observações do que o de Ptolomeu, e logo muitos cientistas se entusiasmaram pela novidade. Entre eles, dois dos mais importantes foram o alemão Johannes Kepler (1571-1630) e o italiano Galileu Galilei (1564-1642). Mas o geocentrismo ainda tentaria uma última cartada com o maior astrônomo de seu tempo, o dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601) (NOGUEIRA; CANALLE, 2009, P.38).

Durante muitos anos o dinamarquês Tycho Brahe fez registros das posições dos planetas com muita precisão (VERDET, 1991).

Ainda de acordo com o autor supracitado, o alemão Johannes Kepler, acreditava que o modelo de Copérnico seria capaz de descrever matematicamente um Universo ordenado e harmonioso. E usando dados coletados por Tycho Brahe sobre as oposições de Marte, Kepler descobriu que o sistema de Copérnico funcionava perfeitamente, desde que fossem usadas elipses ao invés dos círculos da trajetória dos planetas, com o Sol em um de seus dois focos.

Outro nome que deu um novo rumo à astronomia moderna foi Galileu Galilei. Galileu teve contribuições na produção de instrumentos de medida utilizados na área militar, colaborou ainda de maneira valiosa para a Física, utilizando o chamado método experimental e para a Astronomia com suas observações da Lua, de Júpiter e de Vênus com seu instrumento telescópio.

Os experimentos de Galileu foram importantes para o desenvolvimento da nossa atual mecânica. Uma série de observações feitas por Galileu ao planeta Vênus, permitiram inferir que o Sol, e não a Terra, era o centro do Universo. Com relação às observações feitas por Galileu, podemos destacar descobrimentos das manchas solares, as montanhas da Lua, as luas de Júpiter e as fases de Vênus (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2013).

Em seu trabalho sobre o Fascínio do Universo, Damineli e Steiner (2010), trazem ideias que complementam a tese de que Galileu com suas observações astronômicas comprovou que a teoria do Heliocentrismo era verdadeira.

Galileu Galilei (1564-1642), que foi um dos primeiros a examinar o céu com ajuda de um telescópio – e a desenhar, a mão, o que tinha visto na Lua, no Sol, em Júpiter e em Saturno, espantando a sociedade de sua época (DAMINELI; STEINER, 2010, p.18).

Estas evidências tiveram grande impacto, atingindo fortemente o geocentrismo. A Igreja Católica, começa a discordar das interpretações dadas aos dados observados por Galileu. Suas ideias foram criticadas, o que levou a mira da Inquisição, na qual teve de se explicar perante a Igreja, assim foi acusado de ensinar “má ciência” e advertido de que a teoria heliocêntrica deveria ser ensinada apenas como uma hipótese por ser contrária ao que a Bíblia propunha (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2013).

Os princípios e as leis da dinâmica concebidos por Newton constituem o passo fundamental para o desenvolvimento da ciência moderna. Newton é considerado o fundador da mecânica clássica. Suas ideias influenciaram todo o pensamento científico e filosófico do século XVIII.

Damineli e Steiner (2010), mostram que dentre os problemas da mecânica celeste, ele deu a explicação física para o comportamento dos planetas, deduzindo leis de Newton e a lei da gravitação universal a partir das leis de Kepler.

A teoria da gravidade do físico inglês Isaac Newton (1643-1727) foi deduzida diretamente das leis de Johannes Kepler (1571-1630), que diziam como os planetas se moviam em torno do Sol (DAMINELI; STEINER, 2010, p.21).

A teoria da gravitação publicada por Newton foi o golpe final na teoria Geocêntrica.

# MÓDULO 5

Quadro 7: Descrição do plano de aula para o módulo 5.

PLANO DE AULA		
<b>MÓDULO 5:</b> Leis de Kepler		
<b>PÚBLICO-ALVO:</b> Alunos do terceiro ano do Ensino Médio		
<b>OBJETIVO:</b> Compreender as Leis de Kepler		
ESTRUTURA DA PROPOSTA DIDÁTICA		
<b>Objetos de conhecimento</b>	Física: Primeira Lei de Kepler: Lei das órbitas, Segunda Lei de Kepler: Lei das áreas e Terceira Lei de Kepler: Lei dos períodos.	
ÁREAS DA BNCC		
<b>Matemática e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades</b>	Competência específica 1	(EM13MAT103)
<b>Ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades</b>	Competência específica 2	(EM13CNT201)
ENCAMINHAMENTOS		
<b>METODOLOGIA DE ENSINO:</b> Sala de aula invertida		
<b>MODALIDADE DE ENSINO:</b> Ensino Remoto Intencional		
<b>Momento 1</b>	Aula ao vivo via google meet: Discutir as três Leis de Kepler em uma abordagem introdutória, mais conceitual do que matematizada, fazendo interação com os alunos por meio de atividades práticas.	Etapa síncrona

Fonte: Autoria própria (2021)

# Material de apoio ao professor para trabalhar o tema Leis de Kepler

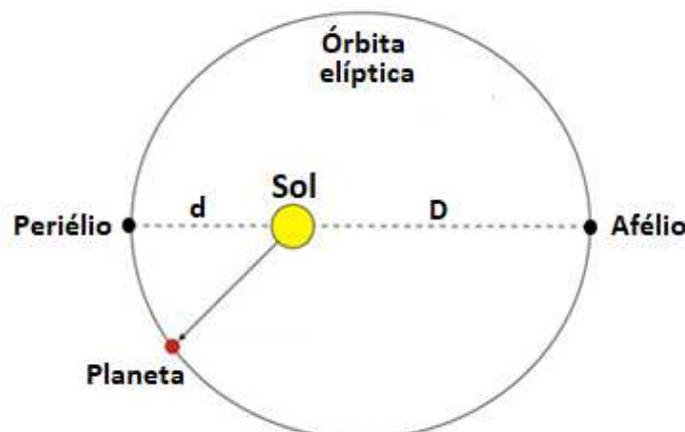
Em 1687, foi publicada a obra de Isaac Newton, *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, que viria agregar diferentes conhecimentos de diferentes autores da época. A obra de Newton foi dividida em três partes, a primeira abordava os Fundamentos da Mecânica, a segunda abordava o que chamamos de Mecânica dos Fluidos e a terceira parte discutia o Sistema do Mundo. Nesta terceira parte Newton volta-se para problemas oriundos da Mecânica Celeste e descreve o que conhecemos como teoria da Gravitação Universal, ou seja, a partir dos recursos matemáticos desenvolvidos na primeira parte do livro, de Fundamentos da Mecânica, juntamente com os princípios apresentados por Kepler para a descrição dos movimentos dos corpos celestes ele chega à Lei do inverso do quadrado.

