

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

SALATIEL JOSÉ DE SOUZA

**COMO FAZER ANIMAÇÕES NO POWERPOINT PARA O ESTUDO DA FÍSICA NO
ENSINO MÉDIO**

Recife
2020

SALATIEL JOSÉ DE SOUZA

**COMO FAZER ANIMAÇÕES NO POWERPOINT PARA O ESTUDO DA FÍSICA DO
ENSINO MÉDIO**

Dissertação de mestrado apresentada ao curso de Mestrado Profissional em Ensino da Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos da Silva Miranda

Recife
2020

SALATIEL JOSÉ DE SOUZA

**COMO FAZER ANIMAÇÕES NO POWERPOINT PARA O ENSINO DA FÍSICA DO
ENSINO MÉDIO**

Dissertação de mestrado apresentada ao curso de Mestrado Profissional em Ensino da Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof^o Dr. Antônio Carlos da Silva Miranda (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^o Dr. Adauto José Ferreira de Souza (Examinador Interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^a Dra. Énery Gislaine de Souza Melo (Examinadora externa)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco Sistema Integrado
de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S729c Souza, Salatiel José de
Como fazer animações no PowerPoint para o ensino da Física do Ensino Médio / Salatiel José de Souza. -
2020.
190 f. : il.
- Orientador: Antonio Carlos da Silva
Miranda. Inclui referências, apêndice(s)
e anexo(s).
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado
Profissional em Ensino de Física (PROFIS), Recife, 2020.
1. Ensino de Física. 2. Aprendizagem significativa. 3. Animações. I. Miranda, Antonio Carlos da Silva,
orient. II. Título

A meus pais, à minha esposa e aos meus filhos.

AGRADECIMENTOS

A minha eterna gratidão a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho que, sem sombras de dúvidas, elevou-me pessoalmente e profissionalmente.

A meus pais, que sempre me mostraram o caminho da verdade, da ética e do amor ao próximo.

À minha esposa, por não medir esforços para me ajudar em todas as etapas importantes da minha vida. Obrigado, Patrícia Maria Rosa. Eu te amo!

A meus filhos, aos quais procuro sempre mostrar que a educação é a única saída para uma vida melhor em uma sociedade tão desigual e injusta como a nossa. Amo vocês!

À Ilma Maria Rosa, pelo cuidado que sempre teve comigo e, em especial, com a minha esposa e filhos. Obrigado por tudo!

Ao Professor Dr. André Carlos dos Santos, pelas dicas e orientações.

Ao meu orientador, Professor Dr. Antônio Carlos da Silva Miranda, pelas constantes ajudas e orientações.

Ao Professor Dr. Aduino José Ferreira de Souza, pela dedicação na coordenação desse mestrado.

A todos os meus professores do Mestrado Profissional no ensino de Física da UFRPE.

Ao meu amigo e irmão Marco Aurélio, pelo companheirismo e pelas tantas ajudas mútuas durante esses quase 20 anos de convivência.

Aos meus amigos Alexandre e Jacson, que compartilharam comigo dos inúmeros desafios que enfrentamos neste mestrado, sempre com o espírito colaborativo.

Ao meu amigo, Professor Albino Dantas pelas dicas e orientações neste trabalho.

Ao meu cunhado e amigo Paulo Rosa, pelo incentivo, dicas, orientações e atenção que sempre teve comigo.

Ao meu mestre e amigo, Professor Rogério Porto, que sempre compartilhou o seu vasto conhecimento comigo

Ao meu amigo, Professor Aderson Simões Belo, pelo apoio e estímulo dados em minhas carreiras acadêmica e profissional.

Ao meu amigo, Professor João Mesquita, pelo incentivo, pelo apoio e por sempre acreditar em meu potencial.

E por fim, não menos importante, ao meu amigo, Professor Edauto Souto, pelo incentivo, pelo apoio e por sempre acreditar em meu potencial.

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

“Movo-me como educador, porque, primeiro, me movo como gente”
(Paulo Freire)

RESUMO

Vivemos na era da tecnologia. O que outrora víamos apenas em filmes de ficção, hoje já faz parte de nosso cotidiano. Celulares, *smartphones*, *tablets* e *notebooks* tornaram-se indispensáveis em quase todas as atividades profissionais, e essa realidade não é diferente no ambiente escolar. Agregado à necessidade do uso desses aparelhos, temos ainda alunos com diferentes estilos de aprendizagem. Como o objetivo de qualquer professor é promover no aluno uma aprendizagem de qualidade, é fundamental que ele esteja sempre procurando novas formas e alternativas de ensino na tentativa de facilitar o aprendizado significativo na estrutura cognitiva de seu aprendiz, e uma alternativa muito eficiente que pode ajudar na compreensão de um conteúdo de física, são as animações. As animações são objetos virtuais e dinâmicos que podem ser vistos por meio de vídeos ou de *slides*. Esta dissertação tem como objetivo descrever uma forma de como se fazer animações para que professores que ainda não sabem como fazê-las, especialmente os de Física, possam incrementar as suas aulas, tornando-as mais interessantes, divertidas e inclusivas. O produto educacional desta dissertação corresponde à descrição de uma sequência de *slides* que apresenta os comandos necessários a fim de fazer animações em PowerPoint para construção de uma aula de física. Por isso, antes de mostrar essa construção, foi feito um tutorial apresentando passo a passo os comandos necessários para fazer animações em PowerPoint. Para aplicar o produto educacional aqui sugerido, quatro aulas de 50 minutos foram ministradas em uma turma de terceiro ano do ensino médio de um colégio particular localizado no Recife, utilizando os *slides* que foram construídos com o tema: satélites. Este trabalho foi desenvolvido sob a luz da Teoria de Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel. Para avaliar este produto educacional, foi realizada uma pesquisa qualitativa, usando apenas as narrativas dos quinze entrevistados, sem a necessidade de uma análise gráfica ou estatística do resultado. Através do resultado dessa pesquisa, observou-se que a maioria dos alunos conseguiu compreender melhor os fenômenos físicos através das animações e concluímos, dessa forma, que essa ferramenta educacional é, de fato, de grande utilidade no processo de ensino e de aprendizagem.

Palavras-chave: Ensino de Física; Aprendizagem Significativa; Animações.

ABSTRACT

We live in the age of technology. What we used to see only in fiction films, today is already part of our daily life. Mobile phones, smartphones, tablets and notebooks have become indispensable in almost all professional activities, and this reality is no different in the school environment. Added to the need to use these devices, we still have students with different learning styles. As the goal of any teacher is to promote quality learning in the student, it is essential that he is always looking for new ways and alternatives of teaching in an attempt to facilitate meaningful learning in the cognitive structure of his apprentice, and a very efficient alternative that can help in understanding a content of physics, are the animations. The animations are virtual and dynamic objects that can be seen through videos or slides. This dissertation aims to describe a way of making animations so that teachers who do not yet know how to make them, especially those in Physics, can increase their classes, making them more interesting, fun and inclusive. The educational product of this dissertation corresponds to the description of a slide sequence that presents the necessary commands in order to make PowerPoint animations for building a physics class. Therefore, before showing this construction, a tutorial presenting step by step the necessary commands to make PowerPoint animations was done. To apply the educational product suggested here, four 50-minute classes were taught in a third grade class at a private school located in Recife, using the slides that were built with the theme: satellites. This work was developed in the light of David Paul Ausubel's Significant Learning Theory. In order to evaluate this educational product, a qualitative research was carried out, using only the narratives of the fifteen interviewees without the need for a graphic or statistical analysis of the result. Through the result of this research, it was observed that most students were able to better understand physical phenomena through animations and we concluded that this educational tool is indeed very useful in the teaching and learning process.

Keywords: Teaching Physics; Significant Learning; Animations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mostra as diferentes teorias da aprendizagem	29
Figura 2: Esquemas de Piaget	30
Figura 3: Zona de desenvolvimento Proximal de Vygotsky	31
Figura 4: Condições para que ocorra uma aprendizagem significativa	36
Figura 5: O <i>continuum</i> aprendizagem mecânica x aprendizagem significativa – a região intermediária sugere que há uma “zona cinza” entre os extremos	37
Figura 6: Um diagrama indicando que a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são interdependentes e simultâneas tanto na dinâmica da estrutura cognitiva como no ensino	44
Figura 7: Modelo de mapa conceitual	49
Figura 8: Mostra a obtenção de uma elipse através da secção transversal de um plano com um cone	57
Figura 9: Mostra dois pontos P e P' de uma elipse de focos F_1 e F_2	58
Figura 10: Soma das distâncias entre um ponto da Elipse e os seus focos	59
Figura 11: Elementos de uma elipse	59
Figura 12: Posições da Terra em relação ao Sol nos Solstícios e Equinócios	60
Figura 13: Raios luminosos incidindo sobre a Terra no solstício de verão no hemisfério Sul	62
Figura 14: Raios luminosos incidindo sobre a Terra no solstício de verão no hemisfério norte e de inverno no hemisfério Sul	63
Figura 15: Raios luminosos incidindo sobre a Terra no equinócio de primavera no hemisfério Sul de equinócio de outono no hemisfério Norte	63
Figura 16: Raios luminosos incidindo sobre a Terra no equinócio de primavera no hemisfério norte e de equinócio de outono no hemisfério Sul	64
Figura 17: Mostra os principais paralelos do globo terrestre	65
Figura 18: Mostra alguns meridianos do globo terrestre	66
Figura 19: Mostra a latitude do ponto A e de todos os pontos do paralelo do lugar ..	67
Figura 20: Mostra o Paralelo do lugar	67
Figura 21: Mostra a latitude do ponto A e de todos os pontos do paralelo do lugar ..	67
Figura 22: Mostra a longitude do meridiano do lugar	68
Figura 23: Órbita de um planeta em torno do Sol	69
Figura 24: Mostra as distâncias do centro do Sol ao periélio e ao afélio da Terra	70

Figura 25: Mostra o valor de uma Unidade Astronômica (UA)	70
Figura 26: Áreas varridas pelo segmento imaginário que liga os centros do Sol e de um planeta.....	71
Figura 27: Constante de proporcionalidade entre a área varrida e o intervalo de tempo	71
Figura 28: Áreas varridas em intervalos de tempos iguais.....	71
Figura 29: Mostra a força central que o Sol exerce sobre um planeta	72
Figura 30: Mostra o momento angular da Terra em relação ao centro do Sol	72
Figura 31: Relação entre os módulos da velocidade da Terra no Periélio e no Afélio	73
Figura 32: Fórmula para cálculo da Lei dos Períodos	73
Figura 33: Mostra, fora de escala, as órbitas dos planetas Mercúrio, Vênus e Marte em torno do Sol.....	74
Figura 34: Terceira Lei de Kepler aplicada aos planetas do Sistema Solar	74
Figura 35: Mostra as órbitas de quatro satélites em torno de um planeta.....	75
Figura 36: Terceira Lei de Kepler aplicada aos satélites.....	76
Figura 37: Mostra um satélite gravitando em torno de uma massa central. Podendo ser a Lua (satélite natural) girando em torno da Terra (massa central).....	76
Figura 38: As órbitas mais utilizadas pelos satélites atuais: equatorial baixa (<i>Low Earth Orbit</i>); polar (<i>Polar Orbit</i>) e; geoestacionária (<i>Geostationary Orbit</i>).....	78
Figura 39: Lançamento horizontal de um corpo nas proximidades da Terra.....	79
Figura 40: Corpo caindo em queda livre em sua órbita em torno da Terra	79
Figura 41: Maçã em queda livre	80
Figura 42: Dois corpos se atraindo gravitacionalmente.....	81
Figura 43: Fórmula para cálculo da intensidade da força gravitacional.....	81
Figura 44: Constante da gravitação universal	82
Figura 45: Mostra as possíveis órbitas de um satélite.....	83
Figura 46: Mostra algumas órbitas não permitidas de um satélite	83
Figura 47: Mostra um satélite orbitando em torno de um planeta	84
Figura 48: Velocidade orbital de um satélite em uma órbita circular	84
Figura 49: Mostra as órbitas quase circulares de mercúrio e de Marte em torno do Sol	86
Figura 50: Terceira Lei de Kepler	86

Figura 51: Mostra um exoplaneta e a Terra orbitando em torno de suas estrelas (A e o Sol).....	86
Figura 52: Mostra a órbita de um satélite geoestacionário em torno da Terra	87
Figura 53: Mostra a órbita de um satélite geoestacionário.....	88
Figura 54: Altitude do Satélite Geoestacionário	89
Figura 55: Campo gravitacional de um astro.....	90
Figura 56: Variação do campo gravitacional com a altitude	92
Figura 57: Variação do campo gravitacional terrestre devido à rotação da Terra	93
Figura 58: Vetores unitários r e ϱ	94
Figura 59: Componentes tangencial e radial do campo gravitacional da Terra.....	95
Figura 60: Representação da direção vertical em latitudes diferentes	96
Figura 61: Mostra um homem sobre uma balança dentro de um elevador	99
Figura 62: Análise da leitura da balança	99
Figura 63: Situação 1 - elevador parado ou em MRU	100
Figura 64: Situação 2 - Elevador subindo em Movimento Acelerado ou Descendo em Movimento Retardado com Aceleração Constante a	100
Figura 65: Situação 3 - Elevador descendo em Movimento Acelerado ou Descendo em Movimento Retardado com Aceleração Constante a	101
Figura 66: Situação 4- Elevador Em Queda Livre	101
Figura 67: Mostra um corpo (como um astronauta, por exemplo) em uma estação espacial caindo em queda livre, não diretamente em direção ao centro do planeta, mas, na sua própria órbita.....	102
Figura 68: Duas pessoas e objetos flutuando no interior de uma estação espacial que está orbitando em torno da Terra	102
Figura 69: Fórmula para cálculo do peso real	103
Figura 70: Representação de um mesmo observador em latitudes diferentes e, conseqüentemente, com pesos diferentes.....	104
Figura 71: Configurações iniciais do PowerPoint	105
Figura 72: Tela inicial do PowerPoint.....	106
Figura 73: Como inserir uma caixa de texto na tela para poder digitar sobre ela....	106
Figura 74: Como realizar o preenchimento e contornos de figuras geométricas....	107
Figura 75: Como alterar a cor da forma ou mesmo deixá-la sem preenchimento...	107
Figura 76: Como acrescentar um contorno na forma	107
Figura 77: Como utilizar uma espessura para o contorno.....	108

Figura 78: Como inserir um contorno com traços.....	109
Figura 79: Como começar a preparar as animações	109
Figura 80: Como adicionar um efeito na animação	110
Figura 81: Opções de animações a serem utilizados em “Entrada”	110
Figura 82: Como adicionar efeito a partir do ícone "Início".....	110
Figura 83: Opções dentro do ícone "Início"	111
Figura 84: Opções de animações a serem utilizados em “Ênfase”	111
Figura 85: Como ampliar/reduzir e escolher o sentido do aumento ou diminuição da figura a ser animada.....	112
Figura 86: Aumento ou diminuição de um Objeto animado.....	112
Figura 87: Como fazer a figura a ser animada rotacionar	113
Figura 88: Rotação de 90° de disco animado.....	113
Figura 89: Como fazer a figura rotacionar	114
Figura 90: Mostra um giro não permitido no PowerPoint	114
Figura 91: Opções de animações a serem utilizados em “Saída”	115
Figura 92: Opções de animações a serem utilizados em “Trajetórias de animação”	115
Figura 93: Opções de animações a serem utilizados em “Desenhar trajetória de animação”	116
Figura 94: Exemplo de animação com a opção “Linha”	116
Figura 95: Exemplo de animação com a opção “Curva”	117
Figura 96: Como inserir som no PowerPoint.....	117
Figura 97: Exemplo de animação com vídeo	118
Figura 98: Exemplo de animação com <i>gif</i>	118
Figura 99: Animação representando a órbita errada da Lua	119
Figura 100: Animação representando a órbita correta da Lua	119
Figura 101: Primeiro passo de como criar vídeo a partir do PowerPoint.....	121
Figura 102: Segundo passo de como criar um vídeo a partir do PowerPoint.....	122
Figura 103: Terceiro passo de como criar um vídeo a partir do PowerPoint.....	122
Figura 104: Criando um vídeo a partir do PowerPoint.....	123
Figura 105: PowerPoint convertido em vídeo.....	123
Figura 106: Como iniciar apresentação dos <i>slides</i>	124
Figura 107: Como gravar a apresentação de <i>slides</i>	124
Figura 108: Como iniciar gravação pelo <i>slide</i> atual ou gravação do começo.....	124

Figura 109: Início de gravação	125
Figura 110: Processo de gravação do vídeo	125
Figura 111: Trecho de uma aula gravada	126
Figura 112: Fluxograma sobre os comandos mais gerais do PowerPoint necessários para fazer animações	126
Figura 113: Fluxograma sobre como inserir objeto no <i>slide</i>	127
Figura 114: <i>Slide 1</i>	128
Figura 115: <i>Slide 2</i>	129
Figura 116: <i>Slide 3</i>	130
Figura 117: Plano de Slide	130
Figura 118: <i>Slide 4</i>	131
Figura 119: <i>Slide 5</i>	131
Figura 120: <i>Slide 6</i>	131
Figura 121: <i>Slide 7</i>	132
Figura 122: <i>Slide 8</i>	133
Figura 123: <i>Slide 9</i>	133
Figura 124: <i>Slide 10</i>	134
Figura 125: <i>Slide 11</i>	134
Figura 126: <i>Slide 12</i>	135
Figura 127: <i>Slide 13</i>	135
Figura 128: <i>Slide 14</i>	136
Figura 129: <i>Slide 15</i>	136
Figura 130: <i>Slide 16</i>	137
Figura 131: Exemplo de animação com vídeo	137
Figura 132: Exemplo de animação com vídeo	138
Figura 133: Videoaula Satélites 1.....	142
Figura 134: Videoaula - Coordenadas geográficas	142
Figura 135: Videoaula - Trajetória de um satélite.....	142
Figura 136: Aula - Satélites geoestacionários	143
Figura 137: Nossa Lua - Aula 1.....	144
Figura 138: Nossa Lua: Aula 2.....	144
Figura 104: Criando um vídeo a partir do PowerPoint.....	174

LISTA DE TABELA

Tabela1: Dias em que ocorreram o solstício e o equinócio no ano de 2019.....	62
---	----

SUMÁRIO

1. Introdução.....	18
2. Fundamentação pedagógica.....	23
2.1 Ensino e Aprendizagem.....	23
2.2 A forma de avaliar.....	27
2.3 Teorias da Aprendizagem.....	28
2.4 Os teóricos da educação.....	30
2.5 Referencial Teórico.....	33
2.6 Aprendizagem Significativa.....	34
2.7 Não-arbitrariedade e substantividade são as características básicas da Aprendizagem Significativa.....	34
2.8 Condições para que ocorra a Aprendizagem Significativa.....	35
2.9 Aprendizagem por descoberta e por recepção.....	38
2.10 Formas e tipos de Aprendizagem Significativa.....	39
2.11 A Aprendizagem Significativa é dita subordinada.....	40
2.12 A facilitação da Aprendizagem Significativa.....	42
2.13 Estratégias e instrumentos facilitadores da Aprendizagem Significativa.....	49
2.14 Avaliação da aprendizagem significativa.....	51
2.15 Aprendizagem por meio de animações.....	54
3. Fundamentação Física: gravitação universal.....	55
3.1 Introdução.....	55
3.1.1 Modelo Geocêntrico.....	56
3.1.2 Modelo Heliocêntrico.....	56
3.1.3 Kepler.....	56
3.2 Elipse.....	57
3.3 As Estações do Ano.....	59
3.4 Solstícios e Equinócios.....	60
3.4.1 Solstício.....	61
3.4.2 Equinócio.....	61

3.5 Coordenadas Geográficas.....	64
3.5.1 Paralelos	64
3.5.2 Meridianos	65
3.5.3 Latitude.....	66
3.5.4 Longitude.....	68
3.6 As Leis de Kepler	68
3.7 Satélites.....	76
3.7.1 Teoria de Newton Sobre o Movimento dos Satélites.....	78
3.7.2 Lei da gravitação universal.....	81
3.7.3 Quais são as possíveis órbitas de um satélite?.....	83
3.7.4 Cálculo da velocidade Orbital de Um Satélite Numa Órbita Circular.....	84
3.7.5 Cálculo do Período de um Satélite Numa órbita Circular	85
3.7.6 Satélites Geoestacionários.....	87
3.7.6.1 Cálculo do raio da órbita de um satélite geoestacionário	88
3.8 Campo gravitacional.....	90
3.8.1 Variação do campo gravitacional terrestre devido à altitude	91
3.8.2 Variação do campo gravitacional terrestre devido a sua rotação.....	93
3.9 Aceleração da gravidade (g)	98
3.10 Peso e Imponderabilidade.....	98
3.11 O Peso varia com a Latitude	103
4. Explorando o PowerPoint como recurso instrucional.....	105
4.1. Proposta de tutorial de como usar o PowerPoint para elaborar animações.....	105
4.1.1 Início.....	105
4.1.2 Preenchimentos e Contornos das Figuras Geométricas	107
4.2 Como fazer animações em PowerPoint?	109
4.3 Como inserir um som no PowerPoint	117
4.4 Como inserir um vídeo no PowerPoint.....	117
4.5. O uso adequado do PowerPoint em uma aula de Física	118
4.6 Transformando um PowerPoint em vídeo	121
4.7 Transformando um PowerPoint em Vídeo Aula	124

4.8 Fluxograma dos Comandos Gerais do PowerPoint para Construir Animações em PowerPoint	126
5. Produto educacional	127
5.1 Descrição do Produto Educacional	128
5.2. Aplicação do Produto	138
5.3 Videoaulas.....	141
5.4 Pesquisa Avaliativa	145
5.5 Resultado da Pesquisa.....	145
6. Resultados e considerações finais	149
Referências bibliográficas	152
Apêndice A: Sobre a escola em que o produto foi aplicado	155
Apêndice B: Produto educacional	156
Anexo	188

1. Introdução

É inegável o quanto estamos dependentes da tecnologia. O celular, *smartphone*, *tablets* e *notebooks*, de uma forma ou de outra, já fazem parte da vida das pessoas. Sair de casa sem um deles pode significar um dia perdido para aqueles que os utilizam como instrumento de trabalho ou pode até ser um motivo de *estresse* para outros que apenas necessitam deles para acessar as redes sociais.