Para a compreensão desta Lei devemos entender como Johannes Kepler a partir de um volumoso conjunto de dados precisos sobre os movimentos aparentes compilados pelo astrônomo dinamarquês Tycho Brahe descreveu os movimentos dos planetas (YOUNG e FREEDMAN, 2008, p. 14).

## Primeira Lei de Kepler: Lei das órbitas

Os planetas orbitam o Sol em trajetórias elípticas, onde o Sol ocupa um dos focos da elipse, como mostra a figura 4.

Figura 4: Órbita de um planeta hipotético ao redor do Sol.

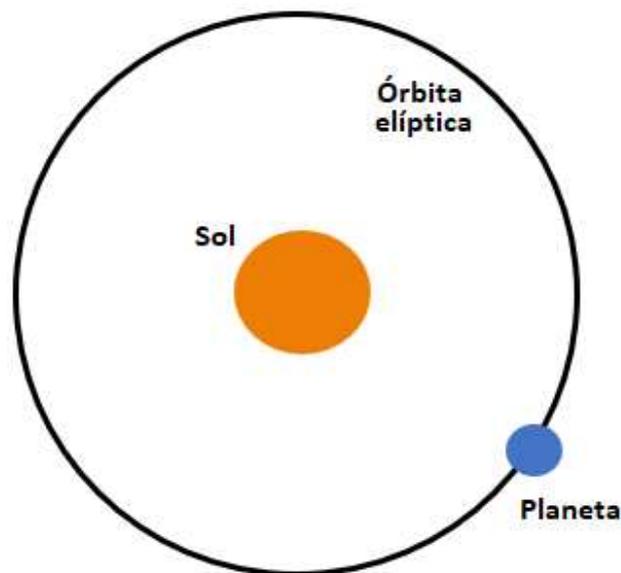


Fonte: Autoria própria (2021)

A excentricidade orbital encontra-se propositadamente acentuada para destacar as variações das distâncias do planeta ao Sol. Perceba que pela trajetória não ser circular, durante seu movimento a distância entre o planeta e o Sol varia conforme sua posição na trajetória. Isso significa que ora o planeta está mais próximo do Sol, no periélio e ora está mais afastado, no afélio. Ao olharmos para o nosso planeta Terra a distância do mesmo ao Sol no periélio é de 147 milhões de quilômetros,  $d = 1,47 \cdot 10^8$  km, e no afélio de 152 milhões quilômetros,  $D = 1,52 \cdot 10^8$  km. A média aritmética desses valores é chamada de distância média, ou raio médio (R) e vale 150 milhões de quilômetros,  $R = 1,5 \cdot 10^8$  km (NASA, 2000).

De acordo com Menezes e Batista (2020) as órbitas planetárias são bastante próximas de circunferências (Figura 5), isto é, possuem excentricidades baixas. Para se ter uma ideia a excentricidade da órbita da Terra varia entre 0 e 0.070 em um ciclo que leva entre 90 000 e 100 000 anos. Atualmente a excentricidade é de cerca de 0.017.

**Figura 5: Órbita de um planeta hipotético ao redor do Sol com uma excentricidade baixa.**



Fonte: Autoria própria (2021)



## SAIBA MAIS!

Na tabela 1 temos alguns parâmetros orbitais para os planetas que compõem o Sistema Solar.

**Tabela 1: Parâmetros orbitais**

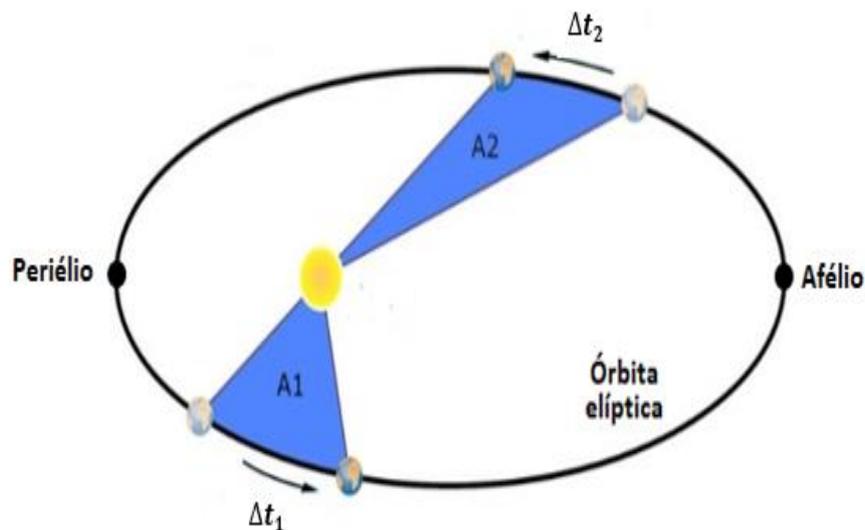
Planeta	Excentricidade da órbita	Raio Médio (km)
Mercúrio	0,200	2439
Vênus	0,007	6052
Terra	0,017	6378
Marte	0,093	3397
Júpiter	0,048	71492
Saturno	0,054	60268
Urano	0.047	25559
<b>Netuno</b>	0,009	24764

Fonte: Pietrocola et al. (2016, p.263) adaptado

## Segunda Lei de Kepler: Lei das áreas

Quando um planeta se move em sua órbita, sua velocidade linear, velocidade angular e o raio da órbita variam todos. No entanto, o raio vetor (vetor do Sol até o planeta) varre áreas iguais em tempos iguais como mostra a Figura 6.