Hoje, a maioria dos professores já utiliza esses aparelhos como instrumentos de trabalho, sejam para: planejar as suas aulas; elaborar as suas avaliações e enviá-las às suas coordenações; passar um vídeo em sala de aula; apresentar uma aula em *datashow* ou mesmo para pedir que os seus alunos façam um trabalho de pesquisa, via internet, em sala de aula, com qualquer um desses aparelhos que estejam com os alunos. Nesse sentido, podemos pontuar que, como vivemos a era da tecnologia, precisamos, podemos e devemos usufruir das suas capacidades para melhorar o ensino. Nessa era, não há espaço aos professores que se limitam ao uso do quadro, do giz ou do piloto como ferramentas pedagógicas. Contudo, não se quer dizer, com isso, que o quadro e o piloto devam ser abolidos permanentemente da sala de aula, muito pelo contrário, eles são indispensáveis. Mesmo durante uma aula com *datashow* o professor precisa utilizar várias vezes o quadro, e, além disso, têm professores que fazem verdadeiras obras de arte na lousa. Todavia, tais recursos mais tradicionais não precisam ser os a serem utilizados pelo docente no processo de ensino-aprendizagem. Sendo assim, o papel de recursos multimídia deve ser considerado pelos professores, tendo em vista de forma eles podem proporcionar uma otimização do ensino-aprendizagem de seus estudantes.

De modo geral, é inegável, como já se pontuou anteriormente, que vivemos a era da tecnologia e, assim, precisamos compreender como poderemos usufruir dela da melhor forma, a fim de que o processo de ensino-aprendizagem ocorra de forma ampla e acessível para todos os perfis de discentes que dispomos em sala. Por essa razão, é válido salientar que a qualidade do ensino está relacionada com a aprendizagem dos alunos e esses têm diferentes estilos/maneiras de aprendizagem. Dessa maneira, faz-se necessário que o professor esteja sempre... buscando formas e estratégias de ensino-aprendizagem adequadas com o objetivo de ajudá-los a construir o seu conhecimento.

Por estilo de aprendizagem compreendemos aqui as diferentes formas de aprendermos os conteúdos das mais variadas disciplinas. Alguns estudantes são minuciosos observadores. Outros preferem ouvir atentamente e são mais musicais. Outros, ainda, compreendem melhor quando são explorados os movimentos, como esportes ou dança. Nesse contexto, entendemos que a qualidade do ensino está relacionada à aprendizagem dos alunos e que esses possuem diferentes estilos de aprendizagem. É necessário que o professor esteja sempre buscando formas e estratégias de ensino-aprendizagem adequadas com o objetivo de ajudá-los a construir o seu conhecimento. De modo geral, cada docente possui meios e estratégias de assimilação de conteúdos e de elaborações de conclusões e soluções acerca de algumas problemáticas que se apresenta a ele em sala de aula. Tais estratégias podem ser compreendidas como Estilos de Aprendizagem. Essas conforme Cerqueira (2000) interligam-se a:

O estilo que um indivíduo manifesta quando se confronta com uma tarefa de aprendizagem específica. [...] uma predisposição do aluno em adotar uma estratégia particular de aprendizagem, independentemente das exigências específicas das tarefas. (CERQUEIRA, 2000, 36)

A abordagem dos Estilos de Aprendizagem não se trata de mais uma nova teoria de aprendizagem, mas de estudos que demonstram que cada pessoa tem uma forma própria para ensinar e aprender. Um docente poderá observar em sua sala de aula que todos os seus estudantes estão presentes possuem a sua forma de aprender, seus métodos de assimilação do conhecimento ou memorização. Dessa forma, conseguirá ofertar-lhes o mesmo conteúdo de diferentes formas, oportunizando que o conteúdo possa ser assimilado e aprendido por todos.

E quais são os Estilos de Aprendizagem? Na literatura, os Estilos de Aprendizagem são apresentados de diferentes formas e classificações. Dentre essas formas destaca-se o método VAC (Visual, Auditivo e Cinestésico) que é baseado nos sentidos e responde com eficiência as expectativas e exigências da escola. Essa teoria VAC foi desenvolvida por Fernand e Keller e Orton-Gillingham e pressupõe que a aprendizagem ocorre por meio dos sentidos visual, auditivo e tátil, ou seja, a maioria dos estudantes possui um estilo preponderante ou predileto para aprender os conteúdos das mais variadas disciplinas, podendo ainda haver alguns em que há a mistura equilibrada dos três estilos: visual, auditivo e cinestésico (SALDANHA; ZAMPRONI; BATISTA, 2016).

a) Estilo visual: neste grupo estão os estudantes que possuem habilidades de conhecer, interpretar e diferenciar os estímulos recebidos visualmente. A partir da visualização das imagens, é possível estabelecer relações entre ideias e abstrair conceitos.

b) Estilo Auditivo: estudantes com estilo auditivo possuem habilidades de conhecer, interpretar e diferenciar os estímulos recebidos pela palavra falada, sons e ruídos, organizando suas ideias, conceitos e abstrações a partir da linguagem falada.

c) Estilo Cinestésico: encontramos neste grupo estudantes que possuem habilidades de conhecer, interpretar e diferenciar os estímulos recebidos pelo movimento corporal.

Daí a importância do professor, por mais experiente que seja, dever buscar constantemente por formas alternativas de ensinar a sua matéria, considerando o estilo de aprendizagem que cada um de seus alunos possui. Desse modo, pode-se potencializar a eficácia do ensino-aprendizagem.

De acordo com Ausubel (2003), aprender significa organizar e integrar o material na estrutura cognitiva do aluno. Moreira (2011, p. 160) afirma que Ausubel “se baseia na premissa que existe uma estrutura na qual essa organização e integração se processam”. A aprendizagem significativa (AS) é um conceito proposto por Ausubel desde a década de 1960, e cuja ideia é a de que o fator isolado que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Portanto, cabe ao professor/educador identificar isso e ensinar de acordo.

Dentre nossos mecanismos sensoriais, a visão é a responsável por grande parte da nossa interpretação do mundo exterior, logo, a compreensão de fenômenos físicos através de animações torna-se um importante facilitador da aprendizagem (BRUZZO, 2004). As animações são objetos virtuais de aprendizagens que podem ser exibidas em *slides* de apresentação e tanto ajuda o professor a ensinar a matéria como ajuda ao aluno a compreendê-la melhor.

Por isso, como acreditamos que as animações são recursos pedagógicos muito úteis no processo de ensino e aprendizagem, o nosso produto educacional, que está relacionado com elas, mostra não somente como utilizá-las numa apresentação com um passador de *slides*, mas também como criá-las utilizando uma série de comandos dados pelo programa Microsoft PowerPoint, usado para criação ou edição e exibição de apresentações gráficas.

Todavia, vale a pena salientar que uma aula ministrada com um passador de *slides*, com figuras estáticas e com um caráter exclusivamente expositivo, em que o professor apenas lê o que tem no *slide* surte um efeito negativo e não contribui para o aprendizado do aluno. Por isso, além de apresentar um tutorial de como fazer uma animação, também mostramos o uso adequado do PowerPoint para uma apresentação de uma aula de Física.

O objetivo deste trabalho é descrever os comandos que se devem utilizar no PowerPoint para construir animações e, para isso, foi formulado um tutorial sobre o PowerPoint 2007. Essa versão foi adotada por ser de fácil manipulação e atende a todos os comandos necessários para fazer as mesmas animações na versão de 2019 do *software*, que é o mais atualizado. No tutorial, também trazemos recomendações sobre o que se deve ou não fazer para se desenvolver uma boa apresentação em *slides*.

A ideia inicial desta pesquisa se deu quando percebi, em meu ambiente de trabalho, que alguns professores de Física não sabiam fazer animações para as suas aulas e, assim, pediam, com frequência, auxílio no momento de desenvolvê-las. Diante das dificuldades observadas e da escassez de um material que possa servir de tutorial para os professores, o desenvolvimento de um trabalho como este justifica-se, uma vez que ele se propõe a ajudar os docentes no desenvolvimento de um material que possa ser útil para a promoção da criação de animações para as aulas de Física. Ademais, este trabalho tem como público alvo todos os professores de Física, sejam eles iniciantes ou mais experientes, que ainda não sabem como fazer esses objetos virtuais e que estejam buscando formas alternativas de tornar as suas aulas ainda mais interessantes, divertidas e inclusivas, possibilitando, dessa forma, uma aprendizagem significativa de seus alunos.

Aqui, nessa introdução, logrou-se abordar um pouco sobre o que são os de aprendizagem, o objetivo e a justificativa desta dissertação. No capítulo 2, falar-se-á sobre a Teoria da Aprendizagem de Ausubel apresentada por Moreira, referencial teórico a partir do qual este trabalho foi desenvolvido. No capítulo 3, falar-se-á sobre a fundamentação física deste trabalho, ressaltando a importância do estudo da gravitação universal no ensino médio. No capítulo 4, ao qual se deu o nome de explorando o PowerPoint como recurso instrucional, descreve-se um tutorial sobre o PowerPoint e apresenta-se uma forma de uso adequado numa aula de física. No capítulo 5, apresentar-se-á o nosso produto educacional, em que se exibirão os

comandos necessários para fazer uma aula, com o tema satélites. Ademais, nesse capítulo, fez-se uma pesquisa qualitativa com os alunos após a aplicação deste produto em uma turma de terceiro ano. E finalmente, no capítulo 6, apresentar-se-á o resultado e as considerações finais deste trabalho.

Finalmente, o produto educacional desta dissertação trata dos conhecimentos necessários para fazer animações em PowerPoint, e, para isso, fizemos 16 *slides* sobre o tema Satélite, uma seção do capítulo de Gravitação Universal.

2. Fundamentação pedagógica

O processo ensino-aprendizagem envolve um complexo sistema de interações comportamentais entre docentes e discentes. Ademais, o ensino e aprendizagem se revelam fatores indissociáveis. Contudo, ele pode desenvolver-se para além da sala de aula e da intervenção direta do professor. Nesse sentido, pode-se afirmar que existem processos comportamentais que, por sua vez, também recebem o nome de “ensinar” e de “aprender”.

2.1 Ensino e Aprendizagem

Quando tratamos do processo de ensino-aprendizagem, antes de mais nada, urge compreender uma série de questões que ele pressupõe. Sendo assim, cabe aos educadores compreender as particularidades desse processo e, a partir disso, saber escolher a forma mais adequada para levar um determinado tema/conteúdo para a sala de aula.

No entanto, ao longo de todo esse processo, os seus métodos e o seu planejamento precisam ser sempre revisto, uma vez que o ato de ensinar não é e jamais poderá ser – se o docente deseja promover, de fato, uma aprendizagem significativa – algo estagnado. Dessa forma, fazem-se necessárias reformulações constantes para que a aprendizagem do discente seja alcançada de modo satisfatório. Além disso, mais do que estimular uma absorção de conhecimentos, promover a reflexão e a prática/aplicação das teorias vistas em sala de aula deve ser prioridade para o educador, a fim de que se possa, acima de tudo, alcançar o aprendizado significativo do aluno.

A prática docente não tem a ver simplesmente com uma vocação. Esse tipo de ação perpassa por todo um processo complexo, no qual o educador precisa saber intervir diante de cada tipo de situação-problema que ele se deparar durante seu trabalho. O ensino não pode ser percebido como algo mecânico e, portanto, que não necessita de reajustes constantes. Ademais, a forma de ensinar, os meios utilizados, e a forma de avaliação devem passar por um processo que permita que a aprendizagem seja realmente alcançada (LIBÂNEO, 1994 apud FREITAS, 2016). Desse modo, entende-se que:

Aprender é o processo de assimilação de qualquer forma de conhecimento, desde o mais simples onde a criança aprende a manipular os brinquedos, aprende a fazer contas, lidar com as coisas, nadar, andar de bicicleta etc., até processos mais complexos onde uma pessoa aprende a escolher uma profissão, lidar com as outras. Dessa forma as pessoas estão sempre aprendendo. (FREITAS, 2016, pp. 1-2)

Nesse sentido, conforme Freitas (2016), a aprendizagem só se desenvolve de modo pleno quando se insere dentro de um processo de assimilação no qual o discente, com a orientação do docente, passa a compreender, refletir e aplicar criticamente e com autonomia os conhecimentos obtidos. Somente assim, rompendo as barreiras das velhas noções de transmissão de conhecimento e fazendo do aluno um ente ativo e primordial no processo de ensino-aprendizagem, pode-se promover efetivamente uma aprendizagem significativa.

Assim, para que haja de fato a aprendizagem, é preciso que ocorra um processo de assimilação ativa. Essa, para ser efetiva, precisa estar atrelada a atividades práticas em várias modalidades e exercícios. A partir disso, será possível verificar a eficácia, consolidação e aplicação prática de conhecimentos e habilidades estimulados e desenvolvidos em sala de aula (LIBÂNEO, 1994 apud FREITAS, 2016). Contudo, apesar de sabermos da validade desse tipo de prática, salientamos também que ela não anula ou invalida as outras, consideradas mais tradicionais, pois, dentro do processo de assimilação ativo, diversos componentes, como os objetivos, conteúdos, métodos e formas organizativas, estão presentes. Ademais, pontuamos que outro fator de suma importância nesse cenário é, sem dúvidas, a motivação que pode acontecer de duas formas distintas, intrínseca e extrínseca. Ela, por sua vez, de acordo com Libâneo (1994), é um fator muito importante para que aconteça a aprendizagem:

A motivação é intrínseca quando se trata de objetivos internos, como a satisfação de necessidades orgânicas ou sociais, a curiosidade, a aspiração pelo conhecimento; é extrínseca, quando a ação da criança é estimulada de fora, como as exigências da escola, a expectativa de benefícios sociais que o estudo pode trazer, a estimulação da família, do professor ou dos demais colegas. (LIBÂNEO, 1994, p. 88)

A fim de que ocorra uma aprendizagem significativa, é necessário que o docente invista bastante em um planejamento cuidadoso e adequando, organizando o conteúdo de uma maneira sistêmica, diversificada e de modo que possa atender as necessidades da sua turma, permitindo que seus alunos descubram diversas

possibilidades de estudo. A aprendizagem deve ser sempre algo que modifica o pensamento do aluno, desafia-o. Ela não se trata simplesmente de um processo estagnado, no qual os conteúdos ministrados em sala em nada influenciam na forma do indivíduo pensar e agir.

Sendo assim, para que exista uma verdadeira aprendizagem, o discente necessita ser estimulado com um conteúdo atrativo e que esteja ao seu alcance, textos que não se revelem alheios à sua realidade. Nesse processo, quando levamos o aluno, através de ações, a uma transformação efetiva, promovendo uma maior autonomia crítica, podemos considerar que realmente houve uma aprendizagem.

A prática docente é uma ação que tem por objetivo a promoção do conhecimento. Dessa maneira, para que o ensino realmente agregue valor ao discente, é preciso que o docente invista em métodos e técnicas adequadas que tenham base não apenas um contexto geral, um panorama de sua turma, mas que reconheça a sua sala de aula como um ambiente heterogêneo, onde os alunos possuem estilos de aprendizagem diversificados. Assim, a necessidade básica e particular de cada aluno será encarada como uma ponte para o ensino e não como um obstáculo.

Conforme Libâneo (1994, p. 90 apud FREITAS, 2016, p. 2) “a relação entre ensino e aprendizagem não é mecânica, não é uma simples transmissão do professor que ensina para um aluno que aprende”. Para o pedagogo, ainda, essa “é uma relação recíproca na qual se destacam o papel dirigente do professor e a atividade dos alunos” (LIBÂNEO, 1994, p. 90 apud FREITAS, 2016, p. 2). Desse modo, compreende-se que ensinar envolve um processo que tem por finalidade o alcance da aprendizagem do aluno através de determinados conteúdos. Sendo assim, o docente, em sua prática, atua como um facilitador, que, transpondo as barreiras do incentivo à memorização de assuntos, estimula o debate e a reflexão, a fim de que seus alunos sejam autônomos e críticos diante do que se apresenta em sala (LIBÂNEO, 1994 apud FREITAS, 2016). De acordo com Libâneo (1994, p. 91 apud FREITAS, 2016, p. 3):

O processo de ensino, ao contrário, deve estabelecer exigências e expectativas que os alunos possam cumprir e, com isso, mobilizem suas energias. Tem, pois o papel de impulsionar a aprendizagem e, muitas vezes, a precede.

Ademais, dentro do processo de ensino-aprendizagem, os objetivos da aula devem ser claros, pois a falta de conhecimento por parte dos alunos com relação ao

que está lhe sendo exigido naquela matéria pode atuar como um fator desestimulante, uma vez que o discente não entende a finalidade do que está sendo estudado. Assim, também, o aluno pode compreender melhor a validade do conteúdo para a disciplina e para a sua vida de modo geral.

O processo de ensino-aprendizagem efetiva-se de fato quando existe a assimilação de conhecimento. Por essa razão, Libâneo (1994, p. 159 apud FREITAS, 2016, p. 3) deixa claro que ela não pode ser atingida se “os alunos não demonstram resultados sólidos e estáveis por um período mais ou menos longo.” Dessa maneira, evidencia-se que o ensino se constrói a partir de um processo no qual o professor põe em prática o tripé objetivo, conteúdo e método.

Na sala de aula, os métodos empregados dependem não só do perfil cognitivo da turma, mas também do local, idade, nacionalidade, realidade social e diversos outros fatores que influenciam a forma de aprender do aluno. Desse modo, para algumas turmas, uma aula expositiva pode ser melhor aceita e promover uma aprendizagem mais eficaz; já em outra turma pode ser necessário a elaboração conjunta, com o desenvolvimento de aulas mais dialogadas, ou outros métodos. De qualquer forma, o desenho da aula a ser ministrada depende da turma e da forma que o professor encara e se insere em seu local de trabalho.

Os métodos a serem aplicados em sala de aula precisam espelhar a realidade da turma. Somente dessa maneira pode-se promover uma aprendizagem efetiva. De nada adianta querer levar conteúdos complexos para os discentes se esses não possuem base alguma e até mesmo um domínio da leitura mínimo. Sendo assim, o método é de suma importância, pois, através dele, o professor, após observar atentamente o perfil de sua turma, descobrirá quais são os pontos fortes e fracos da turma e qual é a melhor maneira dela aprender.

No processo de ensino-aprendizagem, não existe método superior ou inferior. Cada um deles possui uma função, seja o estímulo ao debate ou até mesmo o auxílio na compreensão de algum conteúdo no âmbito de sua realidade local. Para a construção de uma aula, o docente se utiliza de materiais, como o livro didático, linguagem oral (no caso das aulas mais expositivas), o quadro, filmes, *slides*. Para Libâneo (1994), cada método ou técnica se adequa a um conteúdo. Desse modo, é necessário que o professor compreenda que o mesmo método pode não funcionar com todo tipo de assunto:

Os professores precisam dominar, com segurança, esses meios auxiliares de ensino, conhecendo-os e aprendendo a utilizá-los. O momento didático mais adequado de utilizá-los vai depender do trabalho docente prático, no qual se adquira o efeito traquejo na manipulação do material didático. (LIBÂNEO, 1994, 173)

Assim, para que haja uma adequada aplicação dos métodos, urge que o docente que o professor faça um bom planejamento de suas aulas e fique sempre atento, em sua sala de aula, às reações dos seus alunos diante dos conteúdos e da forma como eles são ministrados.

2.2A forma de avaliar

Ao abordar o ensino-aprendizagem como um todo, Libâneo não deixa de contemplar um fator primordial dentro desse processo: a avaliação. Tomando por base os conceitos de avaliação da aprendizagem de Luckesi, Libâneo (1994) afirmar que avaliação ocorre por meio de uma coleta de dados que ajudam a diagnosticar como está o aproveitamento dos discentes.

Os principais instrumentos de coleta utilizados hoje em dia são: provas escritas, exercícios ou até mesmo diálogos com os alunos. A partir disso, com os resultados coletados e averiguados, ocorre a atribuição de notas ou conceitos, gerando uma apreciação qualitativa, que é uma avaliação propriamente dita dos resultados, tendo como base sempre padrões de desempenho esperados pelo docente em seu planejamento:

Segundo o professor Cipriano Carlos Luckesi, a avaliação é uma apreciação qualitativa sobre dados relevantes do processo de ensino e aprendizagem que auxilia o professor a tomar decisões sobre seu trabalho. [...] A apreciação qualitativa desses dados, através da análise de provas, exercícios, respostas dos alunos, realização de tarefas etc., permite uma tomada de decisão para o que deve ser feito em seguida. (LIBÂNEO, 1994, p. 196)

Na escola, as avaliações cumprem, ao menos, três funções básicas: a pedagógico-didática; de diagnóstico; e de controle. Cada uma delas possui, no ambiente escolar, a sua relevância. Dessa forma, a função pedagógico-didática interliga-se, conforme Freitas (2016), ao papel da avaliação no cumprimento dos objetivos gerais e específicos do processo de educação escolar:

Cumprindo sua função didática, a avaliação contribui para a assimilação e fixação, pois a correção de erros cometidos possibilita o aprimoramento, a ampliação e o aprofundamento de conhecimentos e habilidades e, desta forma, o desenvolvimento das capacidades cognitivas. (LIBÂNEO, 1994, 197)

Para Libâneo (1994, p. 197) é importante ressaltar que “a função de diagnóstico permite identificar progressos e dificuldades dos alunos e a atuação do professor que, por sua vez, determinam modificações do processo de ensino para melhor cumprir as exigências dos objetivos”. Sendo assim, no decorrer de todo o processo de ensino-aprendizagem, são realizadas uma série de avaliações que têm como finalidade uma diagnose da turma ou do aluno de maneira específica, a fim de que se possa corrigir possíveis falhas e para que se estimule os acertos.

Nesse sentido, a avaliação teria uma função de controle quantitativo e qualitativo da aprendizagem do discente. (LIBÂNEO, 1994). Tal controle pode ocorrer de maneiras diversificadas, por meio de um controle sistemático e contínuo durante todas as aulas, sem que, para isso, no entanto, apresente-se necessariamente a qualificação de resultados (LIBÂNEO, 1994).

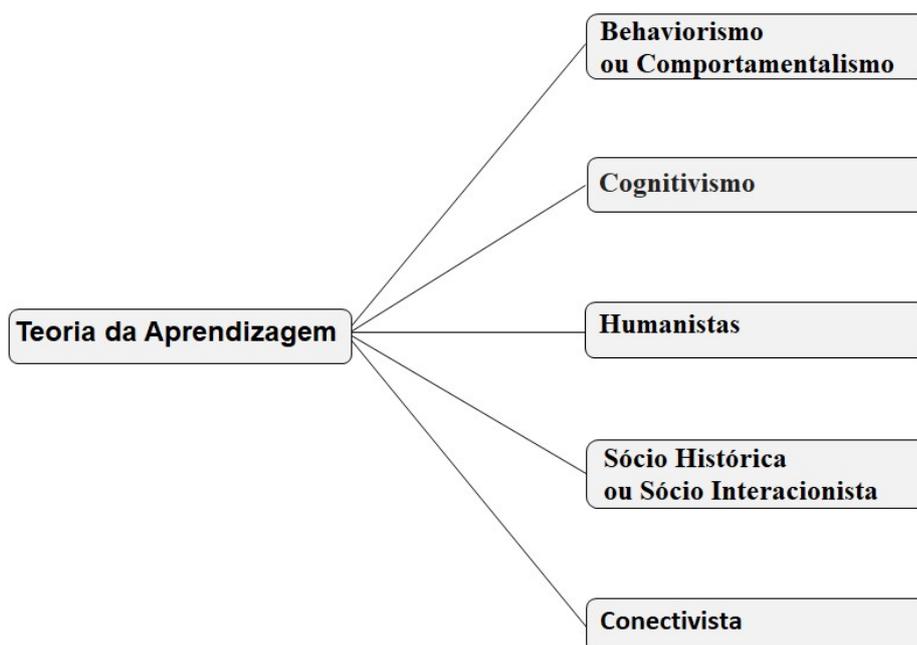
A avaliação não funciona apenas de uma maneira. Dependendo das configurações do ambiente escolar onde se encontra professor e turma, existem diversas formas de avaliação possíveis e que podem se adequar a cada realidade. Ademais, o ato de avaliar precisa ser encarado como uma etapa do processo de ensino e não exclusivamente como a reta final. Ela se trata de um instrumento a ser utilizado professor e a partir do qual ele terá melhores condições de perceber o desenvolvimento de sua turma, se seus métodos estão sendo adequados ou não para a construção de uma aprendizagem significativa, se a turma está tendo rendimento positivo ou se, por acaso, houve algum regresso.

Ademais, conforme Libâneo (1994, p. 201 apud FREITAS, 2016, p. 5), “a avaliação possibilita o conhecimento de cada um, da sua posição em relação à classe, estabelecendo uma base para as atividades de ensino e aprendizagem”. Por essa razão, a avaliação deve ser encarada como positivo e não como uma mera atribuição de notas. Ela se revela, inclusive, como um instrumento que serve de auxílio para o docente planejar e replanejar as suas aulas.

2.3 Teorias da Aprendizagem

Existem diversos modelos teóricos pedagógicos desenvolvidos cientificamente para explicar o processo de ensino-aprendizagem que, no transcorrer da história da Psicologia do Desenvolvimento, da Pedagogia e da Psicologia da Educação, buscaram dar respostas às perguntas e inquietações nascidas nas instituições de ensino. É comum, no desenrolar do processo do aprimoramento de todo saber científico, uma teoria suceder a outra e se colocar frequentemente em oposição a sua antecessora. Algumas vezes, teorias se desenvolvem em tempos simultâneos, mas, em direções diferentes. Esse é desenvolvimento típico da ciência. Por isso, temos, no plural, Teorias da Aprendizagem, que são respostas diferentes dadas pelas ciências às perguntas relativas aos problemas enfrentados pelos educadores em diferentes momentos e espaços e sob diversos prismas sociais e políticos (MOREIRA, 2005; 2006).

Figura 1: Mostra as diferentes teorias da aprendizagem



Fonte: Autor.

- O Behaviorismo ou Comportamentalismo é um modelo teórico para o qual a aprendizagem é basicamente uma mudança de comportamento ensinada através de reforços positivos e negativos. Seus principais pensadores foram Watson, Pavlov, Thorndike e Skine.

- O Cognitivismo investiga os processos centrais do indivíduo que são observáveis: o processamento de informações os estilos de pensamento e a organização mental e tem entre seus estudiosos Piaget, Bruner e Ausubel.
- Os Humanistas veem o professor como facilitador da aprendizagem e colocam o aluno no centro do processo de aquisição do conhecimento. Seus principais teóricos são Carl Rogers e Neill.
- A Perspectiva Socio-histórica ou Sociointeracionista enfatiza os aspectos sociais, políticos e culturais da educação. Vygotsky e, entre nós, Paulo Freire são expoentes dessa corrente de pensamento científico.
- O Conectivismo é uma escola não muito consolidada no quadro das teorias de aprendizagens e aborda como a aprendizagem ocorre em redes.

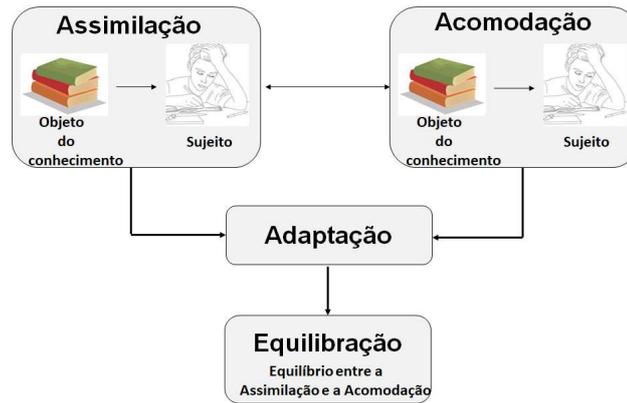
Desses teóricos, os que hoje gozam de grande prestígio acadêmico são principalmente Piaget, Vygotsky e Ausubel,

2.4 Os teóricos da educação

Jean Piaget foi um psicólogo e filósofo suíço. Ele se tornou renomado principalmente pelo seu trabalho pioneiro no campo da inteligência infantil. Ao longo de sua carreira profissional, ele interagiu bastante com crianças, buscando estudar o seu processo de raciocínio. Os estudos desenvolvidos por Piaget tiveram um grande impacto sobre os campos da Psicologia e Pedagogia no passado e seguem sendo de grande relevância até hoje.

Para Piaget, a adaptação é a essência do funcionamento intelectual do aprendiz, assim como a essência do funcionamento biológico e acontece através da organização. O processo de adaptação é realizado sob duas operações, assimilação e acomodação. A assimilação é o mecanismo que incorpora novas informações em esquemas já existentes. Acomodação é o mecanismo de ajustamento dos esquemas já existentes (ou de criação de novos) quando as novas informações não podem ser assimiladas. A equilibração consiste em estabelecer um equilíbrio entre a assimilação e a acomodação.

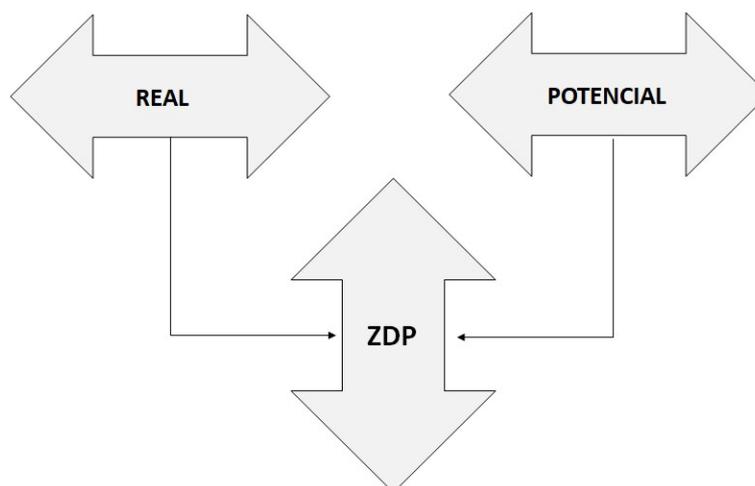
Figura 2: Esquemas de Piaget



Fonte: Autor.

Lev Semyonovich Vygotsky foi um psicólogo bielo-russo que realizou diversas pesquisas na área do desenvolvimento da aprendizagem e do papel preponderante das relações sociais nesse processo, o que originou uma corrente de pensamento denominada Sócio Construtivismo. O conceito muito difundido, elaborado por Vygotski, é o de Zona de desenvolvimento Proximal. Ela define a distância entre o nível de desenvolvimento real determinado pela capacidade do indivíduo de resolver um problema sozinho, sem ajuda, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado de resolver um problema sob orientação. Pode-se dizer que o desenvolvimento só se realiza por intermédio do aprendizado, numa interação dinâmica e complexa entre os dois processos de desenvolvimento real e potencial.

Figura 3: Zona de desenvolvimento Proximal de Vygotsky



Fonte: Autor.

David P. Ausubel nasceu em 25 de outubro de 1918, em New York, e faleceu em 09 de julho de 2008. Era médico-psiquiatra de formação e dedicou sua carreira acadêmica à Psicologia Educacional.

Ausubel desenvolveu a Teoria de Aprendizagem Significativa, que focaliza, primordialmente, a aprendizagem cognitiva, e está direcionada ao ensino e à aprendizagem escolar. Nesse modelo teórico, ele apresentou, sob o seu ponto de vista, as condições para que haja uma aprendizagem, denominada por ele de aprendizagem significativa (aprendizagem com significados).

De acordo com Ausubel (2003), aprender significa organizar e integrar o material na estrutura cognitiva do aluno. O autor baseia-se na premissa de que existe uma estrutura na qual organização e integração de aprendizagem se processam. Para ele, o fator que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe ou o que pode funcionar como ponto de ancoragem para as novas ideias.

Todos esses pensadores que foram citados, assim como outros que não foram, dedicaram as suas vidas e as suas pesquisas a compreender como compreendemos, a aprender como aprendemos. Ao ensinarmos, além de nos preocuparmos com o que ensinamos, é da ordem das preocupações do educador, em todas as suas funções, investigar como ensinar e porque ensinar o que ensinamos e como ensinamos. Enquanto cientistas, psicólogos, educadores, sociólogos desenvolvem as teorias da aprendizagem; os professores, DIs, gestores vivem imersos em suas práticas educativas, buscando soluções para os problemas que surgem no dia a dia. Nessa busca, é comum ou ao menos esperado que os profissionais da educação se identifiquem com uma teoria que mais se afine com a sua visão de mundo, que apresentem um discurso que se relacione intimamente com o contexto social-cultural de sua escola. Assim, a formação, a história pessoal, a cultura dos educadores são, muitas vezes, influentes na sua escolha de uma teoria da aprendizagem.

Muito influente também nessa adesão dos professores a uma teoria é o seu *status* junto aos meios acadêmicos, que, por sua vez, costumam privilegiar frequentemente as teorias mais novas e as que oferecem respostas às mais recentes inquietações dos educadores. Contudo, essas escolhas são, muitas vezes, mais incorporadas aos discursos escolares do que de fato postas em movimento no campo de sua atuação educativa. Como resultado disso, encontra-se escolas e profissionais que dizem aderir a esta ou aquela teoria da aprendizagem e que se intitulam, por isso, cognitivistas, humanistas, socio-interativos, etc. Em relação a isso, encontramos uma

diversidade de orientação teórica ou mesmo a ausência dela nos materiais didáticos que diversos professores usam nas suas atuações em sala de aula. Verifica-se que alguns profissionais declaram aderir a uma escola pedagógica, mas que costumam, em suas práticas, serem híbridos, misturando os princípios de mais de uma teoria da aprendizagem (FREITAS, 2016). Um exemplo dessa conjuntura é possível ver escolas que se autodeclaram cognitivistas, mas mantêm um sistema de avaliação que premia e pune com a nota, ou seja, que aplica reforços positivos e reforços negativos muito mais afinados com a Teoria Behaviorista.

Algumas escolas declaram que se afinam a um discurso teórico, mas, na prática, deflagram princípios teórico-metodológicos divergentes. Se isso é louvável ou reprovável não é nosso mérito discutir aqui. O fato é que acontece. Se é possível esse ecletismo conviver na educação com incoerências, se as práticas educativas necessitam ser revistas ou refeitas diante das novas tecnologias e das novas demandas da educação, são questões que não conseguimos responder e queremos, por isso, convidar você a refletir sobre elas. Fiquemos atentos e, principalmente, vamos procurar compreender, ao planejar suas atividades, em que teorias pedagógicas ela se apoiam. Os pedagogos dos cursos podem auxiliar nos preceitos teóricos que dão rumo aos nossos projetos pedagógicos.

2.5 Referencial Teórico

Como referência teórica desta dissertação foi adotada a Teoria de Aprendizagem de David Paul Ausubel (1997; 1999; 2000; 2005; 2006; 2008; 2011; 2013; 2015), conhecida como Teoria de Aprendizagem Significativa. Portanto, serão apresentados aqui os aspectos centrais desse modelo teórico, ou seja, aquilo que é essencial para compreendê-lo e expor as suas contribuições tanto para o ensino como para aprendizagem.

No início desse trabalho, será discutido, então, sobre o que é uma aprendizagem significativa sob o ponto de vista de Ausubel e a forma como ela pode ser percebida em sala de aula. Ademais, a partir da identificação desse tipo de aprendizagem, analisaremos a sua relevância dentro do processo de ensino-aprendizagem.

2.6 Aprendizagem Significativa

Na aprendizagem significativa, o aluno desenvolve o conhecimento a partir de uma informação nova que se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não-litera) a sua estrutura cognitiva. Para Ausubel (1963, p. 58), “a aprendizagem significativa é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento”.

2.7 Não-arbitrariedade e substantividade são as características básicas da Aprendizagem Significativa

Não-arbitrariedade quer dizer que o material potencialmente significativo se relaciona de maneira não-arbitrária com o conhecimento já existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Ou seja, o relacionamento não é com qualquer aspecto da estrutura cognitiva, mas sim com conhecimentos especificamente relevantes, os quais Ausubel chama subsunçores.

O conhecimento prévio serve de matriz ideacional e organizacional para a incorporação, compreensão e fixação de novos conhecimentos quando estes “se ancoram” em conhecimentos especificamente relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Novas ideias, conceitos e proposições podem ser aprendidos significativamente (e retidos) na medida em que outras ideias, conceitos, proposições, especificamente relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do sujeito e funcionem como pontos de “ancoragem” aos primeiros.

Substantividade significa que o que é incorporado à estrutura cognitiva é a substância do novo conhecimento, das novas ideias, não as palavras precisas usadas para expressá-las. O mesmo conceito ou a mesma proposição podem ser expressos de diferentes maneiras, através de distintos signos ou grupos de signos, equivalentes em termos de significados. Assim, uma aprendizagem significativa não pode depender do uso exclusivo de determinados signos em particular (AUSUBEL, (1963, 41).

A essência do processo da aprendizagem significativa está, portanto, no relacionamento não-arbitrário e substantivo de ideias simbolicamente expressas a algum aspecto relevante da estrutura de conhecimento do sujeito, isto é, a algum

conceito ou proposição que já lhe é significativo e adequado para interagir com a nova informação. É desta interação que emergem, para o aprendiz, os significados dos materiais potencialmente significativos (ou seja, suficientemente não arbitrários e relacionáveis de maneira não arbitrária e substantiva a sua estrutura cognitiva). É também nesta interação que o conhecimento prévio se modifica pela aquisição de novos significados.

Desse modo, fica, então, claro que, na perspectiva ausubeliana, o conhecimento prévio (a estrutura cognitiva do aprendiz) é a variável crucial para a aprendizagem significativa. Quando o material de aprendizagem é relacionável à estrutura cognitiva somente de maneira arbitrária e literal, não resultando na aquisição de significados para o sujeito, a aprendizagem é dita mecânica ou automática. A diferença básica entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica está na racionalidade à estrutura cognitiva: não arbitrária e substantiva versus arbitrária e literal (AUSUBEL, 1963). Não se trata, pois, de uma dicotomia, mas de um contínuo no qual elas ocupam os extremos.

2.8 Condições para que ocorra a Aprendizagem Significativa

Para que ocorra uma aprendizagem significativa, dois fatores são essenciais: 1) que o material de aprendizagem (livros, aulas, aplicativos) tenha significado lógico (isto é, seja relacionável de maneira não-arbitrária e não-literal a uma estrutura cognitiva apropriada e relevante); e 2) que o aprendiz tenha em sua estrutura cognitiva ideias-âncoras relevantes, com as quais esse material possa ser relacionado. Isso quer dizer, o material deve ser relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz, que necessita do conhecimento prévio necessário para fazer esse relacionamento de forma não-arbitrária e não literal.

É importante enfatizar aqui que o material só pode ser “potencialmente” significativo. Isso porque não existe livro significativo, nem aula significativa, nem problema significativo, pois o significado está nas pessoas, não nos materiais. É o aluno quem cria significado a partir da construção de um sentido psicológico atribuído ao conteúdo que, cada vez mais, precisa ser negociado ao invés de simplesmente apresentado.

É o aluno que atribui significados aos materiais de aprendizagem e os significados atribuídos podem não ser aqueles aceitos no contexto da matéria de

ensino. Naturalmente, no ensino o que se pretende é que o aluno atribua aos novos conhecimentos, veiculados pelos materiais de aprendizagem, os significados aceitos no contexto da matéria de ensino, mas isso normalmente depende de um intercâmbio, de uma “negociação”, de significados, que pode ser bastante demorado.

A segunda condição é, talvez, mais difícil de ser satisfeita do que a primeira: o aprendiz deve querer relacionar os novos conhecimentos, de forma não-arbitrária e não literal, a seus conhecimentos prévios. É isso que significa predisposição para aprender. Não se trata exatamente de motivação, ou de gostar da matéria. Por alguma razão, o sujeito que aprende deve se predispor a relacionar (diferenciando e integrando) interativamente os novos conhecimentos a sua estrutura cognitiva prévia, modificando-a, enriquecendo-a, elaborando-a e dando significados a esses conhecimentos. Pode ser simplesmente porque ela ou ele sabe que sem compreensão não terá bons resultados nas avaliações. Aliás, muito da aprendizagem memorística sem significado (a chamada aprendizagem mecânica) que usualmente ocorre na escola resulta das avaliações e procedimentos de ensino que estimulam esse tipo de aprendizagem.

Por outro lado, o aluno pode querer dar significados aos novos conhecimentos e não ter conhecimentos prévios adequados, ou o material didático não ter significado lógico, e aí voltamos à primeira condição: o material deve ser potencialmente significativo.

Resumindo, são duas as condições para aprendizagem significativa: material potencialmente significativo (que implica ilogicidade intrínseca ao material e disponibilidade de conhecimentos especificamente relevantes) e predisposição para aprender.

Figura 4: Condições para que ocorra uma aprendizagem significativa

conhecimento que foi aprendido, a princípio, de forma mecânica possa, progressivamente, ser organizado na estrutura cognitiva do aluno/a e avançar de uma aprendizagem mecânica para uma significativa. A aprendizagem de pares de sílabas sem sentido para os alfabetizando e a simples memorização de conceitos e fórmulas matemática são exemplos típicos de aprendizagem mecânica, de forma que a inserção de conteúdos na rede conceitual do educando dá-se de modo aleatório e não serve de “âncora” para uma nova informação, de maneira que essa adquira significado para o(a) aluno(a).

2.9 Aprendizagem por descoberta e por recepção

Na aprendizagem receptiva, o aprendiz “recebe” a informação e apreende-a, mas não de modo passivo. O novo conhecimento adquirido por ele pode se dar através de uma aula, de um livro lido, de uma experiência vivida em laboratório, de um filme assistido, entre outras coisas. Aprender de modo receptivo significa que o aprendiz não precisa necessariamente estar diante de uma situação totalmente nova para aprender. Ademais, a aprendizagem significativa receptiva requer bastante atividade cognitiva para apreender e, em seguida, relacionar, interativamente, os novos conhecimentos adquiridos. Todo esse processo envolve diversos mecanismos de captação de significados, ancoragem das informações, diferenciação progressiva dos saberes desenvolvidos e reconciliação integrativa.