Figura 6: Trajetória elíptica descrita por um planeta hipotético em torno do Sol.



Fonte: Autoria própria (2021)

Algebricamente podemos dizer que:

$$\frac{A1}{\Delta t_1} = \frac{A2}{\Delta t_2} = \text{constante } (k)$$



**SAIBA MAIS!**

No periélio o planeta percorre um arco maior em sua trajetória no mesmo intervalo de tempo, isso porque as áreas varridas são iguais, logo a velocidade orbital da Terra em torno do Sol no periélio é maior que no afélio:

$$v_{\text{periélio}} = 108\,137 \text{ km/h} = 30,03 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{afélio}} = 106\,344 \text{ km/h} = 29,52 \text{ m/s}$$

Assim, quando o planeta descreve sua órbita no sentido do periélio para o afélio o movimento descrito é considerado retardado, e quando o planeta descreve sua órbita no sentido do afélio para o periélio o movimento descrito é considerado acelerado.

## Terceira Lei de Kepler: Lei dos períodos

Se  $R$  for a metade do comprimento do eixo maior da elipse orbital, e  $T$  for o período de revolução do planeta em torno do Sol quando visto por um observador fixo no espaço (período sideral), então a relação  $\frac{T^2}{R^3}$  será a mesma para todos os planetas.

Assim:

$$\frac{T^2_{\text{Mercúrio}}}{R^3_{\text{Mercúrio}}} = \frac{T^2_{\text{Vênus}}}{R^3_{\text{Vênus}}} = \frac{T^2_{\text{Terra}}}{R^3_{\text{Terra}}} \dots$$

# ATIVIDADES

---

**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 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.

**02.** 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 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 afélio.
- e) A cada órbita, parte da energia cinética do planeta se perde, devido ao atrito com ar.

**03.** 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.

**04.** 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

**05.** Johannes Kepler apresentou seu trabalho com grande riqueza de detalhes. Considerando as várias possibilidades de análise a partir das suas Leis, responda:

- a) O movimento dos planetas em torno do Sol é acelerado ou retardado?

---

---

---

---

---

---

---

b) Que Lei de Kepler permite chegar a essa conclusão? Justifique sua resposta.

---

---

---

---

---

---

# MÓDULO 6

**Quadro 8: Descrição do plano de aula para o módulo 6.**

<b>PLANO DE AULA</b>		
<b>MÓDULO 6:</b> Lei da Gravitação Universal de Newton e suas aplicações.		
<b>PÚBLICO-ALVO:</b> Alunos do terceiro ano do Ensino Médio		
<b>OBJETIVO:</b> Promover um estudo da gravitação Universal		
<b>ESTRUTURA DA PROPOSTA DIDÁTICA</b>		
<b>Objetos de conhecimento</b>	Física: Newton e a Força Gravitacional, lei do inverso ao quadrado, Satélite em órbita circular, Satélites geostacionário, Campo gravitacional terrestre, Energia Potencial gravitacional e Velocidade de escape.	
<b>ÁREAS DA BNCC</b>		
<b>Matemática e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades</b>	Competência específica 2	(EM13MAT103)
<b>Ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades</b>	Competência específica 2	(EM13CNT201)
<b>ENCAMINHAMENTOS</b>		
<b>METODOLOGIA DE ENSINO:</b> Sala de aula invertida		
<b>MODALIDADE DE ENSINO:</b> Ensino Remoto Intencional		

<b>Momento 1</b>	<p>Os alunos assistem os vídeos pelo canal do youtube ou no classroom</p> <p>Gravitação Universal - Parte 1 - Prof. Michel Corci</p> <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=xmm1Xd_WPqY&amp;feature=youtu.be">https://www.youtube.com/watch?v=xmm1Xd_WPqY&amp;feature=youtu.be</a></p> <p>Gravitação Universal - Parte 2</p> <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=Ft_YyoXy83Q">https://www.youtube.com/watch?v=Ft_YyoXy83Q</a></p> <p>Gravitação Universal - Parte 3</p> <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=qBd6Td0ZUml&amp;t=4s">https://www.youtube.com/watch?v=qBd6Td0ZUml&amp;t=4s</a></p>	Etapa assíncrona
<b>Momento 2</b>	<p>Discussão coletiva via google meet</p> <p>Discutir o tema gravitação universal a partir dos vídeos que foram disponibilizados com uma abordagem conceitual e matematizada.</p> <p>Explorar a importância de trabalhar mapas mentais a fim de constituir para os alunos uma estratégia pedagógica de grande relevância para a construção de conceitos científicos, ajudando-os a integrar e relacionar informações e atribuir significado ao que estão estudando.</p>	Etapa síncrona
<b>Momento 3</b>	<p><b>Atividade:</b> Essa atividade os alunos irão construir o mapa mental. Lembrando que o tema central é GRAVITAÇÃO. E as ramificações serão por conta de cada um.</p>	Etapa assíncrona

Fonte: Autoria própria (2021)

# Material de apoio ao professor para trabalhar o tema Gravitação Universal

## Newton e a Força Gravitacional<sup>7</sup>

Fragmento do texto publicado na revista Física na Escola

Olival Freire Junior

Manoel Matos Filho

Adriano Lucciola do Valle

Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia

[...]