Aprendizagem por descoberta consiste no aprendizado por parte do aprendiz daquilo que ele vai aprender. Nela, uma vez descoberto o novo conhecimento, as condições para o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa são as mesmas: inicialmente, a existência de um conhecimento prévio adequado e, por fim, predisposição para aprender. De forma geral, não é preciso necessariamente descobrir para que se possa aprender significativamente. Assim, pode-se afirmar que, para que haja uma aprendizagem significativa, não é primordial ocorrer, antes, uma aprendizagem por descoberta. Ademais, no mundo em que vivemos, repleto de informações e conhecimentos diversos, seria inviável aprender significativamente se isso dependesse exclusivamente do desvendamento de todos os conhecimentos disponíveis nele.

No entanto, é importante destacar que a aprendizagem humana é essencialmente receptiva. Isso quer dizer que, para aprender, não é preciso descobrir

ou ser contra a aprendizagem por descoberta. Todavia, faz-se necessário também ter em mente que a aprendizagem por recepção e aprendizagem por descoberta não constituem em si uma dicotomia. Dessa forma, há um contínuo entre aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa e também existe há outro entre aprendizagem por recepção e aprendizagem por descobrimento. Sendo assim, o conhecimento adquirido pelo aprendiz não é, necessariamente, construído ou por recepção ou por descoberta. (MOREIRA, 2008).

É importante destacar também, levando em consideração os estudos de Moreira (2008), que determinados processos de ensino-aprendizagem encontrar-se-ão em distintas posições nesse contínuo, dependendo, por exemplo, do nível de escolaridade em que se está trabalhando. No ensino básico e superior, aliás, superior existe uma forte predominância da aprendizagem receptiva. Atualmente, mesmo que o ensino seja desenhado e desenvolvido sempre em torno do aluno, a aprendizagem continuará sendo receptiva, pois tratar de um ensino centrado no aluno não significa dizer que este seja sinônimo de aprendizagem por descoberta. Isso porque a aprendizagem por descoberta não leva necessariamente, como vimos anteriormente, à aprendizagem significativa. Aprendizagem receptiva não é o mesmo que aprendizagem mecânica. Dessa forma, pontuamos que a aprendizagem por descoberta dirigida, defendida por Bruner (1963), é um bom exemplo de metodologia que se situa na zona intermediária entre a recepção e a descoberta, por essa ser bastante adequada para aulas de laboratório.

2.10 Formas e tipos de Aprendizagem Significativa

De modo geral, distinguem-se três formas de aprendizagem significativa: por subordinação, por superordenação e de modo combinatório. Analogamente, podem-se identificar três tipos de aprendizagem significativa: representacional (de representações), conceitual (de conceitos) e proposicional (de proposições).

2.11 A Aprendizagem Significativa é dita subordinada

No processo de aprendizagem, no momento em que novos conhecimentos potencialmente significativos adquirem significados para o aprendiz, por meio de um processo de ancoragem cognitiva, interativa, em conhecimentos prévios relevantes mais gerais e inclusivos pré-existentes na sua estrutura cognitiva. Inclusive, se o aprendiz já possui uma representação mental do que seja uma escola, a aprendizagem significativa de distintos tipos de escola como escola técnica, escola aberta, escola regular, escola pública, e outros serão apreendidos através de uma ancoragem e subordinação à ideia inicial de escola. Ademais, ao mesmo tempo, como se trata de um processo é interativo, essa noção inicial que ele possui vai se modificando, ficando, por sua vez, cada vez mais elaborado, servindo de ancoradouro cognitivo para novas aprendizagens.

Além desses perfis de aprendizagem destacados anteriormente, existe também a **superordenada**, que, por sua vez, envolve processos de abstração, indução, síntese, que possibilitam a existência de novos conhecimentos que passam a subordinar aqueles que lhes deram origem. Nela, o significado é adquirido por interação não com um determinado subsunçor (conhecimento prévio já existente na estrutura cognitiva), mas sim com um conhecimento mais amplo, mais abrangente, uma espécie de “base cognitiva”, ou “base subsunçora”, que o sujeito já tem em determinado campo de conhecimentos. Por exemplo, para que o aluno possa compreender bem o significado de certas fórmulas físicas ou químicas, não basta que o aprendiz tenha em mente os conceitos nela envolvidos. Nesse caso, faz-se necessária a existência de um conhecimento mais amplo de Física ou Química.

Na **aprendizagem combinatória**, que, por sua vez, trata-se de uma forma de aprendizagem significativa em que a atribuição de significados a um novo conhecimento implica na interação com vários outros conhecimentos pré-existentes na estrutura cognitiva. Contudo isso não quer dizer que ela seja mais inclusiva ou mais específica do que os conhecimentos originais. Existem alguns atributos carateriais, alguns significados comuns aos conhecimentos, mas esse fator não os subordina, nem muito menos os superordena.

Ademais, no que tange aos tipos de aprendizagem significativa, a mais elementar é a **aprendizagem representacional**. Nela, ocorre quando símbolos arbitrários passam a representar, em significado, determinados objetos ou eventos em

uma relação unívoca, quer dizer, o símbolo, por sua vez, significa apenas o referente que representa. Nesse sentido, para uma criança pequena, uma determinada palavra que nomeie um objeto concreto que seja do seu conhecimento, significa apenas o objeto que ela conhece empiricamente e não uma representação, pois ela, nessa fase, ainda está desenvolvendo seus potenciais de abstração. Assim, ainda que a aprendizagem representacional seja próxima à aprendizagem mecânica, ela é significativa porque o símbolo significa um referente concreto. Na aprendizagem mecânica a relação símbolo – objeto/evento é apenas associativa, sem significado.

A **aprendizagem representacional** está muito relacionada a um segundo tipo de aprendizagem significativa: a aprendizagem conceitual. Nela, conceitos indicam regularidades em eventos ou objetos. Retomando o exemplo dado quando discutimos sobre aprendizagem representacional, quando uma pessoa tem em mente o conceito de um determinado objeto, o símbolo linguístico utilizado para fazer referência a ele representa uma infinidade de objetos (não apenas um como no caso da aprendizagem representacional) com determinados atributos, propriedades, características comuns. No entanto, para chegar ao conceito de algo, faz-se necessário ter em mente as suas representações. Sendo assim, uma vez construído o conceito, ele passa a ser representado por um símbolo, geralmente linguístico.

A **aprendizagem conceitual** decorre da percepção do sujeito acerca das regularidades em eventos ou objetos. Nela, o aprendiz passa a representar os seus novos conhecimentos através de um determinado símbolo, que pode possuir um referente concreto ou não para dar significado a esse símbolo. Nesse sentido, quando compreendemos conceitos abstratos, podemos dizer que atingimos, então, uma aprendizagem representacional de alto nível.

Por fim, a **aprendizagem proposicional** consiste em dar significado a novas ideias expressas na forma de uma proposição. As aprendizagens representacional e conceitual são prerequisites para a proposicional. Contudo, o significado de uma proposição não é, necessariamente, a soma dos significados dos conceitos e de palavras neles envolvidos. Esse tipo de aprendizagem, por sua vez, pode ser subordinada, superordenada ou combinatória. De maneira análoga, a aprendizagem conceitual pode ocorrer por subordinação, superordenação ou combinação, relativamente a conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva. Isso, de certo modo, sugere que as formas e tipos de aprendizagem significativa são classificações plenamente compatíveis.

A aprendizagem significativa, no entanto, não é aquela em que o aprendiz nunca esquece aquilo que aprendeu, pelo contrário. Nela, o esquecimento é uma consequência natural da aprendizagem significativa, conforme pontua Moreira (2008). Para o autor, ainda, o que Ausubel chamava de assimilação obliteradora trata-se de uma perda progressiva da dissociabilidade dos novos conhecimentos em relação aos conhecimentos que lhes deram significados, que serviram de ancoradouro cognitivo.

Consideremos o esquema a seguir, onde **a** é um novo conhecimento (um conceito, uma proposição, uma fórmula) e **A** um subsunçor (um conceito, uma proposição, uma ideia, um modelo) especificamente relevante à aprendizagem significativa de **a**: assim, **a** interage com **A** gerando um produto interacional **a'A'** que é dissociável em **a'+A'** durante a fase de retenção, mas que progressivamente perde dissociabilidade até que se reduza simplesmente a **A'**, o subsunçor modificado em decorrência da interação inicial. Houve, então, o esquecimento de **a'**, mas que, na verdade, está obliterado em **A'**.

Portanto, diferentemente da aprendizagem mecânica, na qual o esquecimento é rápido e praticamente total, na aprendizagem significativa, o esquecimento é residual, ou seja, o conhecimento esquecido está “dentro” do subsunçor, há um “resíduo” dele no subsunçor. Assim, quando não utilizamos um conhecimento por muito tempo, se a aprendizagem foi significativa temos a sensação (boa, tranquilizante) de que, se necessário, podemos reaprender esse conhecimento sem grandes dificuldades, em um tempo relativamente curto. Se a aprendizagem foi mecânica, a sensação (ruim, de perda de tempo no passado) é a de que esse conhecimento nunca foi aprendido e não tem sentido falar em reaprendizagem.

2.12 A facilitação da Aprendizagem Significativa

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel é uma teoria sobre a aquisição, com significados, de corpos organizados de conhecimento em situação formal de ensino. Há poucas décadas atrás, dir-se-ia em “sala de aula”. Hoje, na era das TICs (Tecnologia da informação e comunicação), fica melhor falar em “situação formal de ensino”, que pode ser em sala de aula (presencial) ou em um ambiente virtual (a distância).

Nessa perspectiva, Ausubel tomou como premissa que, se fosse possível isolar uma única variável como a que mais influencia a aprendizagem, ela seria o

conhecimento prévio do aprendiz. Vários são os fatores que influenciam a aprendizagem, mas, se pudéssemos isolar um, este seria, mais do que qualquer outro, aquilo que o aprendiz já sabe.

No começo deste texto, foi dito que são duas as condições para a aprendizagem significativa: 1) novos conhecimentos (veiculados pelos materiais instrucionais) potencialmente significativos; e 2) predisposição para aprender. Mas a primeira dessas condições é fortemente dependente do conhecimento prévio do aprendiz, pois, se este não existir, nenhum novo conhecimento será potencialmente significativo. No entanto, a segunda condição também tem a ver com o conhecimento prévio, pois, normalmente, quanto mais o indivíduo domina significativamente um campo de conhecimentos, mais se predispõe a novas aprendizagens nesse campo ou em campos afins. No caso da aprendizagem mecânica, ocorre o inverso: quanto mais o aprendiz tem que memorizar conteúdos mecanicamente, mais ele ou ela se predispõe contra esses conteúdos, ou disciplinas.

Resumindo, o aluno aprende a partir do que já sabe. É a estrutura cognitiva prévia, ou seja, conhecimentos prévios (conceitos, proposições, ideias, esquemas modelos, construtos) hierarquicamente organizados, a principal variável a influenciar a aprendizagem significativa de novos conhecimentos.

Um corolário óbvio desta premissa é que qualquer intento de facilitar a aprendizagem significativa em situação formal de ensino deve tomar como ponto de partida o conhecimento prévio do aluno no campo conceitual em questão. Óbvio, porém não observado. A escola, o ensino escolar, não é organizada de modo a levar em conta o conhecimento prévio do aluno. A escola mudaria muito se isso acontecesse. Nas palavras de Postman e Weingartner (1969, p. 62):

Podemos, ao final das contas, aprender somente em relação ao que já sabemos. Contrariamente ao senso comum, isso significa que se não sabemos muito nossa capacidade de aprender não é muito grande. Esta ideia – por si só – implica uma grande mudança na maioria das metáforas que direcionam políticas e procedimentos das escolas.

Uma segunda premissa da teoria da aprendizagem significativa é que o sujeito que aprende vai diferenciando progressivamente e, ao mesmo tempo, reconciliando integrativamente, os novos conhecimentos em interação com aqueles já existentes. Ou seja, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são dois processos, simultâneos, da dinâmica da estrutura cognitiva. Através desses processos, o

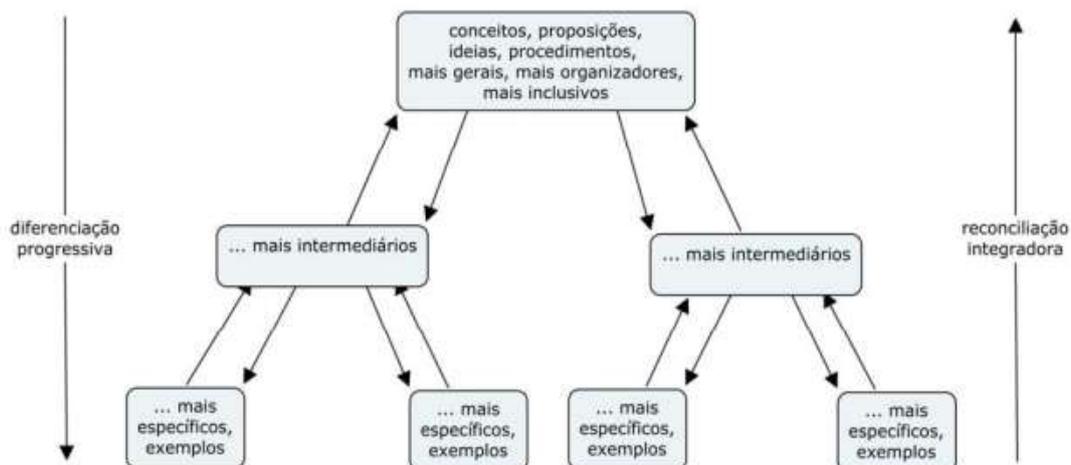
aprendiz vai organizando, hierarquicamente, sua estrutura cognitiva em determinado campo de conhecimentos. Isso significa que alguns subsunçores são mais gerais, mais inclusivos do que outros, mas essa hierarquia não é permanente, à medida que ocorrem os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa a estrutura cognitiva vai mudando.

Ora, se diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, ou integradora, são processos fundamentais da dinâmica da estrutura cognitiva no decorrer da aprendizagem significativa, a facilitação desta aprendizagem em situações de ensino deveria usá-los como princípios programáticos da matéria de ensino. Isso significa que o conteúdo curricular deveria, inicialmente, ser mapeado conceitualmente, de modo a identificar as ideias mais gerais, mais inclusivas, os conceitos estruturantes, as proposições-chave do que vai ser ensinado.

Dessa forma, essa análise permitiria identificar o que é importante e o que é secundário, supérfluo, no conteúdo curricular. Isso significa que o conteúdo curricular deveria, inicialmente, ser mapeado conceitualmente de modo a identificar as ideias mais gerais, mais inclusivas, os conceitos estruturantes, as proposições-chave do que vai ser ensinado. Essa análise permitiria identificar o que é importante e o que é secundário, supérfluo, no conteúdo curricular.

Feito isso, o ensino deveria começar com os aspectos mais gerais, mais inclusivos, mais organizadores, do conteúdo e, então, progressivamente, diferenciá-los não seria, no entanto, uma abordagem dedutiva. Uma vez introduzidos os conceitos e proposições mais gerais e inclusivos, eles devem, imediatamente, ser exemplificados, trabalhados em situações de ensino. Ao longo de todo o curso de uma disciplina, por exemplo, os conteúdos gerais e específicos devem ser trabalhados em uma perspectiva de diferenciação e integração, de descer e subir, várias vezes, nas hierarquias conceituais. Também não é uma abordagem indutiva. São as duas coisas, diferenciação progressiva e reconciliação integradora, acontecendo, intencionalmente, ao mesmo tempo; tal como sugere a Figura 6:

Figura 6: Um diagrama indicando que a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são interdependentes e simultâneas tanto na dinâmica da estrutura cognitiva como no ensino



Fonte: Moreira (2008).

No ensino de qualquer disciplina na escola, os conteúdos estão listados em um programa que é seguido linearmente, sem idas e voltas, sem ênfases, e que deve ser cumprido como se tudo fosse importante, ou como se os aspectos mais importantes devessem ficar para o final. O resultado desse enfoque é, geralmente, aprendizagem mecânica.

Observe-se, no entanto, que começar com o que é mais geral, mais inclusivo, em uma disciplina não significa apresentá-lo em sua forma final, formal, abstrata, sofisticada matematicamente. Isso estaria contrariando a diferenciação progressiva, a reconciliação integrativa e o levar em conta o conhecimento prévio do aluno. No caso de um conteúdo científico, por exemplo, que esteja organizado em torno de duas ou três leis científicas, a abordagem desse conteúdo deveria começar com essas leis, mas de um ponto de vista fenomenológico e conceitual. Progressivamente, as mesmas seriam exemplificadas e modeladas matematicamente, em níveis crescentes de complexidade, até alcançar-se o nível esperado no contexto da disciplina.

A grande maioria dos livros didáticos não promove a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. Sua organização é linear, muitas vezes cronológica, começando com o mais simples e terminando com o mais complexo, ou mais difícil. É uma organização lógica, não psicológica. Do ponto de vista cognitivo, a aprendizagem significativa será facilitada se o aprendiz tiver uma visão inicial do todo, do que é

importante para, então, diferenciar e reconciliar significados, critérios, propriedades, categorias, etc.

Outro aspecto que, geralmente, vem à tona quando se fala em facilitação da aprendizagem significativa são os organizadores prévios. Ausubel os propôs como recurso instrucional para o caso em que o aluno não tem os subsunçores adequados para dar significado ao novo conhecimento. Tendo em vista que, muitas vezes, esse tópico é, simplisticamente, considerado como se fosse a própria teoria de Ausubel, o mesmo será aqui retomado a título de esclarecimento e diferenciação progressiva.

Não há uma definição precisa do que sejam organizadores prévios e nem poderia existir, pois depende de cada caso. Seriam materiais introdutórios apresentados em um nível mais alto de generalidade e inclusividade, formulados de acordo com conhecimentos que o aluno tem, que fariam a ponte cognitiva entre estes conhecimentos e aqueles que o aluno deveria ter para que o material fosse potencialmente significativo. Por exemplo, antes de introduzir o conceito de campo gravitacional, poder-se-ia conduzir uma discussão sobre o que seria um campo a partir do conhecimento cotidiano dos alunos sobre o campo; ou, os alunos poderiam ler um texto bem abrangente sobre campos de um modo geral (campo de conhecimentos, campo psicológico, campo de trabalho, etc.); ou, ainda, um aplicativo, uma simulação, que servisse para introduzir o conceito de campo de uma perspectiva geral, inclusiva. Como foi dito antes, não há como definir com precisão se um determinado recurso instrucional é ou não um organizador prévio, se vai funcionar ou não.

Do ponto de vista da pesquisa quantitativa, é simples testar a eficácia dos organizadores: toma-se dois grupos aleatoriamente, com um deles usa-se o organizador com outro não; ao final do tratamento faz-se um pós-teste e compara-se o resultado. Depois de muita polêmica – algumas pesquisas acusavam efeito dos organizadores na aprendizagem, outras não –, chegou-se à conclusão de que o efeito existe, mas é pequeno (LUITEN et al., 1978).

Talvez nem fossem necessários muitos estudos para chegar a essa conclusão, pois, se a aprendizagem significativa depende fortemente, fundamentalmente, da disponibilidade de conhecimentos prévios adequados, dificilmente um recurso instrucional poderia substituí-los quando tal disponibilidade não existe. A solução óbvia desse problema é a construção prévia dos conhecimentos necessários. Óbvia, mas difícil, se não impossível, dentro de uma abordagem tradicional de ensino em

grupo, centrado no professor, com um programa a ser cumprido, promovendo a aprendizagem mecânica.

Há, no entanto, outra situação na qual os organizadores prévios podem ajudar muito. Muitas vezes, o aluno tem conhecimentos prévios adequados, mas não percebe a relacionabilidade e a discriminabilidade entre esses conhecimentos e os novos que lhe estão sendo apresentados nas aulas e nos materiais educativos. Nesse caso, é imprescindível que se use recursos instrucionais que mostrem essa relacionabilidade e discriminabilidade, ou seja, como os novos conhecimentos se relacionam com os anteriores e como se diferenciam deles. Retomando um exemplo anterior, ao se introduzir o conceito de campo no Eletromagnetismo, é recomendável retomar através de um organizador prévio, que pode ser uma rápida recapitulação, o conceito de campo que os alunos já têm, i.e., o campo gravitacional, e chamar atenção para as similaridades e diferenças entre campo na Gravitação e campo no Eletromagnetismo, uma delas é que, no primeiro caso, a força é sempre atrativa e, no segundo, pode ser atrativa ou repulsiva.

Além da diferenciação progressiva, da reconciliação integrativa e dos organizadores prévios, Ausubel (1963) recomendava também o uso dos princípios da organização sequencial e da consolidação para facilitar a aprendizagem significativa. O primeiro deles implica tirar vantagem das dependências sequenciais naturais existentes na matéria de ensino. Segundo Ausubel (1963), fica mais fácil para o aluno organizar seus subsunçores, hierarquicamente, se, na matéria de ensino, os tópicos estão sequenciados em termos de dependências hierárquicas naturais, ou seja, de modo que certos tópicos dependam naturalmente daqueles que os antecedem.

A consolidação tem a ver com o domínio de conhecimentos prévios antes da introdução de novos conhecimentos. É uma consequência imediata da teoria: se o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aquisição significativa de novos conhecimentos, nada mais natural que insistir no domínio do conhecimento prévio antes de apresentar novos conhecimentos. É preciso, no entanto, ter cuidado com esse princípio. Aprendizagem para o domínio é uma estratégia que facilmente pode levar à aprendizagem mecânica tão típica do enfoque behaviorista.

A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual, um campo de situações, é progressivo, com rupturas e continuidades (MOREIRA; CABALLERO; RODRÍGUEZ, 1997) e pode levar um tempo relativamente grande. A consolidação ausubeliana não deve ser confundida com a aprendizagem para o

domínio behaviorista. No contexto da aprendizagem significativa, consolidação significa que ela não é imediata e que exercícios, resoluções de situações-problema, clarificações, discriminações, diferenciações, integrações são importantes antes da introdução de novos conhecimentos.

Outro recurso extremamente importante na facilitação da aprendizagem significativa é a linguagem; tanto é que, nas primeiras descrições da sua teoria, Ausubel (1963) usava a terminologia aprendizagem verbal significativa (*meaningful verbal learning*) (AUSUBEL, 1963). A linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas tentativas humanas de perceber a realidade (POSTMAN; WEINGARTNER, 1969, p. 99). A aprendizagem significativa depende da captação de significados que envolve um intercâmbio, uma negociação, de significados, que depende essencialmente da linguagem.

Em um episódio de ensino-aprendizagem, a professora ou professor apresenta aos alunos os significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino e que ela ou ele já domina. Apresentar aqui não significa aula expositiva, nem passividade de parte dos alunos, os quais devem “devolver” ao docente os significados que estão captando. Se estes significados não forem aqueles contextualmente aceitos na matéria de ensino, cabe ao professor ou professora apresentá-los novamente, provavelmente de outra maneira, aos alunos. Estes devem, outra vez, “devolvê-los” ao docente. Quer dizer, a captação de significados implica diálogo, negociação de significados. O aluno tem que externalizar os significados que está captando. Esse processo pode ser longo e só termina quando o aluno capta os significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino. Nessa perspectiva proposta por D. B. Gowin (1981), só há ensino quando há captação de significados ou, se quisermos, só há ensino quando há aprendizagem.

Nesse processo, professor e aluno buscam compartilhar significados que são aqueles aceitos em um certo contexto. Ao apresentar os significados, o professor usa a linguagem, ao devolver os significados que está captando, o aluno usa a linguagem. Mesmo em disciplinas como a Física e a Química o ensino e a aprendizagem dependem da linguagem. É um erro pensar, por exemplo, que a linguagem da Física é apenas o formalismo matemático. A linguagem verbal é igualmente importante para ensinar e aprender física.

O homem vive na linguagem. Portanto, a linguagem é essencial na facilitação da aprendizagem significativa. As palavras são signos linguísticos e delas

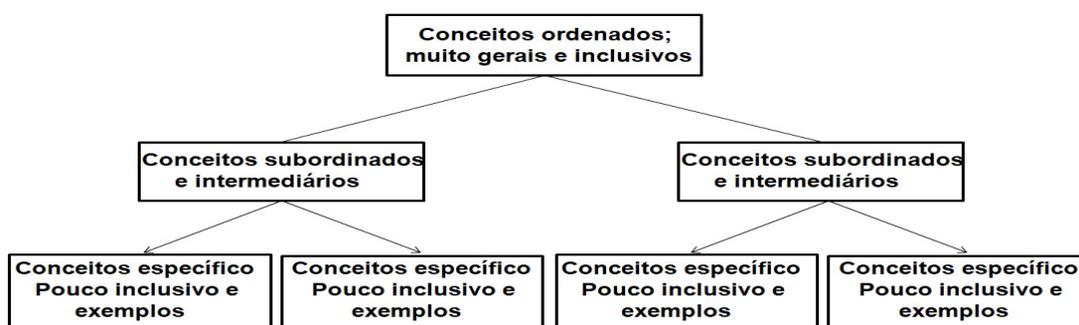
dependemos para ensinar qualquer corpo organizado de conhecimentos em situação formal de ensino que é a proposta subjacente à teoria da aprendizagem significativa.

2.13 Estratégias e instrumentos facilitadores da Aprendizagem Significativa

Na seção anterior, foram destacados como variáveis importantes na facilitação da aprendizagem significativa o levar em conta o conhecimento prévio do aluno, a diferenciação progressiva, a reconciliação integrativa, a organização sequencial do conteúdo, a consolidação, o uso de organizadores prévios que mostrem a relacionabilidade e a discriminabilidade entre conhecimentos prévios e novos conhecimentos, e a linguagem envolvida no intercâmbio de significados.

Poder-se-ia, no entanto, falar também em estratégias e instrumentos (didáticos) facilitadores da aprendizagem significativa. Quais seriam? Um deles já foi mencionado: o organizador prévio. Outro instrumento muito frequentemente associado à aprendizagem significativa é o mapeamento conceitual. Mapas conceituais (Novak e Gowin, 1984; Moreira, 2006) são diagramas conceituais hierárquicos destacando conceitos de um certo campo conceitual e relações (proposições) entre eles. São muito úteis na diferenciação progressiva e na reconciliação integrativa de conceitos e na própria conceitualização.

Figura 7: Modelo de mapa conceitual



Fonte: (MOREIRA; MASINI, 2008)

Segundo Ausubel (1968), para que a aprendizagem significativa ocorra verdadeiramente, o aluno deve ser capaz de reconhecer os conceitos apresentados e organizá-los em sua estrutura cognitiva. Da mesma maneira, os mapas conceituais enfatizam e estimulam essa capacidade ao estabelecer relações estruturais entre os conceitos. Deste modo:

Os mapas conceituais foram desenvolvidos para promover a aprendizagem significativa. A análise do currículo e o ensino sob uma abordagem ausubeliana, em termos de significados, implicam: 1) identificar a estrutura de significados aceita no contexto da matéria de ensino; 2) identificar os subsunçores (significados) necessários para a aprendizagem significativa da matéria de ensino; 3) identificar os significados preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz; 4) organizar sequencialmente o conteúdo e selecionar materiais curriculares, usando as ideias de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa como princípios programáticos; 5) ensinar usando organizadores prévios, para fazer pontes entre os significados que o aluno já tem e os que ele precisaria ter para aprender significativamente a matéria de ensino, bem como para o estabelecimento de relações explícitas entre o novo conhecimento e aquele já existente e adequado para dar significados aos novos materiais de aprendizagem (MOREIRA, 2005, p. 8)

Diagramas V (NOVAK; GOWIN, 1984; GOWIN; ALVAREZ, 2005; MOREIRA, 2006), instrumentos heurísticos enfatizando a interação entre o pensar (domínio conceitual) e o fazer (domínio metodológico) na produção de conhecimentos, a partir de questões-foco, são também tidos como facilitadores da aprendizagem significativa.

As atividades colaborativas, presenciais ou virtuais, em pequenos grupos, têm grande potencial para facilitar a aprendizagem significativa porque viabilizam o intercâmbio, a negociação de significados e colocam o professor na posição de mediador. Mas isso não significa que uma aula expositiva clássica não possa facilitar a aprendizagem significativa. É bem verdade que o ensino expositivo tradicional normalmente promove a aprendizagem mecânica. Porém, mapas conceituais, por exemplo, também podem incentivar a aprendizagem mecânica na medida em que houver um “mapa correto” ou um “mapa padrão” que os alunos devem aceitar e memorizar. O mesmo raciocínio vale para os diagramas V.

Certas estratégias e certos instrumentos podem ter maior potencial facilitador da aprendizagem significativa, mas, dependendo de como são usados em situação de ensino, podem não promover tal aprendizagem. Qualquer estratégia, instrumento, técnica ou método de ensino (ou qualquer outra terminologia) usados dentro de um enfoque comportamentalista do tipo certo ou errado, sim ou não, promoverá a

aprendizagem mecânica. Qualquer estratégia que implicar “copiar, memorizar e reproduzir” estimulará a aprendizagem mecânica.

A facilitação da aprendizagem significativa depende muito mais de uma nova postura docente, de uma nova diretriz escolar, do que de novas metodologias, mesmo as modernas tecnologias de informação e comunicação.

2.14 Avaliação da aprendizagem significativa

No parágrafo anterior, foi dito que a facilitação da aprendizagem significativa depende muito mais de novas posturas, novas filosofias, do que novas metodologias. Talvez se devesse agregar, “sobretudo de novas maneiras de avaliar” (RENNER, 2017, p. 43). No cotidiano escolar, a avaliação é muito mais behaviorista do que construtivista e determina largamente as práticas docentes. O contexto (administradores escolares, pais, advogados, a sociedade em geral) exige “provas” de que o aluno “sabe ou não sabe”. Esse tipo de avaliação baseada no sabe ou não sabe, no certo ou errado, no sim ou não, é comportamentalista e, geralmente, promove a aprendizagem mecânica, pois não entra na questão do significado, da compreensão, da transferência.

Se o aluno sabe resolver um problema, sabe definir algo, sabe listar as propriedades de um sistema, está bem mesmo que não tenha entendido o problema, a definição ou o sistema. A avaliação da aprendizagem significativa implica outro enfoque, porque o que se deve avaliar é compreensão, captação de significados, capacidade de transferência do conhecimento a situações não-conhecidas, não-rotineiras.

A proposta de Ausubel é radical: para ele, a melhor maneira de evitar a simulação da aprendizagem significativa é propor ao aprendiz uma situação nova, não familiar, que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido. Não parece ser essa a melhor saída, pois se o aluno não é acostumado a enfrentar situações novas não é adequado propô-las no momento da avaliação (somativa, no caso). Situações novas devem ser propostas progressivamente, ao longo do processo instrucional. Nesse caso, seria natural incluí-las nas avaliações.

Como foi dito mais de uma vez, ao longo deste texto, a aprendizagem significativa é progressiva, grande parte do processo ocorre na zona cinza, na região do mais ou menos, onde o erro é normal.

Portanto, a avaliação da aprendizagem significativa deve ser predominantemente formativa e recursiva. É necessário buscar evidências de aprendizagem significativa, ao invés de querer determinar se ocorreu ou não. É importante a recursividade, ou seja, permitir que o aprendiz refaça, mais de uma vez se for o caso, as tarefas de aprendizagem. É importante que ele ou ela externalize os significados que está captando, que explique, justifique, suas respostas.

Sem dúvida, bastante difícil a avaliação da aprendizagem significativa, principalmente porque implica uma nova postura frente à avaliação. É muito mais simples a avaliação do tipo certo ou errado, mas o resultado é, em grande parte, aprendizagem mecânica.

Aprendizagem significativa não é coisa nova. A teoria de Ausubel é dos anos sessenta (1963; 1968) e foi por ele reiterada recentemente em novo livro (AUSUBEL, 2000). Novak contribuiu na segunda edição da obra de 1968 e escreveu com Gowin um livro traduzido para muitas línguas (NOVAK; GOWIN, 1984). Do autor deste texto, há publicações sobre a teoria da aprendizagem significativa desde 1982 (MOREIRA; MASINI, 1982; 2006; MOREIRA, 1983; MOREIRA; BUCHWEITZ, 1993; MOREIRA, 1999; 2000; 2005; 2006; MASINI; MOREIRA, 2008; VALADARES; MOREIRA, 2009).

Em função dessa bibliografia, de congressos internacionais sobre aprendizagem significativa realizados em Cornell, USA (1992); Burgos, Espanha (1997); Peniche, Portugal (2000); Maragogi, Brasil (2004); Madrid, Espanha (2007) e de muitos artigos sobre a teoria, ou usando a teoria como referente teórico, houve uma apropriação superficial e polissêmica do conceito de aprendizagem significativa. Toda a aprendizagem passou a ser significativa, todas as metodologias de ensino passaram a objetivar a uma aprendizagem significativa, uma trivialização do conceito.

Não houve, no entanto, uma apropriação da teoria ou da filosofia subjacente a ela. A escola continua fomentando a aprendizagem mecânica, o modelo clássico em que o professor expõe (no quadro-de-giz ou com *slides* PowerPoint), o aluno copia (ou recebe eletronicamente os *slides*), memoriza às vésperas das provas, nelas reproduz conhecimentos memorizados sem significado, ou aplica-os mecanicamente a situações conhecidas, e os esquece rapidamente. Assim, tal prática continua predominando na escola, aceito sem questionamento por professores, pais e alunos, fomentado pelos exames de ingresso às universidades e exaltado pelos cursinhos

preparatórios; uma enorme perda de tempo. Os alunos passam anos de sua vida estudando, segundo esse modelo, informações que serão esquecidas rapidamente.

Quando chegam à universidade os alunos, muitas vezes, não têm subsunçores para dar conta das disciplinas básicas, o que foi aprendido mecanicamente e serviu para o exame de ingresso já foi esquecido ou “deletado”. Por outro lado, na universidade o esquema é o mesmo – copiar, memorizar, reproduzir e esquecer –, talvez mais exigente na memorização mecânica e na reprodução, gerando altos índices de reprovação em disciplinas como, por exemplo, Física e Cálculo.

Alguns educadores dizem que a teoria de aprendizagem significativa está superada porque foi formulada há quase cinquenta anos. Mas como estaria superada se a escola não é capaz de dar conta de sua premissa básica, ou seja, de levar em conta o conhecimento prévio do aluno, de partir da ideia de que o ser humano aprende a partir do que já sabe? Dizer que essa teoria está superada é fugir do problema.

Pode-se não aceitar conceitos ausubelianos como diferenciação progressiva, reconciliação integrativa e organizador prévio, mas o princípio fundamental de que o conhecimento prévio é a variável isolada que mais influencia a aquisição significativa de novos conhecimentos não pode ser ignorado e deixa claro que sua teoria não pode ser tomada como superada. Essa é uma proposição subjacente a qualquer teoria construtivista. Assim como Ausubel fala em subsunçor, cada teoria construtivista tem seu construto básico. Na de Piaget, o construto básico é esquema; poder-se-ia dizer, então que o indivíduo aprende, ou constrói novos esquemas, a partir dos esquemas que já construiu. Na de Kelly (1963), o construto básico é o de construto pessoal, de onde vem que o sujeito aprende, ou constrói novos construtos, a partir dos construtos que já construiu. Na de Johnson-Laird (1983), o construto fundamental é o de modelo mental, do qual decorre que o sujeito constrói novos modelos mentais a partir da recursividade de modelos anteriores, de primitivos conceituais e da percepção. Vergnaud (1990) também usa o conceito de esquema, mas seus esquemas contêm invariantes operatórios que se constituem em conhecimento prévio implícito e têm grande influência na construção de novos esquemas e novos conceitos.

Portanto, o conceito de aprendizagem significativa, como aquela em que novos conhecimentos adquirem significados através da interação com conhecimentos especificamente relevantes já existentes na estrutura cognitiva de aprendiz, é subjacente a várias outras teorias (MOREIRA, 1999). Como foi dito acima, o conhecimento prévio pode, ser interpretado em termos de esquemas de assimilação,

construtos pessoais, modelos mentais, invariantes operatórios. Mas teorias como as mencionadas nos parágrafos anteriores estão mais voltadas para o desenvolvimento cognitivo, enquanto que a da aprendizagem significativa, originalmente proposta por David Ausubel, se ocupa mais da aquisição significativa de um corpo organizado de conhecimentos em situação formal de ensino e aprendizagem.

2.15 Aprendizagem por meio de animações

A palavra animação deriva do verbo latino *animare* e significa dar vida a alguma coisa. De certo modo, dentro do contexto computacional, a animação possibilita simular o movimento ou “dar vida” a sistemas, esquemas, representações entre outros, que podem ser abstraídos de uma mente ou representar contextos específicos do mundo real:

Como qualquer pessoa minimamente consciente das longas e complexas relações de causa e efeito que envolvem os processos históricos deve presumir, a animação não surgiu por acaso. Ao contrário, começou a ser concebida desde que o ser humano passou a se expressar através de símbolos. Dentre as pinturas rupestres da Pré-História é possível identificar aquelas que já manifestavam a intenção humana de representar o movimento através do desenho, como comprovam pinturas de bisões, mamutes e renas com mais de quatro pernas, ilustradas em cavernas espanholas e francesas há mais de 30 mil anos. (GOMBRICH, 1999, p. 40)

Os Objetos de Aprendizagem (OA) podem ser considerados como aqueles que dão suporte ao ensino. As animações desenvolvidas para serem utilizadas como OA são compreendidas como recursos reutilizáveis com finalidade didático/pedagógico e podem representar determinados fenômenos ou contextos da realidade vinculados aos conteúdos programáticos explorados pelos professores na escola.

As animações podem representar algo da mente ou do mundo real, sem requerer ou a necessidade de se construir determinados elementos reais para serem produzidas. Para desenvolver uma animação, é necessário projetar uma abstração de algo e essa abstração logicamente, precisa representar semelhanças comuns e similares ao objeto original e/ou fenômeno a ser representado.

3. Fundamentação Física: gravitação universal

No ensino da Física, os alunos sempre têm conhecimento prévio sobre determinado assunto, pois suas experiências do cotidiano permitem que isso aconteça. À escola cabe o papel de organizar esses conhecimentos e colaborar com a sua alfabetização científica, pois o mundo da ciência está intimamente relacionado ao mundo cotidiano. Ao professor fica o papel de estabelecer relações entre ciência e outros campos do conhecimento que fazem parte do cotidiano do aluno.

A prática pedagógica e, mais especificamente, o trabalho em sala com alunos de Ensino Médio, no decorrer desses anos, despertou a percepção de que com o tema gravitação universal não tem sido apresentado forma satisfatória. Sendo assim, com a pretensão de que esse estudo seja melhorado, buscam-se formas e estratégias para estimular a aprendizagem que esta faça parte do conhecimento científico que o aluno levará consigo como cidadão, preparando-o para viver em sociedade permitindo-o tomar decisões bem fundamentadas nas mais diversas situações do dia a dia:

O ensino de Física deve ser capaz de preparar o aluno para além do âmbito escolar, desenvolvendo na escola, habilidades que lhe permitam atuar consciente e racionalmente fora do contexto escolar, estabelecendo julgamentos e opiniões sobre assuntos variados que afetam sua vida. (CARVALHO, 2010, p.107)

Ao propiciar aos alunos os conhecimentos específicos do conteúdo gravitação universal, busca-se promover uma articulação da sua visão de mundo, auxiliando na compreensão mais ampla do universo. A partir de fatos históricos, evolução das ideias de alguns pensadores sobre o Sistema Solar, movimentação dos astros, queda dos corpos, chegando aos modelos atuais. No entanto, deve-se deixar claro para o aluno que esses conhecimentos não estão acabados, que não são verdades absolutas, buscando despertar nestes o interesse pela pesquisa. Auxiliar na formação do conhecimento e incentivar o gosto pela pesquisa, sobre essas questões é o que se pretende com esse trabalho.

3.1 Introdução

De maneira geral, neste capítulo serão apresentadas as órbitas dos planetas em torno de sua estrela e dos satélites naturais e artificiais em torno dos planetas, bem como as forças de natureza gravitacional que os ligam.

As duas teorias mais conhecidas sobre a ordenação do Sistema Solar são: a do Geocentrismo, desenvolvida pelo astrônomo grego Cláudio Ptolomeu; e a teoria do Heliocentrismo, formulada, inicialmente, por Nicolau Copérnico. Vejamos as principais características de cada uma dessas teorias.

3.1.1 Modelo Geocêntrico

A teoria Geocêntrica, também chamada de sistema ptolomaico, foi elaborada pelo astrônomo grego Claudio Ptolomeu no início da Era Cristã, defendida em seu livro intitulado Almagesto. De maneira simplificada, conforme essa teoria a Terra está no centro do Sistema Solar e os demais astros orbitam ao redor dela. Os astros estariam fixados sobre esferas concêntricas e girariam com velocidades distintas.

3.1.2 Modelo Heliocêntrico

O Heliocentrismo consiste em um modelo teórico de Sistema Solar desenvolvido inicialmente pelo astrônomo e matemático polonês, Nicolau Copérnico (1473-1543). Conforme Copérnico, a Terra e os demais planetas movem-se ao redor de um ponto vizinho ao Sol, sendo este, o verdadeiro centro do Sistema Solar. A sucessão de dias e noites é uma consequência do movimento de rotação da Terra sobre seu próprio eixo.

O modelo, também chamado de sistema copernicano, não era aceito pela Igreja Católica, que adotava a teoria do Geocentrismo, elaborada por Ptolomeu. A teoria Heliocêntrica foi aperfeiçoada por Kepler e comprovada por Galileu Galilei através de suas observações com o uso de lunetas construídas por ele mesmo e, finalmente, por Isaac Newton que demonstrou matematicamente que as leis de Kepler eram verdadeiras.

3.1.3 Kepler

Johannes Kepler foi um astrônomo, astrofísico e matemático alemão. Em 1609, publicou astronomia nova um livro que continha anos de seus esforços para entender a órbita do planeta Marte. Ele usava informações astronômicas de alto nível que vinha

de seu mentor e empregador Tycho Brahe, que era famoso por gerar uma grande quantidade de dados de alta qualidade e precisava encontrar a melhor explicação sobre o movimento de Marte, o que se revelou, na época, um problema bastante complicado.

Havia três modelos do sistema solar na época, mas nenhum funcionava para Marte. O de Ptolomeu, o de Copérnico e, finalmente, o de Tycho Brahe, que tinha proposto o seu próprio sistema que combinava aspectos de ambos: colocou a Terra como centro, com o Sol e Lua orbitando a Terra, mas os outros planetas orbitavam o Sol. Os três sistemas contemplavam órbitas circulares, porque o círculo era aceito como uma figura ideal. Copérnico, Galileu e Brahe acreditavam que os planetas viajam em trajetos circulares, mas os dados não batiam com essa crença. Em seu lugar, Kepler percebeu que uma nova figura, a elipse, funcionava muito melhor.