No Livro III<sup>8</sup>, Newton apresenta um conjunto de fenômenos astronômicos, mostrando que eles obedecem às leis de Kepler. Desse modo, Newton mostra que os satélites de Júpiter e de Saturno descrevem áreas proporcionais ao tempo de percurso e que seus períodos e distâncias orbitais estão em uma proporção similar à 3<sup>a</sup>. Lei de Kepler (Fenômenos 1 e 2); mostra que os cinco planetas primários [Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno] giram em torno do Sol (Fenômeno 3); que os períodos dos cinco planetas primários, mais o período da Terra em torno do Sol, ou do Sol em torno da Terra, mantêm com as respectivas distâncias orbitais a relação identificada por Kepler, que hoje denominamos de 3<sup>a</sup> Lei de Kepler (Fenômeno 4); que os cinco planetas primários só obedecem à lei das áreas de Kepler se tomarmos a distância dos planetas ao Sol e que o mesmo não ocorrerá se tomarmos as distâncias dos mesmos planetas à Terra [o que deve ser considerado um argumento favorável ao heliocentrismo] (Fenômeno 5); e, por fim, que a Lua varre áreas iguais em tempos iguais (Fenômeno 6). Como Newton havia demonstrado no Livro I, trajetórias que satisfazem relações como as Leis de Kepler devem ser causadas por uma força que varia com o inverso do quadrado da

---

<sup>7</sup> Sugerimos a leitura do artigo na íntegra - Física na Escola, v. 5, n. 1, 2004

<sup>8</sup> Terceira parte do livro Princípios Matemáticos da Filosofia Natural.

distância. Desse modo as proposições 1, 2, e 3 são dedicadas a mostrar que a força centrípeta sobre os satélites de Júpiter, sobre os planetas primários e sobre a Lua são todas proporcionais ao inverso do quadrado da distância ao centro de cada movimento.

Só então é que Newton introduz, na Proposição 4, a ideia de uma força gravitacional, tal qual conhecemos hoje. Deve ser notado que, até Newton, a expressão “a Lua gravita na direção da Terra ...” era um *non-sense*<sup>9</sup>, porque a palavra gravidade era usada exclusivamente com o significado de “peso terrestre”. Newton busca associar dois resultados experimentais numéricos bem estabelecidos à época: a gravidade terrestre e a aceleração centrípeta da Lua. Esta identidade de efeitos (valores iguais para a aceleração) deve levar, conforme a Regra de Filosofar número 2, que Newton havia enunciado no início desse mesmo Livro III, a uma identidade de causas; logo, a força que acelera uma pedra na superfície da Terra é da mesma natureza da força que mantém a Lua em sua órbita. Não era ainda a ideia de uma gravitação “universal”, o que demandaria examinarmos as Proposições subsequentes, mas foi o passo mais significativo na estratégia newtoniana para a introdução dessa ideia.

[...]




---

*As leis de Kepler apresentam uma descrição cinemática para o sistema planetário. Entretanto, do ponto de vista dinâmico, que tipo de força o Sol exerce sobre os planetas, obrigando-os a se moverem de acordo com as leis de Kepler?*

---

Na tentativa de responder tal pergunta, devemos entender que Newton ao analisar o movimento da Lua e concluiu que ela está sujeita ao mesmo tipo de força que faz com que os corpos caiam na superfície da Terra. A partir desta análise Newton generalizou que tal ideia e concluiu que a força gravitacional era também responsável por manter os planetas orbitando ao redor do Sol.

---

<sup>9</sup> Expressão inglesa que denota algo sem sentido

Tomando por base a noção de aceleração centrípeta já descrita no momento e as leis de Kepler, Newton descreve a lei do inverso do quadrado.

De acordo com Dias et al. (2004), A lei do inverso do quadrado seria, apenas, uma parte da *Gravitação Universal*. A descoberta importante feita por Newton. seria a interação mútua, ou seja, as ações de corpos que atraem e são atraídos são mútuas e iguais. A partir do exposto podemos dizer que a lei do inverso do quadrado pode ser evidenciada a partir da lei de Kepler, conhecida hoje por nós como Lei dos Períodos. Em 1714, Newton chega a afirmar que havia chegado à ideia Lei do inverso do quadrado ( $F \propto \frac{1}{d^2}$ ), a partir da junção da 3ª lei de Kepler ( $T^2 \propto r^3$ ) e pela tendência centrífuga que em uma notação atual pode ser expressa por  $a = \frac{v^2}{r}$ .

---

## Entendendo a Lei do inverso do quadrado

Partimos da força centrípeta

$$F = m \cdot \frac{v^2}{r} \quad (8)$$

mas

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad (9)$$

e T é o período do movimento

$$F = m \cdot \frac{\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2}{r}$$

$$F = m \cdot (2\pi)^2 \cdot \frac{r^2}{T^2 r}$$

$$F = m \cdot (2\pi)^2 \cdot \frac{r^2}{T^2 r}$$

$$F = m. (2\pi)^2. \frac{r}{T^2} \quad (10)$$

Multiplicamos o numerador e o denominador por  $r^2$

$$F = m. (2\pi)^2. \frac{r^3}{T^2} \cdot \frac{1}{r^2}$$

Lembramos que a terceira Lei de Kepler é dada por:

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

Assim,

$$F = \left[ m. (2\pi)^2. \frac{r^3}{T^2} \right] \cdot \frac{1}{r^2}$$

$$F = [\text{constante}] \cdot \frac{1}{r^2}$$

$$F = [G. M. m] \cdot \frac{1}{r^2} \quad (11)$$

Onde G é a constante gravitacional e M e m as massas que se atraem mutuamente e r a distância entre as massas.