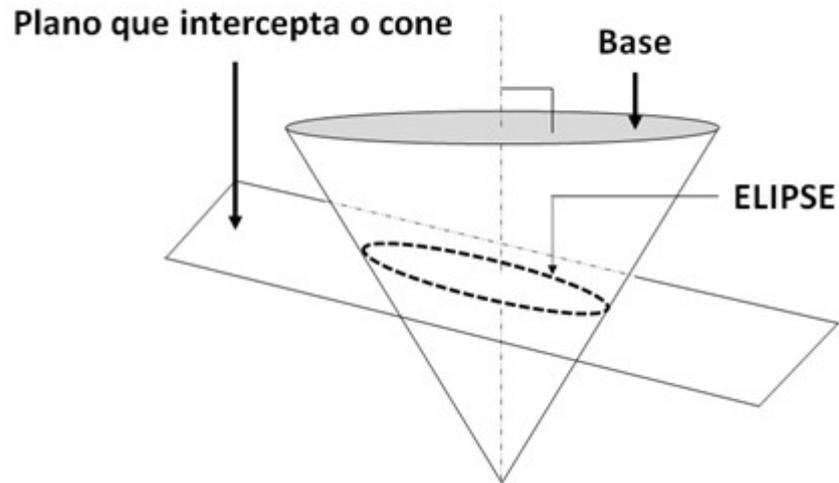
Em astronomia nova, Kepler dizia que Marte viajava em torno do Sol, que estava em dos focos da elipse. Em seguida, estendeu essa informação a todos os planetas e demonstrou que essa figura coincidia com os dados disponíveis. Um fato interessante é que, apesar dessa informação corresponder ao que seria a sua primeira lei, Kepler só chegou a ela a partir da sua segunda lei.

Contudo, antes de apresentar as leis de Kepler vamos falar sobre elipse, estações do ano, solstícios, equinócios e coordenadas geográficas.

3.2 Elipse

É uma curva plana fechada que pode ser obtida através da interseção de um cone circular reto com um plano oblíquo à sua base.

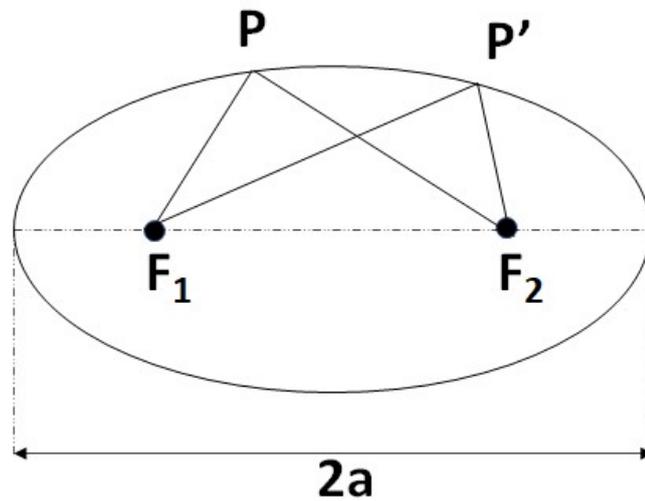
Figura 8: Mostra a obtenção de uma elipse através da secção transversal de um plano com um cone



Fonte: Autor.

Uma elipse é o lugar geométrico de um plano onde a soma das distâncias entre qualquer um de seus pontos P e dois pontos fixos F_1 e F_2 , chamados de focos, resulta em uma constante.

Figura 9: Mostra dois pontos P e P' de uma elipse de focos F_1 e F_2



Fonte: Autor.

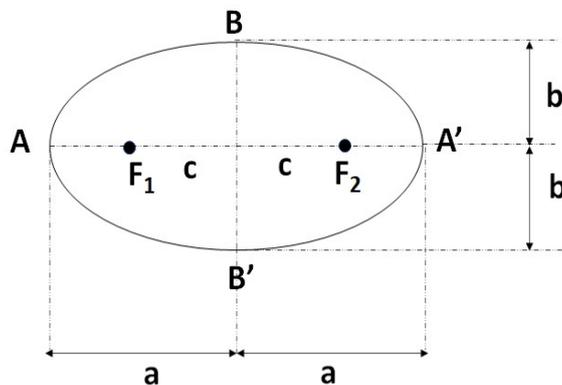
Figura 10: Soma das distâncias entre um ponto da Elipse e os seus focos

$$PF_1 + PF_2 = P'F_1 + P'F_2 = \text{Constante}(2a)$$

Fonte: Autor.

Figura 11: Elementos de uma elipse

Elementos de Uma Elipse



$$AA' = 2a = \text{eixo maior}$$

$$\overline{BB'} = 2b = \text{eixo menor}$$

$$\overline{F_1F_2} = 2c = \text{distância focal}$$

Excentricidade da Elipse(e)

$$e = \frac{f}{AA'} = \frac{2c}{2a}$$

$$e = \frac{c}{a}$$

Como $a > 0$, $c > 0$ e $c < a$, temos que:

$$0 < e < 1$$

Fonte: Autor.

Quanto menor for a excentricidade de uma elipse, mais próxima de uma circunferência se encontra a sua forma. Quando a excentricidade é nula, dizemos que ela se degenera numa circunferência. Essa informação é importante porque as órbitas dos planetas são elípticas com uma excentricidade muito pequena. Por isso, são quase circulares.

3.3 As Estações do Ano

Por conta da inclinação do eixo de rotação da Terra ($23,5^\circ$) em relação ao seu eixo perpendicular a eclíptica, exceto em dois momentos (equinócios), durante a sua

translação em torno do Sol, os raios solares incidem por ângulos diferentes sobre a sua superfície e isso faz com que regiões diferentes de nosso planeta sejam iluminadas e aquecidas com intensidades diferentes causando durante um ano períodos com características climáticas diferentes denominadas de estações do ano.

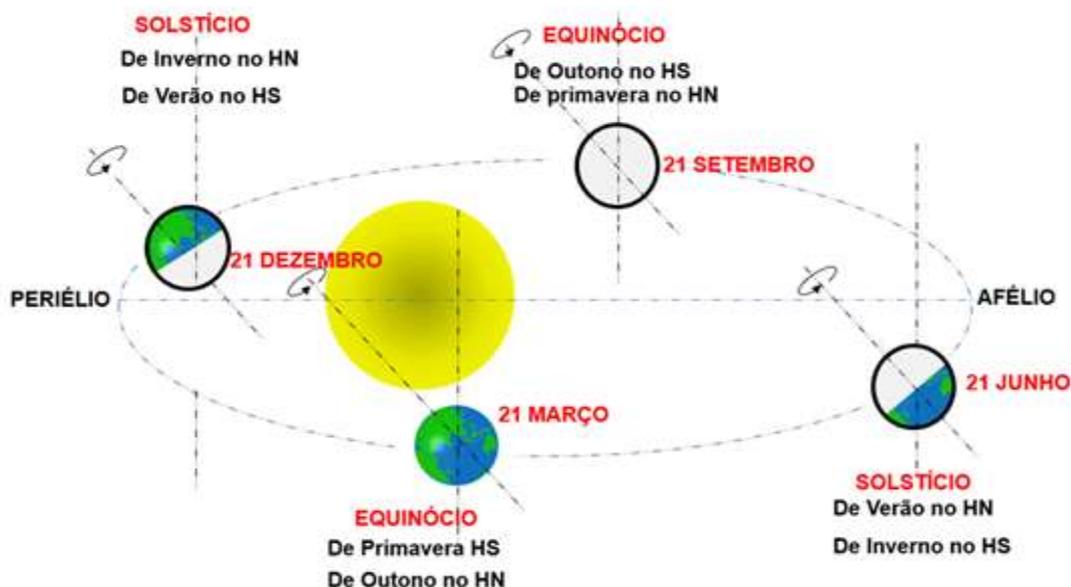
As **estações do ano** são os períodos em que o ano é dividido de acordo com suas características climáticas. São elas: primavera, verão, outono e inverno.

As estações do ano sempre são opostas em hemisférios diferentes. Quando é verão no hemisfério Norte, é inverno no hemisfério Sul; e, quando é primavera no hemisfério Norte, é outono no hemisfério Sul e vice-versa. Isso ocorre justamente em razão da posição que cada hemisfério ocupa em relação ao Sol em cada período.

3.4 Solstícios e Equinócios

A figura abaixo mostra a posição da Terra em relação ao Sol em quatro dias específicos que marcam o início das estações do ano no hemisfério Sul. A esses acontecimentos astronômicos que marcam o início de uma estação do ano denominamos de Solstício e Equinócio.

Figura 12: Posições da Terra em relação ao Sol nos Solstícios e Equinócios



Fonte: Autor.

3.4.1 Solstício

É um acontecimento astronômico que marca o início de verão em um hemisfério e de inverno no outro. O dia é mais longo e a noite mais curta no hemisfério em que está ocorrendo o solstício de verão e, conseqüentemente, o dia é mais curto e a noite é mais longa no outro hemisfério onde está acontecendo o solstício de inverno.

A partir do solstício de verão num hemisfério, a duração do dia naquele hemisfério vai diminuindo e o da noite vai aumentando até que se igualam no **equinócio**, ocorrendo o contrário no outro hemisfério onde está acontecendo o solstício de inverno.

Os solstícios ocorrem duas vezes por ano: em junho e dezembro. O dia e hora exatos variam de um ano para outro.

3.4.2 Equinócio

É um acontecimento astronômico que marca o início da primavera em um hemisfério e de outono no outro. O equinócio ocorre duas vezes no ano, em março e em setembro. No equinócio, ambos os hemisférios da Terra se encontram igualmente iluminados pelo Sol fazendo com que o dia e a noite tenham a mesma duração.

A tabela 1 abaixo mostra o dia que ocorrem o solstício e o equinócio no ano de 2019.

Tabela 2: Dias em que ocorreram o solstício e o equinócio no ano de 2019

		HEMISFÉRIO SUL	HEMISFÉRIO NORTE
SOLSTÍCIO	DE VERÃO	22 DE DEZEMBRO	21 DE JUNHO
	DE INVERNO	21 DE JUNHO	22 DEZEMBRO
EQUINÓCIO	DE PRIMAVERA	20 DE MARÇO	23 DE SETEMBRO
	DE OUTONO	23 DE SETEMBRO	20 DE MARÇO

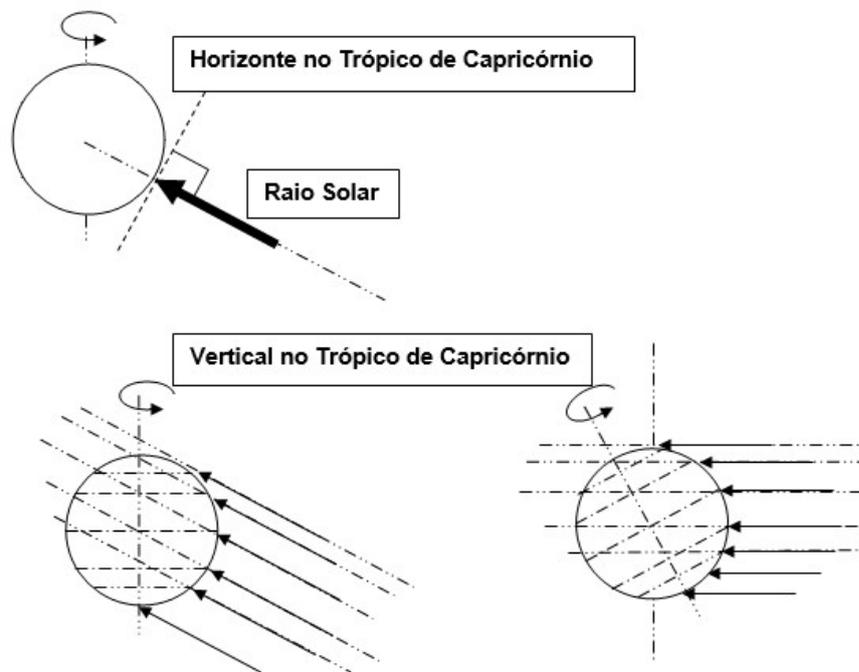
Fonte: Autor.

Observações importantes:

I) Durante os solstícios, os raios solares incidem perpendicularmente em um dos trópicos.

II) Em dezembro, no solstício de verão no HS e de inverno no HN, os raios solares incidem perpendicularmente no Trópico de Capricórnio.

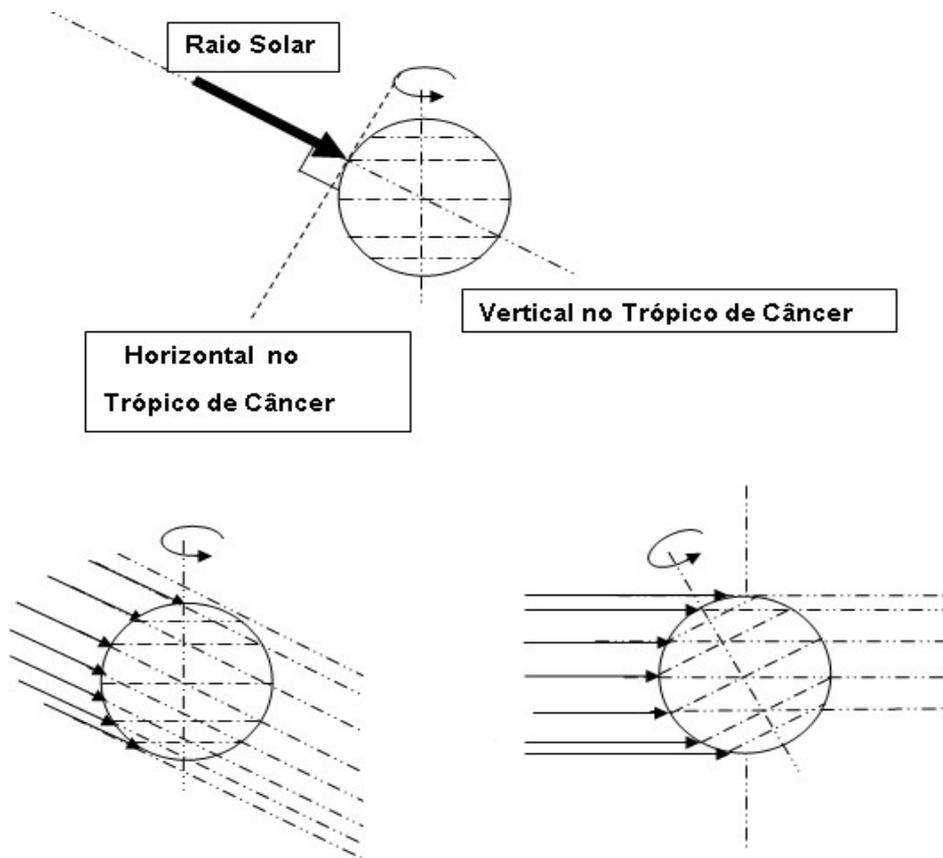
Figura 13: Raios luminosos incidindo sobre a Terra no solstício de verão no hemisfério Sul



Fonte: Autor

III) Em junho, no solstício de verão no HN e de inverno no HS, os raios solares incidem perpendicularmente no trópico de câncer.

Figura 14: Raios luminosos incidindo sobre a Terra no solstício de verão no hemisfério norte e de inverno no hemisfério Sul

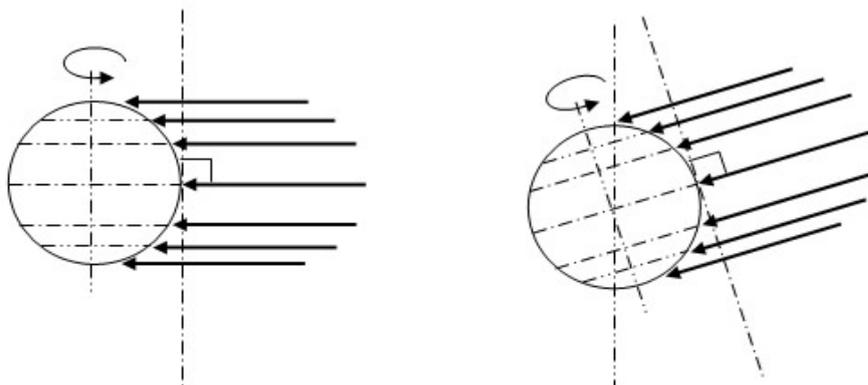


Fonte: Autor

IV) Nos equinócios, os raios solares incidem perpendicularmente sobre a linha do equador.

Figura 15: Raios luminosos incidindo sobre a Terra no equinócio de primavera no hemisfério Sul de equinócio de outono no hemisfério Norte

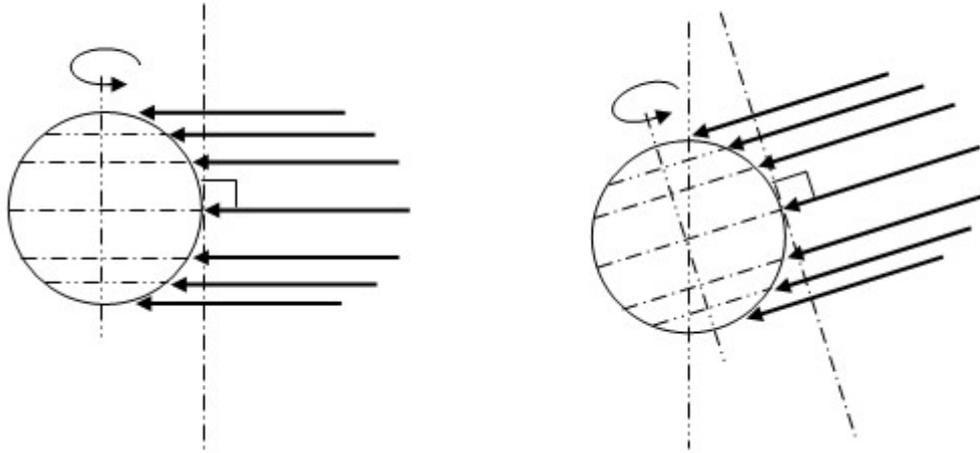
Equinócio de Março



Fonte: Autor

Figura 16: Raios luminosos incidindo sobre a Terra no equinócio de primavera no hemisfério norte e de equinócio de outono no hemisfério Sul

Equinócio de Setembro



Fonte: Autor

Por isso, durante os equinócios, os dois hemisférios são igualmente e iluminados e temos dias e noites com a mesma duração.

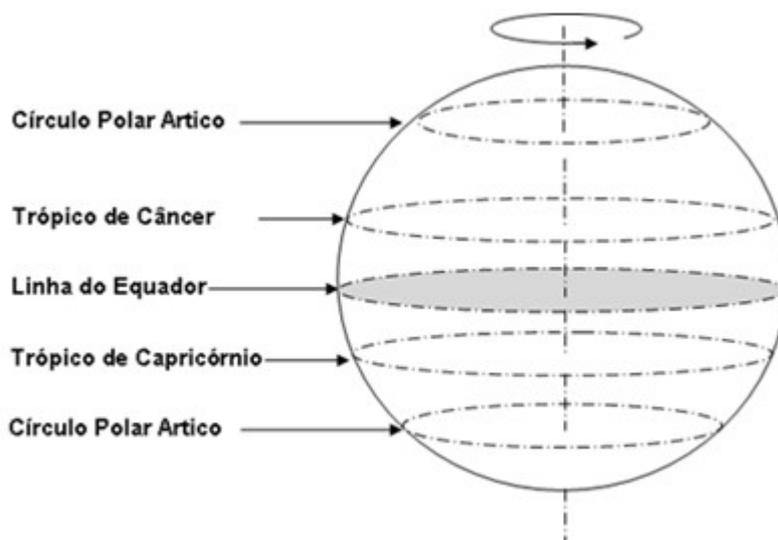
3.5 Coordenadas Geográficas

As coordenadas geográficas são utilizadas na localização de um ponto qualquer da superfície da Terra. São elas: Latitude e Longitude. Mas, para entendermos as coordenadas geográficas, é necessário sabermos o que vem a ser: **Paralelos e Meridianos.**

3.5.1 Paralelos

Os paralelos são círculos imaginários dispostos sobre o eixo do globo terrestre na direção horizontal, isto é, na direção perpendicular ao eixo de rotação da Terra. Vejamos, agora, os principais Paralelos:

Figura 17: Mostra os principais paralelos do globo terrestre



Fonte: Autor

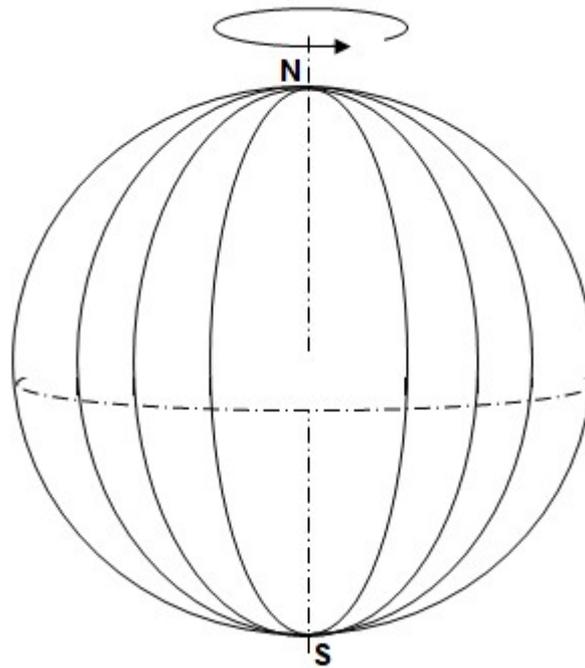
A origem do nome dos trópicos data de cerca de 200 a.C. Nessa época, os astrônomos perceberam que o fenômeno dos solstícios no Hemisfério Sul acontecia quando o sol estava posicionado sobre a constelação de Capricórnio e que, no Hemisfério Norte, ele estava posicionado na constelação de Câncer, dando origem às linhas imaginárias que demarcam esse fenômeno na Terra.

Além de marcar o limite de inclinação dos raios solares, os trópicos também possuem outras funções. A primeira delas é a localização geográfica, de forma que essas linhas permitem-nos conhecer as chamadas regiões intertropicais, ou seja, aquelas localidades que se situam entre os dois trópicos. Outra função é auxiliar na compreensão sobre a dinâmica climática. Isso porque os trópicos, a Linha do Equador e o Círculo Polar Ártico e antártico servem para dividir as faixas climáticas ou zonas térmicas, que são um dos principais fatores que determinam o clima das diferentes regiões da Terra. A linha do equador divide o planeta Terra em dois hemisférios: **Norte** e **Sul**.

3.5.2 Meridianos

Os Meridianos são semicírculos imaginários que interceptam os polos geográficos Norte e Sul e são perpendiculares ao globo terrestre:

Figura 18: Mostra alguns meridianos do globo terrestre



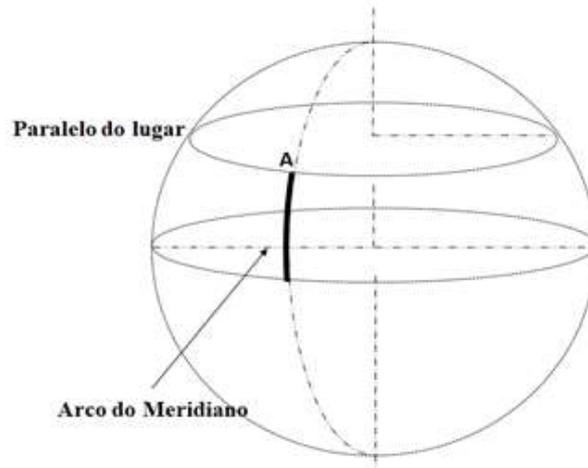
Fonte: Autor

O Meridiano de Greenwich é, por convenção, tomado como referência, tem longitude (0°) e divide o globo terrestre em dois hemisférios: oriental (Leste) e ocidental (Oeste).

3.5.3 Latitude

A Latitude é o arco do meridiano de Greenwich, medido em graus, compreendido entre a linha do equador e o paralelo do lugar. Conta-se de 0° a 90° para o Norte ou para o Sul do Equador. A Latitude deve ser sempre designada Norte (N) ou Sul (S), conforme o lugar esteja, respectivamente, ao Norte ou ao Sul do Equador. Por exemplo, a Latitude do ponto "A" deve ser designada por "N", pois o mesmo está ao Norte do Equador.

Figura 19: Mostra a latitude do ponto A e de todos os pontos do paralelo do lugar



Fonte: Autor.

O ponto A, assim como todos os pontos do paralelo do lugar, encontra-se numa mesma latitude que corresponderá ao ângulo (θ).

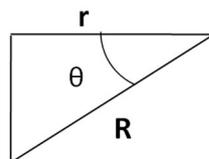
Figura 20: Mostra o Paralelo do lugar



Fonte: Autor

Desse modo, dizemos que o ponto A se encontra numa latitude de θ graus nortes.

Figura 21: Mostra a latitude do ponto A e de todos os pontos do paralelo do lugar



$$\cos\theta = \frac{r}{R}$$

$$\theta = \text{Arc cos}\left(\frac{r}{R}\right)$$

Fonte: Autor.

3.5.4 Longitude

É o arco ao longo da linha do Equador compreendido entre o Meridiano de Greenwich o Meridiano do Lugar. Conta-se de 0° a 180° , para Leste ou para Oeste de Greenwich. A Longitude deve ser sempre designada Leste (E) ou Oeste (W), conforme o lugar esteja, respectivamente, a Leste ou a Oeste do meridiano de Greenwich. Na figura, a longitude do ponto "A" deve ser designada "W", pois o mesmo está a Oeste do meridiano de Greenwich.

Figura 22: Mostra a longitude do meridiano do lugar



Fonte: Autor.

Fique atento:

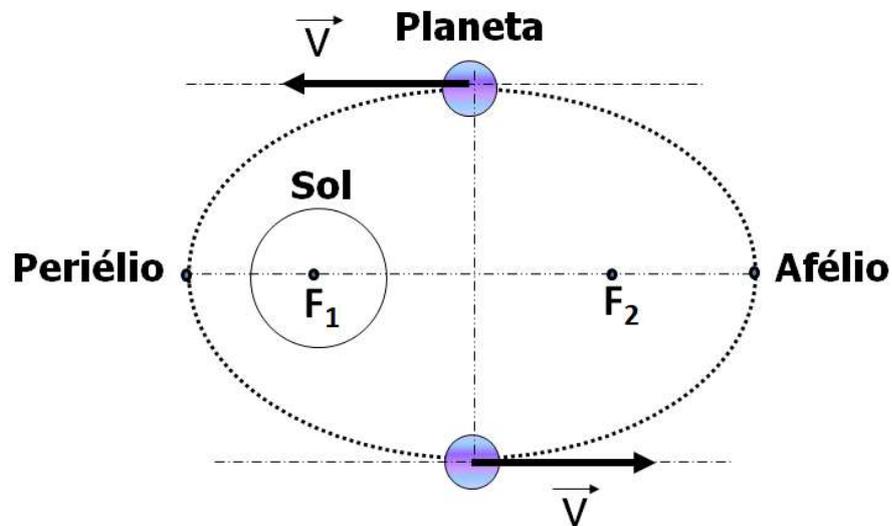
Quando nos deslocamos ao longo de um paralelo, estaremos caminhando sobre uma mesma latitude, mas, por longitudes diferentes. Por outro lado, quando nos deslocamos sobre um mesmo meridiano, estaremos caminhando sobre uma mesma longitude, mas por latitudes diferentes.

3.6 As Leis de Kepler

As Leis de Kepler regem os movimentos dos planetas e de exoplanetas em torno de sua estrela ou de satélites em torno de um planeta. Vejamos, então, as três Leis de Kepler:

1ª Lei ou Lei das Órbitas: Os planetas descrevem órbitas elípticas, com o Sol num dos focos.

Figura 23: Órbita de um planeta em torno do Sol



Fonte: Autor.

PERIÉLIO: Posição do planeta mais próximo ao Sol

AFÉLIO: Posição do planeta mais distante do Sol

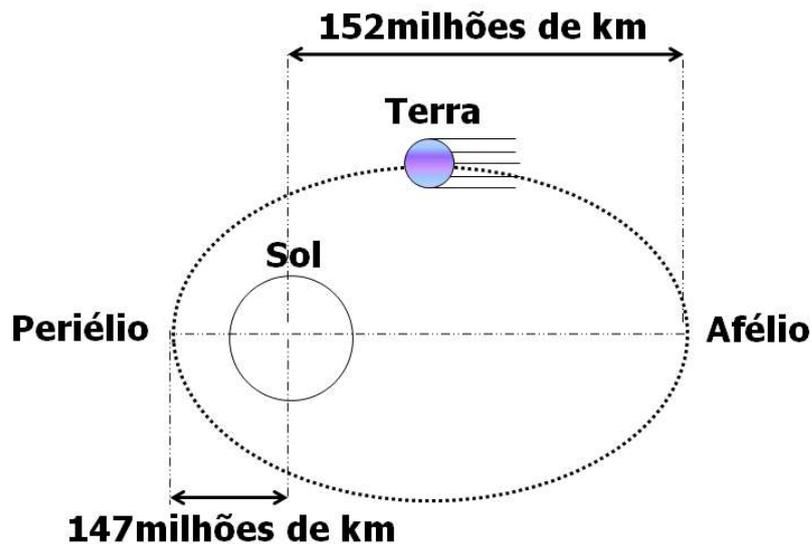
Fique atento:

- A excentricidade exagerada da elipse é apenas para facilitar a visualização, mas, como já foi dito anteriormente, as órbitas dos planetas são quase circulares.
- Quando o planeta Terra passa pelo periélio (início de janeiro), é verão no hemisfério Sul e inverno no hemisfério Norte. Portanto, cuidado para não dizer que, ao passar pelo periélio, o globo terrestre estaria todo mais aquecido. Na verdade, apenas o hemisfério Sul, onde o Brasil está localizado, é que se torna mais aquecido. Do mesmo modo, quando o planeta Terra passa pelo afélio (início de julho), é verão no hemisfério Norte e inverno no hemisfério Sul. Portanto, cuidado para não dizer que ao passar pelo afélio, o globo terrestre estará mais frio, pois, na verdade, apenas o hemisfério Sul, onde o Brasil está localizado é que fica mais frio.
- Entretanto, vale a pena salientar que a primeira lei de Kepler não tem nada a ver com as estações do ano.

Unidade Astronômica (UA)

É a distância entre a Terra e Sol, que é aproximadamente 150 milhões de quilômetros.

Figura 24: Mostra as distâncias do centro do Sol ao periélio e ao afélio da Terra



Fonte: Autor.

Figura 25: Mostra o valor de uma Unidade Astronômica (UA)

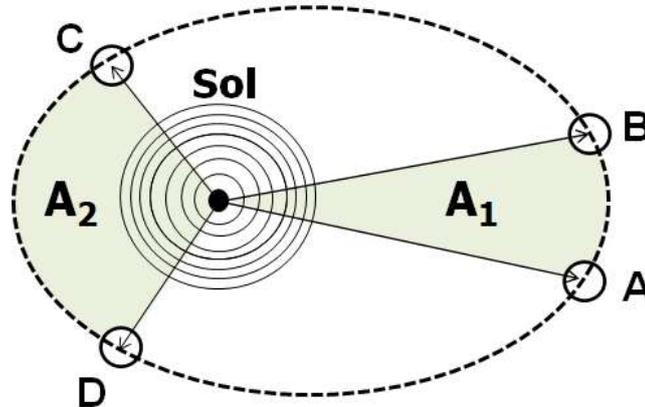
$$1\text{UA} \cong \frac{147 + 152}{2} \cong 150\text{milhões de km}$$

UNIDADE ASTRONÔMICA (UA)

Fonte: Autor.

2ª Lei ou Lei das Áreas: “A área varrida pelo segmento imaginário que liga os centros do Sol e de um planeta é proporcional ao tempo gasto”.

Figura 26: Áreas varridas pelo segmento imaginário que liga os centros do Sol e de um planeta



Fonte: Autor.

Figura 27: Constante de proporcionalidade entre a área varrida e o intervalo de tempo

$$\frac{\text{Área Varrida}}{\text{Intervalo de tempo}} = \text{constante}$$

Fonte: Autor.

Essa constante de proporcionalidade é denominada de velocidade areolar do planeta. A segunda lei de Kepler também pode ser enunciada da seguinte maneira: O segmento imaginário que liga os centros do Sol e de um planeta varre áreas iguais em tempos iguais:

Figura 28: Áreas varridas em intervalos de tempos iguais

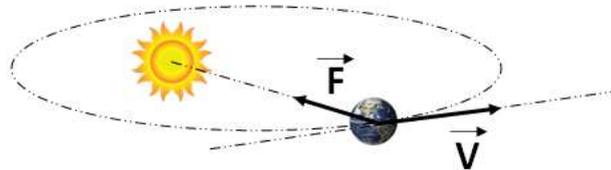
$$\text{Como } \frac{\text{Área}}{\Delta t} = \text{cte} \Rightarrow \frac{A_1}{\Delta t_{AB}} = \frac{A_2}{\Delta t_{CD}}$$

$$\boxed{\text{Se } A_1 = A_2 \Rightarrow \Delta t_{AB} = \Delta t_{CD}}$$

Fonte: Autor.

Consequência da Conservação do Momento Angular:

Figura 29: Mostra a força central que o Sol exerce sobre um planeta

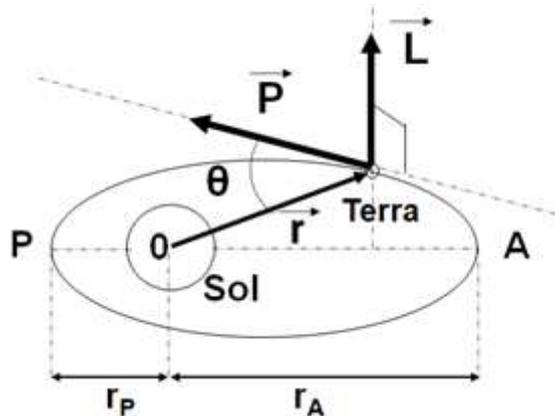


Fonte: Autor.

Como a massa do Sol (M) é muito maior que a massa da Terra (m), $M \gg m$, e a força gravitacional é uma força central, o momento angular da Terra em relação ao centro do Sol (origem do vetor posição da Terra) é constante, logo:

1. O movimento da Terra em torno do Sol sempre se encontra em um mesmo plano.
2. O módulo da velocidade da Terra em torno do Sol varia. Sendo máxima no periélio (V_P) e mínima no afélio (V_A).

Figura 30: Mostra o momento angular da Terra em relação ao centro do Sol



Fonte: Autor.

Figura 31: Relação entre os módulos da velocidade da Terra no Periélio e no Afélio

$$L = mVr\text{sen}\theta$$

$$L_{\text{periélio}} = L_{\text{afélio}}$$

$$mV_p r_p \text{sen}90^\circ = mV_a r_a \text{sen}90^\circ$$

$$\boxed{V_p r_p = V_a r_a}$$

↓ ↓ ↓ ↓
 mínimo máximo
 ↓ ↓
 máxima mínima

Fonte: Autor.

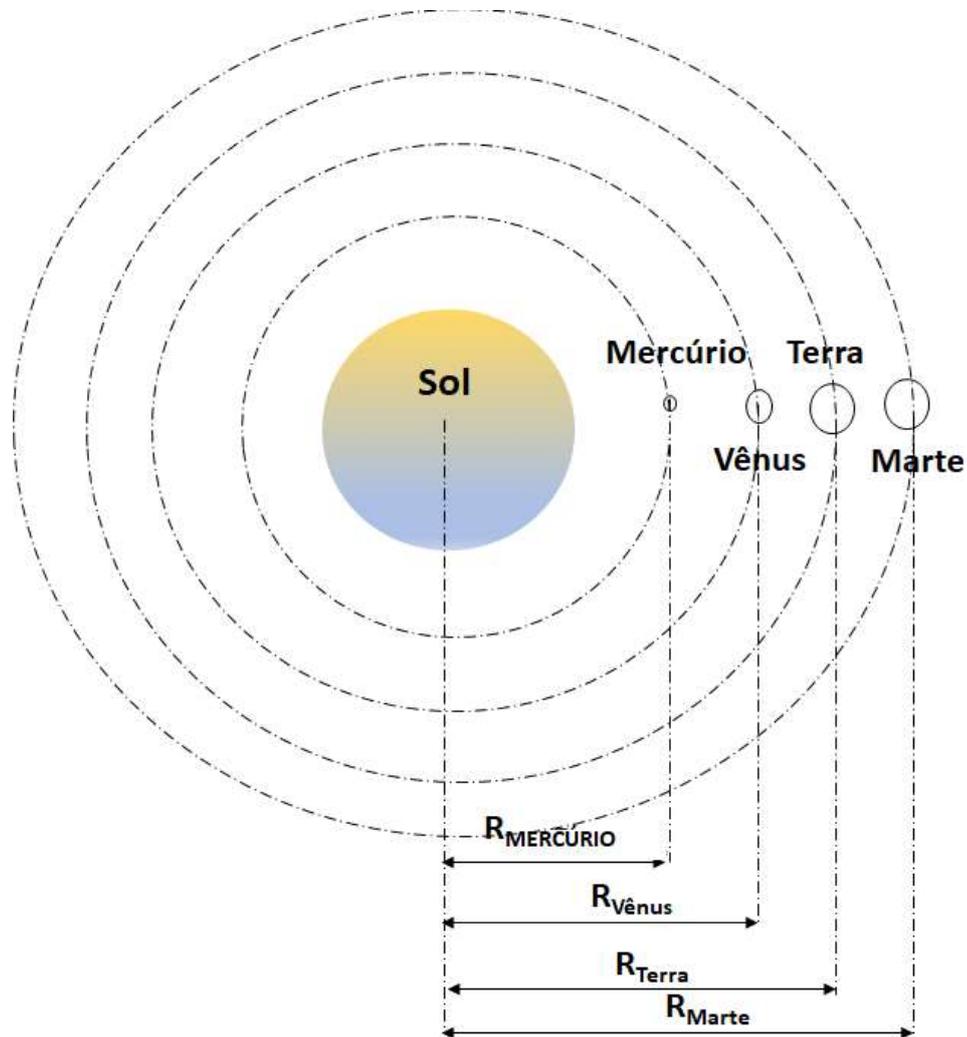
3ª Lei ou Lei dos Períodos: o quadrado do tempo (T) que os planetas levam para realizar uma volta completa em torno do Sol é proporcional ao cubo do raio médio (R) de suas órbitas.

Figura 32: Fórmula para cálculo da Lei dos Períodos

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

Fonte: Autor.

Figura 33: Mostra, fora de escala, as órbitas dos planetas Mercúrio, Vênus e Marte em torno do Sol



Fonte: Autor.

Aplicando a terceira lei de Kepler para nosso sistema solar, ficaria:

Figura 34: Terceira Lei de Kepler aplicada aos planetas do Sistema Solar

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

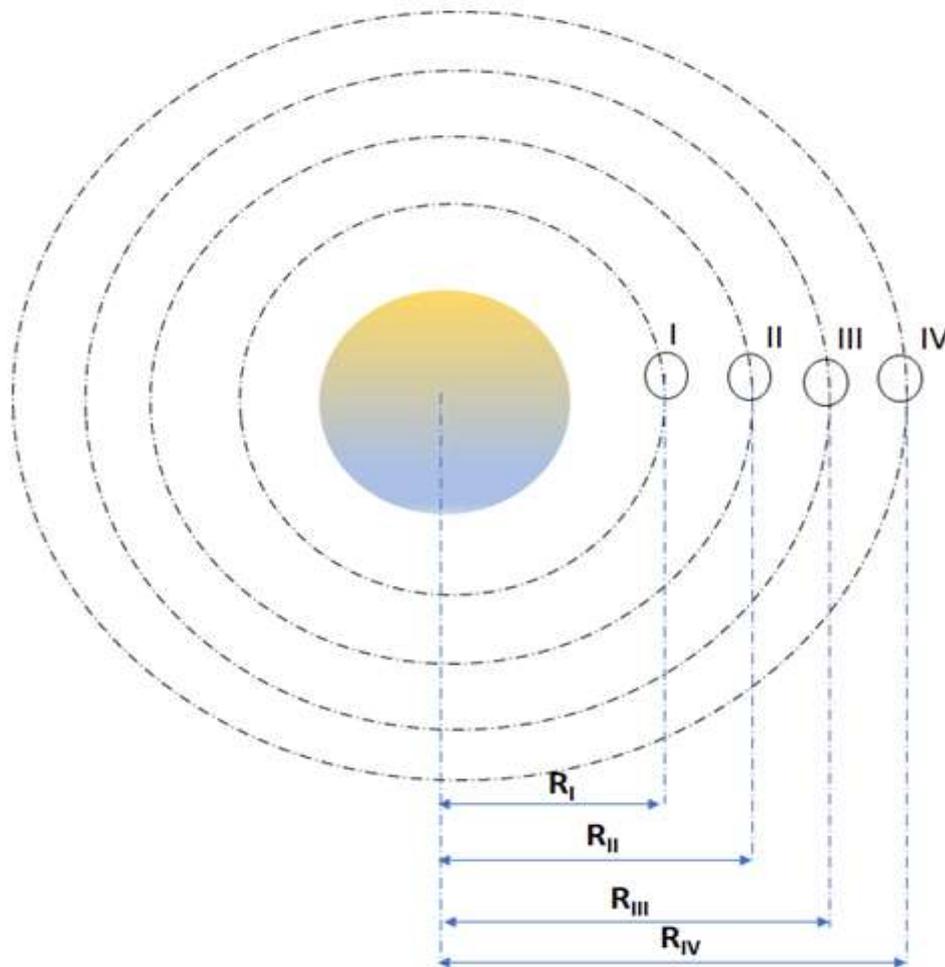
$$\frac{T_{\text{Mercúrio}}^2}{R_{\text{Mercúrio}}^3} = \frac{T_{\text{Vênus}}^2}{R_{\text{Vênus}}^3} = \frac{T_{\text{Terra}}^2}{R_{\text{Terra}}^3} = \dots = \frac{4\pi^2}{GM}$$

MASSA DO SOL

Fonte: Autor.

Mas, assim como já dissemos, também podemos aplicar a terceira Lei de Kepler para o movimento de satélites em torno de um planeta. Desse modo, suponha que quatro satélites I, II, III e IV gravitam em torno de um planeta, conforme mostra a figura a seguir:

Figura 35: Mostra as órbitas de quatro satélites em torno de um planeta



Fonte: Autor.