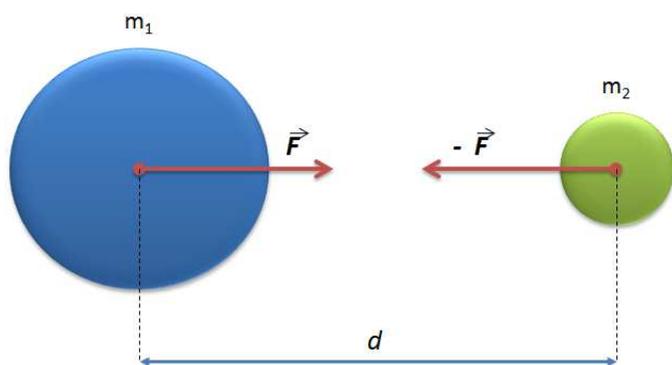
---

Assim, numa linguagem simplificada podemos dizer que:

---

*Dois corpos com massas atraem-se mutuamente por meio de forças que têm a direção da reta que os une e cujas intensidades são diretamente proporcionais ao produto das massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa.*

---



Fonte: Autoria própria (2021)

Sendo  $m_1$  e  $m_2$  as massas dos corpos e  $d$ , a distância entre seus centros, conforme a figura ao lado, é possível representar algebricamente essa lei pela equação.

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \quad (12)$$

Em que  $G$  é uma constante de proporcionalidade denominada constante gravitacional. Seu valor não depende dos corpos nem da distância entre eles ou do meio que os envolve, depende somente do sistema de unidades utilizado. No sistema Internacional, esse valor é:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$$




---

*A força que a Lua exerce sobre a Terra é igual, em módulo, à força que a Terra exerce sobre a Lua. Com base nessa informação tente explicar por que a Lua não cai na Terra.*

---

## Conheça o nosso satélite natural

A Lua é o único satélite natural da Terra e o quinto maior do Sistema Solar. É o maior satélite natural de um planeta no sistema solar em relação ao tamanho do seu corpo primário, tendo 27% do diâmetro e 60% da densidade da Terra, o que representa  $\frac{1}{81}$  da sua massa (MICHA, 2018).

**Diâmetro da Lua:** 3.474,2 km

**Distância da Terra:** 384.400 km

**Gravidade:** 1,62 m/s<sup>2</sup>

**Período orbital:** 27 dias

A Lua possui muitos movimentos, mas pode-se destacar três como principais: translação, rotação e revolução.

O movimento de translação é o que ela faz em torno do Sol, acompanhando a Terra. Sua duração é de um ano, como o da Terra, portanto, 365 dias.

O movimento de rotação é o que ela faz em torno do seu próprio eixo, e o movimento de revolução é o que ela faz ao redor da Terra.

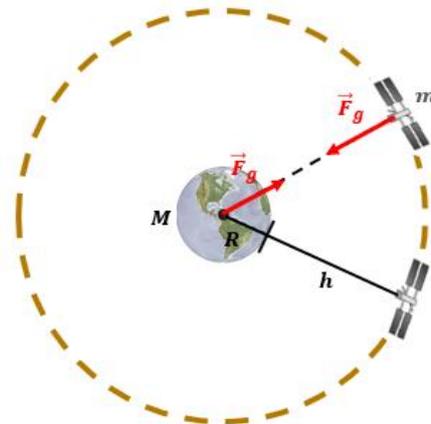
De acordo com Langhi (2011), os movimentos de rotação e revolução têm a mesma duração, pois são realizados, em tempos iguais, num período aproximado de 28 dias, nesse período a Lua passa por quatro fases bem distintas.

O período de revolução da Lua em torno da Terra é igual ao período em que ela gira em torno do seu próprio eixo. Por isso, vemos da Terra sempre a mesma face da Lua.

## Satélite em órbita circular

Considere que um satélite de massa  $m$  esteja em órbita circular de raio  $r$  em torno da Terra de massa  $M$ , como mostra a Figura 7.

Figura 7: Satélite de massa  $m$  movendo-se em órbita circular de raio  $r$  em torno da Terra



Fonte: Autoria própria (2021)

A primeira observação importante é que a distância  $r$  é a distância do centro da Terra até o satélite, ou seja, devemos somar o raio da Terra ( $R$ ) a distância da superfície da Terra até o satélite ( $h$ ).

$$r = R + h \quad (13)$$

Outra observação importante que se deve fazer é que a força resultante sobre o satélite é a força gravitacional  $\vec{F}_g$ . No entanto no Movimento Circular a força resultante recebe o nome de força centrípeta  $\vec{F}_c$ .

Pode-se então, a partir da lei da Gravitação Universal, determinar a velocidade de translação do satélite em torno da Terra. Sabendo que a força de atração gravitacional entre  $M$  e  $m$ , a qual atua no satélite, é a resultante centrípeta, necessária para mantê-lo em órbita pode-se fazer:

$$F_g = G \frac{M \cdot m}{r^2} \quad \text{e} \quad F_c = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$F_c = F_g$$

$$\frac{m \cdot v^2}{r} = G \frac{M \cdot m}{r^2}$$

$$v^2 = G \frac{M}{r} \quad (14)$$

Como:  $r = R + h$

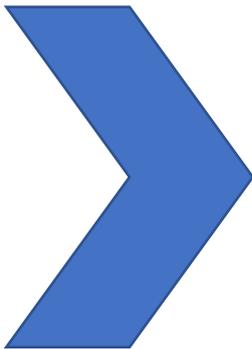
$$v = \sqrt{G \frac{M}{(R+h)}} \quad (15)$$

## Satélite geoestacionário

Um satélite geoestacionário parece estar parado, para um observador na Terra, porque ele gira sobre um ponto do equador com um período igual ao de rotação da Terra. Para que isso seja possível o satélite e o planeta precisam ter a mesma velocidade angular.



**SAIBA MAIS!**



### **SATÉLITE GEOESTACIONÁRIO DE DEFESA E COMUNICAÇÕES (SGDC)**

O SGDC é um satélite de comunicação geoestacionário brasileiro que foi construído pela Thales Alenia Space. Ele está localizado na posição orbital de 75 graus de longitude oeste e é operado pela Telebrás. O satélite foi baseado na plataforma Spacebus-4000 e sua expectativa de vida útil é de 18 anos.

Para se determinar a distância média que o satélite deve orbitar a Terra utiliza-se o modelo matemático apresentado anteriormente para a determinação da velocidade orbital.

$$v = \sqrt{G \frac{M}{r}}$$

$$v^2 = G \cdot \frac{M}{r}$$

Mas, a velocidade linear  $v$  pode ser escrita como:

$$v = \omega \cdot r = \frac{2\pi}{T} r$$

Em que  $\omega$  é a velocidade angular orbital do satélite e  $T$ , o seu período de rotação. Para encontrarmos a distância  $r$  devemos substituir essa expressão da velocidade na equação anterior.

$$\left(\frac{2\pi}{T} r\right)^2 = G \cdot \frac{M}{r}$$

$$\frac{4\pi^2}{T^2} r^2 = G \cdot \frac{M}{r}$$

$$r^3 = G \cdot \frac{MT^2}{4\pi^2}$$

$$r = \sqrt[3]{G \cdot \frac{MT^2}{4\pi^2}} \quad (16)$$



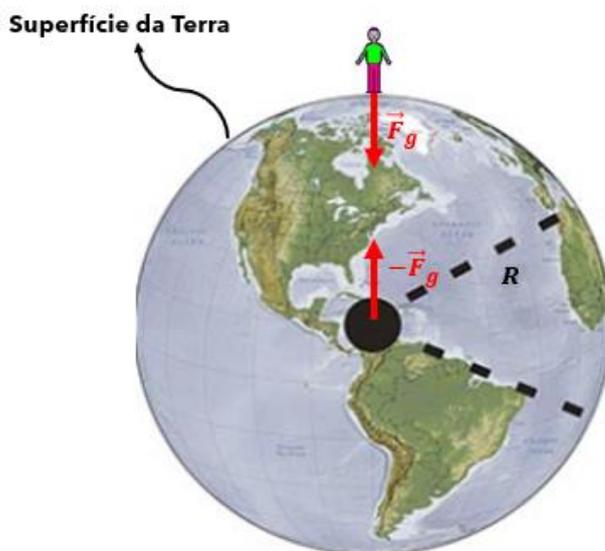
Considerando que a massa da Terra vale  $5,97 \cdot 10^{24} \text{kg}$ , que seu raio vale  $6,4 \cdot 10^6 \text{m}$  e o seu período de rotação vale 24h. Encontre a altura  $h$  do satélite acima da superfície terrestre. Utilize o valor de  $G$  adotado pela literatura.

### Campo gravitacional terrestre

Campo gravitacional pode ser definido como a área que sofre algum tipo de alteração causada por corpos que possuem massa. Ou seja, quando dois são atraídos por conta da massa que existe entre eles a região dessa interação leva o nome de campo gravitacional. Assim numa linguagem simples podemos dizer que o campo gravitacional terrestre é a região de atuação da Terra, ou seja, sempre que um corpo de massa  $m$  for colocado nessa região de atuação da Terra, ele ficará sujeito a ação de uma força de atração gravitacional.

Se o corpo for solto na superfície da Terra podemos dizer que a força de atração gravitacional é o próprio peso do corpo, Figura 8.

**Figura 8: Representação do peso do corpo na superfície da Terra**



Fonte: Autoria própria (2021)

$$P = F_g$$
$$m \cdot g = G \cdot \frac{M \cdot m}{R^2}$$
$$g = G \cdot \frac{M}{R^2} \quad (17)$$

Essa expressão nos dá o módulo da aceleração da gravidade em um ponto na superfície da Terra.

**A expressão encontrada para a aceleração da gravidade é válida para qualquer planeta, sendo M a sua massa e R o seu raio.**

Caso o corpo de massa  $m$  esteja a uma distância  $h$  da superfície da Terra como mostra a Figura 7 podemos utilizar a expressão acrescida dessa distância, ou seja,

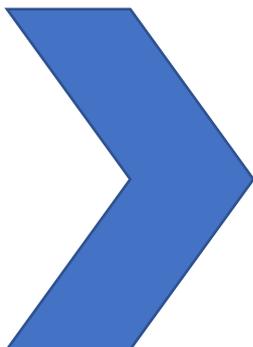
$$g = G \cdot \frac{M}{(R+h)^2} \quad (18)$$

### Você sabia?

- A sensação de estar fixo sob a superfície terrestre é advinda do campo gravitacional;
- Os satélites e a Lua permanecem na órbita da Terra por conta do campo gravitacional que possui.



**SAIBA MAIS!**



## Campo gravitacional no interior da Terra

Considerando a Terra perfeitamente esférica, homogênea e em repouso, o campo gravitacional, no interior da Terra, varia linearmente com a distância, medida a partir do centro da Terra. A figura a seguir ilustra o comportamento da intensidade do campo gravitacional para pontos internos a superfície e pontos externos da Terra.

## Energia Potencial gravitacional

Sob a ação da força gravitacional, um corpo, inicialmente em repouso, desloca-se em direção ao corpo de maior massa, o que significa que a força gravitacional realiza trabalho. Se considerarmos um deslocamento entre dois pontos, um situado a uma distância  $r$  do centro da Terra e o outro no infinito (no infinito a energia potencial gravitacional é convencionalmente igual a zero).

O trabalho realizado nesse deslocamento é igual a variação da energia potencial do corpo de massa  $m$  no campo gravitacional da massa  $M$  é expresso por:

$$\tau = -\Delta E_p \quad (19)$$

$$\tau = E_p = -G \frac{M.m}{r} \quad (20)$$

Esse trabalho só depende das massas envolvidas e da distância entre elas.

## Velocidade de escape

Quando lançamos um corpo verticalmente para cima, ele sobe até uma determinada altura e retorna ao ponto de partida. Se aumentarmos a velocidade de lançamento o corpo atingirá uma maior altura e retornará novamente ao ponto de partida. Mas, se continuarmos aumentando cada vez mais a velocidade de lançamento, atingiremos um valor, denominado velocidade de escape, para o qual o corpo escapa da atração gravitacional terrestre.

Para obtermos a velocidade de escape, devemos considerar um ponto bem afastado da superfície terrestre, no infinito (no infinito a energia potencial gravitacional é considerada zero e é desnecessário que o corpo tenha energia cinética, assim, a energia mecânica no infinito é igual a zero).

Como o sistema é conservativo a energia mecânica na superfície da Terra é igual a energia mecânica no infinito, logo:

$$\begin{aligned}
 E_{M \text{ superfície}} &= E_{M \text{ infinito}} \\
 E_c + E_p &= 0 \\
 \frac{m \cdot v_e^2}{2} + \left( -\frac{G \cdot M \cdot m}{r} \right) &= 0 \\
 \frac{v_e^2}{2} &= \left( \frac{G \cdot M}{r} \right) \\
 v_e &= \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M}{r}} \tag{21}
 \end{aligned}$$

## ATIVIDADES

---

**01. (CESGRANRIO)** A força da atração gravitacional entre dois corpos celestes é proporcional ao inverso do quadrado da distância entre os dois corpos. Assim, quando a distância entre um cometa e o Sol diminui da metade, a força de atração exercida pelo Sol sobre o cometa:

- a) diminui da metade.
- b) é multiplicada por 2.
- c) é dividida por 4.
- d) é multiplicada por 4.
- e) permanece constante.

**02.** O monte Everest é um dos pontos mais altos da superfície da Terra. Sabendo-se que sua altura em relação ao nível do mar é de aproximadamente 9000m, determine a aceleração da gravidade no topo do monte. Dados: raio médio da Terra =  $6,4 \cdot 10^6$ m, massa da Terra =  $6 \cdot 10^{24}$  kg e  $G = 6,7 \cdot 10^{-11}$  N.m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>.

**03.** Considere os dados da questão anterior e calcule a velocidade de escape de um corpo no interior da Terra.

**04. (UEL-PR)** Nem sempre é possível escapar da influência gravitacional de um planeta. No caso da Terra, a velocidade mínima de escape para um corpo de massa  $m$  é da ordem de 11,2 km/s. Em relação a essa velocidade, é correto afirmar que ela:

- a) independe da massa do corpo, mas depende da massa da Terra.
- b) independe da massa da Terra, mas depende da massa do corpo.
- c) depende da massa da Terra e da massa do corpo.
- d) independe da massa da Terra e da massa do corpo.
- e) depende da massa do corpo e da massa do Sol.

# CONSIDERAÇÕES SOBRE PRODUTO

A construção desse produto se resume em uma tentativa de um olhar contemporâneo para o ensino de Física, buscando-se utilizar do ensino remoto intencional que tem sido amplamente discutido no país e implementado no estado do Paraná como caminho para um ensino híbrido. Nesse viés, a presente proposta de ensino utilizou-se de uma metodologia ativa conhecida como sala de aula invertida e dos pressupostos teóricos da teoria da interdisciplinaridade. Todas as atividades sustentaram-se na teoria de aprendizagem de Gagné.

Espera-se que a proposta de ensino aqui apresentado promova uma maior aproximação entre professor e aluno, e um olhar diferente para a disciplina de Física. Essa proposta devidamente trabalhada, mostra-se como uma possibilidade para despertar o interesse do aluno pelo estudo, bem como, para gerar uma aprendizagem efetiva, dando sentido e significado à teoria que, muitas vezes, carregadas de abstração, impedem o aprendiz de relacioná-la ao seu dia a dia.

A proposta dividida em seis módulos ficou um pouco extensa, no entanto, cada módulo pode ser aplicado individualmente pelo professor, pode ainda ser alterado pelo mesmo de acordo com sua realidade.

Essa proposta foi implementada exatamente como descrita no decorrer do texto e apresentou resultados positivos, tanto com relação à motivação e participação dos alunos nas atividades propostas, quanto nas relações estabelecidas por eles com situações cotidianas, quanto na aprendizagem dos conteúdos conceituais trabalhados.

## REFERÊNCIAS

- ARAUJO, A. V.; *et al.* Uma associação do método Peer Instruction com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, (39). 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/4SsrkHKnBnv4fHnYQWSs5vr/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- BATISTA M. C.; CONEGLIAN, D. R.; ROCHA, D. R. Interdisciplinaridade no ambiente escolar: uma possibilidade para formação integral no Ensino Fundamental. **Revista Pontes**, Paranavaí, v. 1, nº 1, p. 107-122, 2018. Disponível em: <http://revistapontes.com.br/category/1-2018/>. Acesso em: 18 jun. 2020.
- BATISTA, M. C.; SCHIAVON, G. J.; BATISTA, D. C. **Física Geral**. Maringá-Pr.: Unicesumar, 2018. 247 p.
- BERGMANN, J; SAMS, A. **Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem**. 1.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.
- BERNARDES, T. O.; IACHEL, G.; SCALVI, R. M. F. Metodologia para o ensino de Astronomia e Física através da construção de telescópios. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 1, p. 103-117, abr. 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2008v25n1p103>. Acesso em: 18 jun. 2020.
- BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. **Estratégias de ensino-aprendizagem**. 25ed. Petrópolis: Vozes, 2004.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versoafinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versoafinal_site.pdf). Acesso em: 18 jun. 2020.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, DF: MEC/SEF, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/BasesLegais.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.
- BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/julho-2013-pdf/13677-diretrizes-educacao-basica-2013-pdf/file>. Acesso em: 18 jun. 2020.
- CASTRO, I. A.; CASTILHO, W. S. **Sala de aula invertida: Roteiro didático: o uso da videoaula no ensino de sociologia**. – Palmas, TO, 2020.
- CONFORTIN, C. K. C.; IGNÁCIO, P.; COSTA, R. M. Uma aplicação da sala de aula invertida no ensino de física para a Educação Básica. **Revista Educar Mais**, v. 2, n. 1, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/educarmais/article/view/1231>. Acesso em: 18 jun. 2020.

DAROS, T. Metodologias ativas: aspectos históricos e desafios atuais. *In*: CAMARGO, F.; DAROS, T (orgs.). **A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo**. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 8-12.

DAMINELI, A.; STEINER, J. **O Fascínio do universo**. São Paulo: Odysseus Editora, 2010.

DIAS, P. M. C.; SANTOS, W. M. S.; SOUZA, M. T. M. A Gravitação Universal (Um texto para o Ensino Médio). **Revista Brasileira de Ensino Física**. vol.26 n°.3 São Paulo 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/FZS39VjZZRrY44gywMqqcR/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

FILATRO, A.; CAVALCANTI, C. C. **Metodologias Inov-ativas na educação presencial, a distância e corporativa**. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.

FOGUETE. **Britânica Escola**, 2021. Disponível em: < <https://escola.britannica.com.br/artigo/foguete/482384>>. Acesso em 24 de janeiro de 2021.

FREIRE JUNIOR, O.; MATOS FILHO, M.; Valle A. L. Uma exposição didática de como Newton apresentou a força gravitacional. **Física na Escola**, v. 5, n. 1, 2004. Disponível em: [http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos\\_teses/fisica/artigos/exposicao\\_didatica.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/fisica/artigos/exposicao_didatica.pdf). Acesso em: 18 jun. 2020.

GAGNÉ, R. M. **Como se realiza a aprendizagem**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975.

GAGNÉ, R. M. **Princípios essenciais da aprendizagem para o ensino**. Tradução de Rute V. Ângelo. Porto Alegre: Globo, 1980.

GOMES, E. C.; BATISTA, M. C.; FUSINATO, P. A. A utilização das metodologias ativas no ensino superior. **Arquivos Do Mudi**, 24(3), 305-314, 2020. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/55520>. Acesso em: 18 jun. 2020.

LÜCK, H. **Pedagogia interdisciplinar: fundamentos teórico-metodológicos**. 9. ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

MACHADO, J. L. A. Estrelas além do tempo. **Planeta educação**, São José dos Campos, 28 de maio de 2018. Disponível em: <https://www.plannetaeducacao.com.br/portal/a/35/estrelas-alem-do-tempo>. Acesso em: 20 de outubro de 2020.

MATTAR, J. **Metodologias ativas: para a educação presencial, blended e a distância**. São Paulo: Artesenato Educacional, 2017.

MENEZES L. P. G.; BATISTA, M. C. Concepções de mestrandos em ensino de física sobre o sistema solar sob a perspectiva das leis de Kepler. **Revista REAMEC**, Cuiabá (MT), v. 8, n. 2, p. 352-373, maio-agosto, 2020. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/10000>. Acesso em: 18 jun. 2020.

MICHA, D. N. Fotos da Lua pelo Mundo: um projeto observacional registrado em fotografia sobre como as fases da Lua se comparam quando observadas dos Hemisférios Norte e Sul. **Revista Brasileira de Ensino de Física** (São Paulo), v. 40, p. e3310, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/mrFbFVf4HTfRh9XdYjSjhmP/?lang=pt>. Acesso em: 18 jun. 2020.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa. **Qurrriculum**, La Laguna, Espanha, 2012. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/96956>. Acesso em: 18 jun. 2020.

NASA. World Wind website. Disponível em: <[https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2000/ast30jun\\_1m](https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2000/ast30jun_1m)>. Acesso em: 08 mar. 2021.

NOGUEIRA, S.; CANALLE, J. B. G. **Coleção: Explorando o ensino**. V. 11. Brasília: MEC, SEB; MCT, AEB, 2009. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/component/docman/?task=doc\\_download&gid=4233&Itemid=](http://portal.mec.gov.br/component/docman/?task=doc_download&gid=4233&Itemid=). Acesso em: 18 jun. 2020.

OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/#gsc.tab=0> . Acesso em: 09 jan. 2021.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. **Teorias de Aprendizagem**. Porto Alegre: Evangraf; UFRGS, 2011.

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; OLIVEIRA, R. C. A.; ROMERO, T. R. L. **Física em contextos**. São Paulo: Editora do Brasil, 2016. v.1.

PONCZEK, R. L. Da bíblia a Newton: uma visão humanística da mecânica. In: ROCHA, J. F. (Org.) **Origens e evoluções das ideias da física**. Salvador: EDUFBA, 2002. P. 18-135.

PORTO, C.M.; PORTO, E M.B.D.S.M. A evolução do pensamento cosmológico e o nascimento da ciência moderna. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 4, 4601 (2008). Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/304601.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

ROONEY, A. **A história da astronomia**. Editora: M. Books do Brasil. Ed, 2018.

SANTOMÉ, J. T. **Globalização e Interdisciplinaridade: o currículo integrado**. Porto Alegre, RS: Artes Médicas Sul Ltda., 1998.

SISTEMAS: Geocêntrico e Heliocêntrico. **Geo - Conceição**, 2012. Disponível em: <http://geoconceicao.blogspot.com/2012/02/os-planetes-estao-muito-mais-proximos.html>. Acesso em: 20/10/2020.

SISTEMA todamateria SOLAR. **Jovem explorador**, 2012. Disponível em: <[http://www.jovemexplorador.iag.usp.br/?p=blog\\_sistema-solar](http://www.jovemexplorador.iag.usp.br/?p=blog_sistema-solar)>. Acesso em 20 de outubro de 2020.

VALENTE, J. A. A sala de aula invertida e a possibilidade do ensino personalizado: uma experiência com a graduação em midialogia. *In*: BACICH, L.; MORAN, J. (orgs). **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018, p. 26-44. Disponível em: <https://curitiba.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2020/08/Metodologias-Ativas-para-uma-Educacao-Inovadora-Bacich-e-Moran.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

VERDET, J. P. **Uma História da Astronomia**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed, 1991.

WINTER, O. C.; MELO, C. F. O Sputnik. *In*: WINTER, O. C.; PRADO, A. F. B. A. **A Conquista do Espaço**: do Sputnik à Missão Centenário. – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2007.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A., **Física II**, 12a ed. São Paulo, Addison Wesley, 2008.