Aplicando a terceira Lei de Kepler para o movimento desses satélites, ficaria:

Figura 36: Terceira Lei de Kepler aplicada aos satélites

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

$$\frac{T_I^2}{R_I^3} = \frac{T_{II}^2}{R_{II}^3} = \frac{T_{III}^2}{R_{III}^3} = \dots = \frac{4\pi^2}{GM}$$

MASSA DO PLANETA

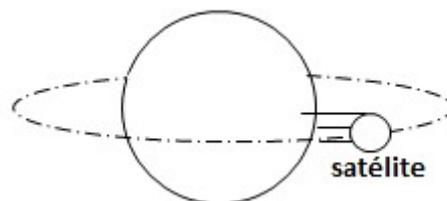
Fonte: Autor.

Caso, esse planeta fosse Júpiter, M, seria a massa de Júpiter. Caso esse planeta fosse a Terra, M, seria a massa da Terra, e assim por diante.

3.7 Satélites

Satélites são objetos artificiais ou naturais que orbitam em torno de uma massa central, como um planeta, por exemplo:

Figura 37: Mostra um satélite gravitando em torno de uma massa central. Podendo ser a Lua (satélite natural) girando em torno da Terra (massa central)



Fonte: Autor.

Os satélites naturais são corpos celestes que orbitam em torno de um planeta, como a Lua que gira em torno da Terra. Quanto ao sistema solar, sabe-se, até o momento, que o número de satélites naturais é igual a 162 (Terra-1, Marte-2, Júpiter 63, Saturno -56, Urano-27, Netuno 13). Apenas dois planetas do Sistema Solar não possuem satélites naturais. São eles: Vênus e Mercúrio.

Os satélites artificiais são objetos feitos pelo homem e colocados em órbita em torno de um planeta ou de outro corpo celeste qualquer que, dependendo de sua missão, a sua órbita pode ter uma forma: inclinada, equatorial ou polar.

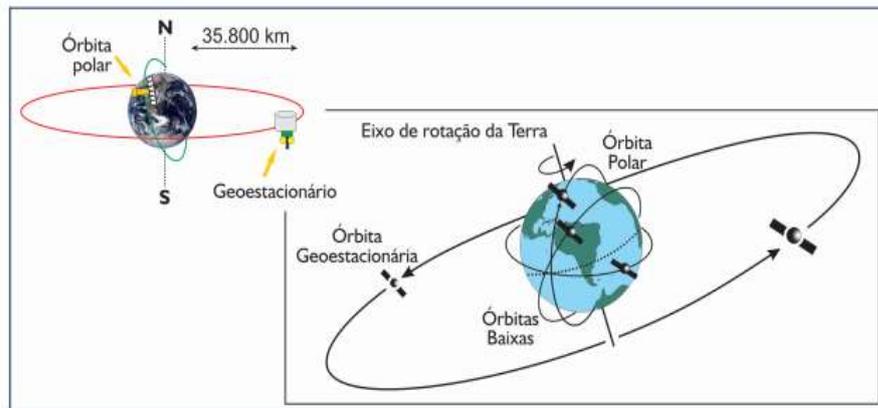
As órbitas sofrem alterações ao longo do tempo, pois outras forças atuam sobre o satélite. Dentre elas, destacam-se as atrações gravitacionais do Sol e da Lua, além dos efeitos da pressão de radiação solar e do arrasto atmosférico. São efeitos pequenos, mas que, somados ao longo do tempo, causam alterações no movimento orbital. Por isso, os satélites precisam ser equipados com dispositivos para corrigir sua órbita, que têm a forma de pequenos motores foguete.

A altitude baixa ou alta é definida em função da missão do satélite. Por exemplo, um satélite de comunicação como os que são utilizados para transmissão de TV e de banda larga precisa ser posicionado a grande altitude. É necessário notar que quanto mais alto estiver, mais longa será a trajetória do satélite em torno da Terra. Quanto maior for a altitude, maior será também o tempo para dar uma volta ao redor da Terra. Existe uma altitude na qual o período orbital do satélite é de exatamente 24 horas. Essa órbita está a 35804 km de altitude e é chamada de geoestacionária. Como, nessa altitude, o período orbital e de rotação da Terra são os mesmos, o satélite estará sempre na mesma posição em relação à Terra. Essas órbitas são apropriadas para satélites de comunicação, pois podemos manter uma antena sempre apontada para uma mesma região da Terra onde se encontra a antena receptora.

Órbitas mais baixas são apropriadas para satélites de exploração científica, de engenharia e de observação da Terra. As órbitas podem ainda ser do tipo equatorial, inclinadas entre o equador e os polos, ou polares. De fato, as órbitas polares são órbitas inclinadas de aproximadamente 90 graus em relação ao equador. O tipo de órbita, não apenas em altitude, mas também em inclinação, depende da missão do satélite. A Figura 38 apresenta os tipos de órbita mais utilizados.

Existe outro tipo de movimento do satélite que se refere ao próprio movimento em torno do seu centro de massa. Considere a Terra girando no espaço. A translação em torno do Sol é o seu movimento orbital. O movimento de rotação da Terra refere-se ao próprio movimento em torno do seu centro de massa. O movimento angular do satélite em torno do seu centro de massa define seu movimento de atitude, ou seja, como o satélite se comporta no espaço em relação ao seu centro de massa:

Figura 38: As órbitas mais utilizadas pelos satélites atuais: equatorial baixa (*Low Earth Orbit*); polar (*Polar Orbit*) e; geoestacionária (*Geostationary Orbit*)



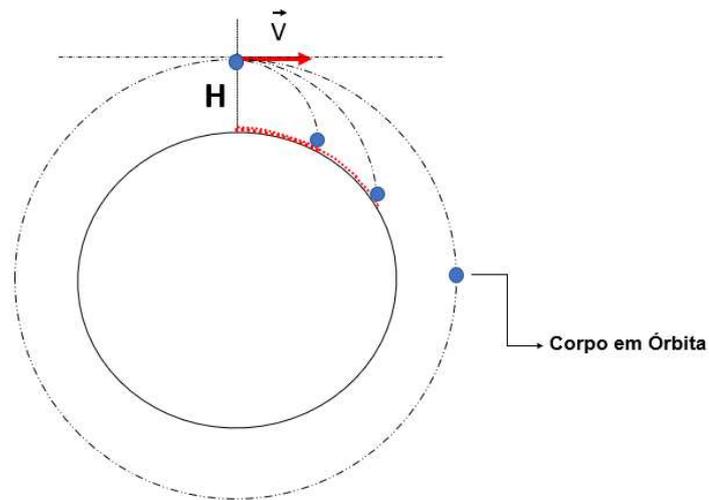
Fonte: Souza (2005).

A **atitude** de um satélite é a orientação do mesmo, tomando-se um referencial definido. O controle de atitude para satélites refere-se às técnicas que são empregadas para manter a atitude do satélite dentro de uma faixa de valores pré-definidos. A atitude precisa ser controlada para que o satélite se comporte de forma a satisfazer os requisitos da missão para a qual ele foi projetado. Por exemplo, se a missão requer uma antena apontada para a Terra, então sua atitude deve ser controlada de tal forma que a antena fique apontada para ela. Se uma face do satélite deve ficar apontada para o Sol no intuito, por exemplo, de captar energia solar, então, deve-se controlar o movimento de atitude do satélite de tal forma que aquele requisito seja satisfeito.

3.7.1 Teoria de Newton Sobre o Movimento dos Satélites

O primeiro físico a teorizar sobre a possibilidade de um corpo orbitar em torno da Terra foi Isaac Newton. Quando um corpo é lançado horizontalmente de uma determinada altura em relação à superfície da Terra, ele percorre uma distância horizontal (alcance) e, simultaneamente, cai em queda livre, claro, desprezando-se a resistência do ar. Então, Newton imaginou que para uma determinada altura H deveria existir uma velocidade horizontal de lançamento em que esse corpo ficaria em órbita em torno da Terra.

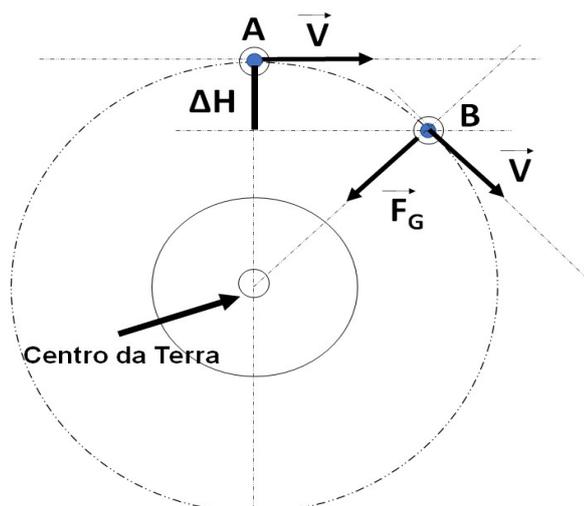
Figura 39: Lançamento horizontal de um corpo nas proximidades da Terra



Fonte: Autor.

Segundo Newton, quando o corpo está orbitando em torno da Terra, ele continua caindo em queda livre, não em direção ao centro da Terra, mas, na sua própria órbita. Isso acontece porque a força gravitacional que a Terra exerce no corpo e que garante a sua órbita está sempre voltada para o centro da Terra:

Figura 40: Corpo caindo em queda livre em sua órbita em torno da Terra

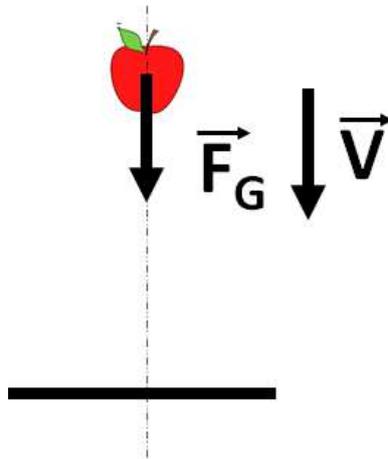


Fonte: Autor.

Assim, quando o corpo vai de A até B, ele cai em queda livre de uma altura ΔH , não em direção ao centro da Terra, mas, como já dissemos, ele cai ao longo do arco AB, isto é, longo de sua órbita.

Newton vai mais adiante e imagina que a força que garante a órbita desse corpo deve ter a mesma natureza, isto é, deve ter o mesmo motivo da força que provoca a queda de uma maçã, por exemplo. A diferença é que a força que provoca a queda da maçã altera apenas o módulo de sua velocidade, enquanto a força que garante a órbita do corpo altera apenas a direção de sua velocidade.

Figura 41: Maçã em queda livre



Fonte: Autor.

Mas, qual seria o motivo dessa força?

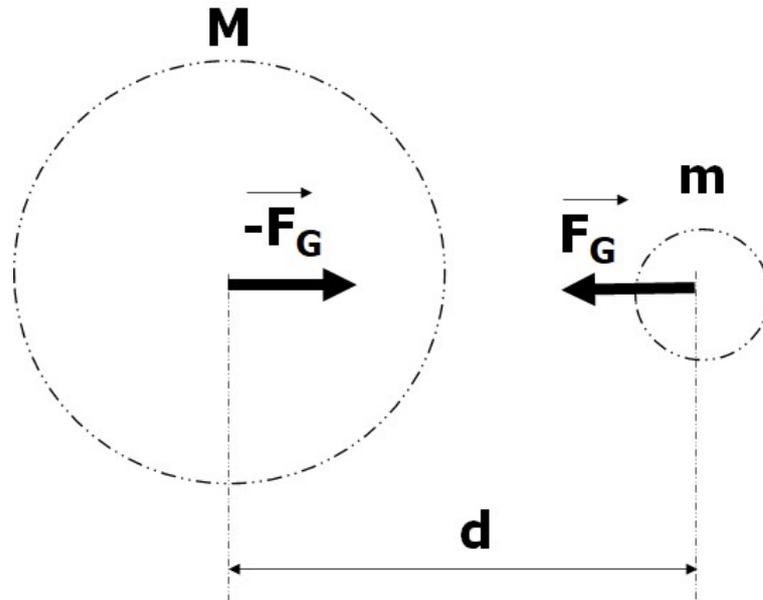
Segundo Newton, o motivo é a massa dos corpos envolvidos. A Terra atrai o corpo que orbita em torno dela porque tanto a Terra como o corpo possuem massa. Essas forças foram chamadas de **forças gravitacionais**.

E Newton foi mais longe. Ele entendeu que as forças gravitacionais não somente provocavam a queda livre de uma maçã e garantiam a órbita de um corpo em torno da Terra, como a órbita da própria Lua, por exemplo, mas também seriam essas forças as responsáveis pelas órbitas dos planetas em torno do Sol e, assim, ele chegou a sua lei da **gravitação universal**.

3.7.2 Lei da gravitação universal

Considere dois corpos de massas m e M , cujos centros de massa estão separados por uma distância d , conforme mostra a Figura 42:

Figura 42: Dois corpos se atraindo gravitacionalmente



Fonte: Autor.

Essa lei afirma que:

A intensidade da força de atração gravitacional entre dois corpos é diretamente proporcional às suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa:

Figura 43: Fórmula para cálculo da intensidade da força gravitacional

$$F = \frac{GMm}{d^2}$$

Fonte: Autor.

Isso significa dizer que a intensidade da força gravitacional será tanto maior quanto maior forem as suas massas e menor for a distância entre os corpos.

A constante de proporcionalidade que existe entre a força e as outras grandezas envolvidas foi denominada de constante da gravitação universal(G) e foi calculada pelo físico inglês Henry Cavendish, em 1792, um século depois da morte de Newton:

Figura 44: Constante da gravitação universal

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

Fonte: Autor.

Sobre a Força Gravitacional é importante destacar que:

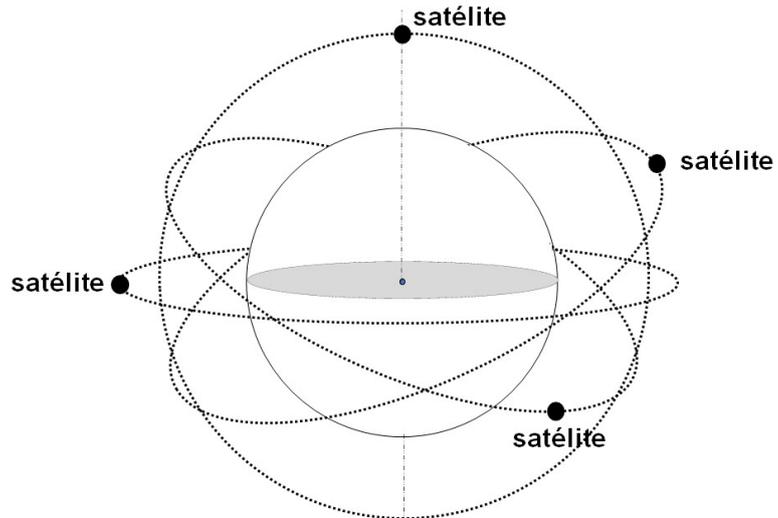
- Entre as quatro interações existentes na natureza (gravitacional, eletromagnética, nuclear fraca e nuclear forte), a gravitacional é a de menor intensidade. Para que a interação (força) gravitacional seja perceptível é necessário que um dos corpos envolvidos tenha a dimensão de um astro, como um planeta ou um satélite natural, como a Lua, por exemplo. Entretanto, enquanto a força nuclear forte (interação entre prótons e nêutrons no núcleo do átomo) é a de maior intensidade, ela só age numa região com a dimensão do núcleo de um átomo, enquanto a gravitacional atua por distâncias muito grandes, afinal de contas é ela que une planetas e satélites, estrela e planetas, galáxias e aglomerados.
- Tem a direção da reta que une os centros dos corpos envolvidos como mostra a figura acima. Essa é a direção radial. Por isso, dizemos que a força gravitacional que a Terra exerce sobre um corpo tem a direção radial do lugar onde esse corpo se encontra.

Vale salientar que a horizontal do lugar é uma perpendicular a vertical e que a direção vertical nem sempre passa pelo centro da Terra, isto é, nem sempre coincide com a direção radial. Essa coincidência só ocorre nos polos e no equador.

3.7.3 Quais são as possíveis órbitas de um satélite?

Um satélite gira em torno de seu planeta sob a ação de uma força gravitacional que desempenha o papel de força centrípeta. Por isso, o centro da órbita do satélite deve coincidir com o centro do planeta:

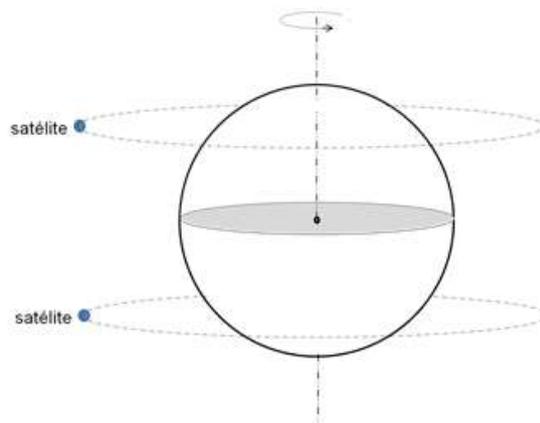
Figura 45: Mostra as possíveis órbitas de um satélite



Fonte: Autor

Desse modo, as figuras abaixo mostram duas órbitas não permitidas para um satélite, visto que, os centros de suas órbitas não coincidem com o centro do planeta.

Figura 46: Mostra algumas órbitas não permitidas de um satélite

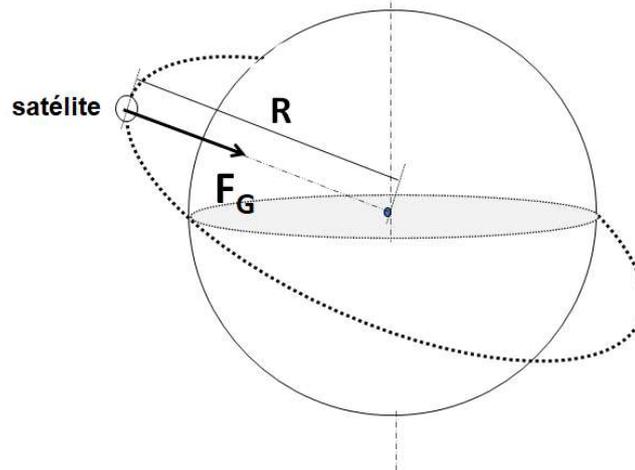


Fonte: Autor.

3.7.4 Cálculo da velocidade Orbital de Um Satélite Numa Órbita Circular

Admita que um satélite está sob a ação exclusiva do campo gravitacional do planeta, conforme mostra a figura abaixo:

Figura 47: Mostra um satélite orbitando em torno de um planeta



Fonte: Autor.

A força gravitacional que o planeta exercerá sobre ele fará o papel de força centrípeta e ele realizará um movimento circular e uniforme. Logo:

Figura 48: Velocidade orbital de um satélite em uma órbita circular

$$F_{CP} = F_{GRAV}$$

$$\frac{\cancel{m}V^2}{\cancel{R}} = \frac{GM\cancel{m}}{\cancel{R}^2}$$

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

$$V = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

Fonte: Autor.

Perceba que a velocidade orbital de um satélite independe de sua massa (m), depende apenas da massa do planeta (M) e do raio do planeta. Assim, dois ou mais

satélites artificiais terrestres que se encontrarem numa mesma órbita possuirão a mesma velocidade orbital, e, conseqüentemente, o mesmo período, independentemente de suas massas.

3.7.5 Cálculo do Período de um Satélite Numa órbita Circular

Como o movimento do satélite é circular e uniforme, podemos escrever:

$$V = \frac{2\pi R}{T}$$

Mas, como vimos anteriormente:

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

Logo:

$$\left(\frac{2\pi R}{T} \right)^2 = \frac{GM}{R}$$

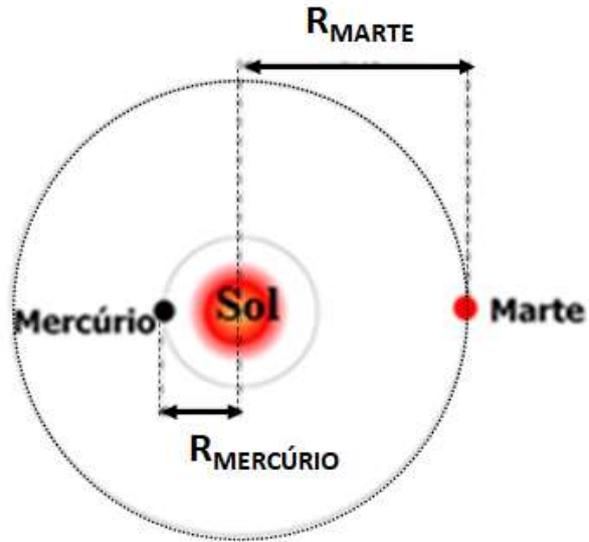
$$\frac{4\pi^2 R^2}{T^2} = \frac{GM}{R}$$

$$\frac{T^2}{4\pi^2 R^2} = \frac{R}{GM}$$

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

Perceba que essa equação corresponde à terceira Lei de Kepler e que a constante de proporcionalidade existente no quadrado do período de translação (T) do planeta e o cubo do raio médio de sua órbita (R) depende exclusivamente da massa central, isto é, no caso dos planetas, da massa da estrela em torno da qual os planetas orbitam. Assim, utilizando a terceira Lei de Kepler para Mercúrio e Marte, por exemplo, teríamos:

Figura 49: Mostra as órbitas quase circulares de mercúrio e de Marte em torno do Sol



Fonte: Autor.

Figura 50: Terceira Lei de Kepler

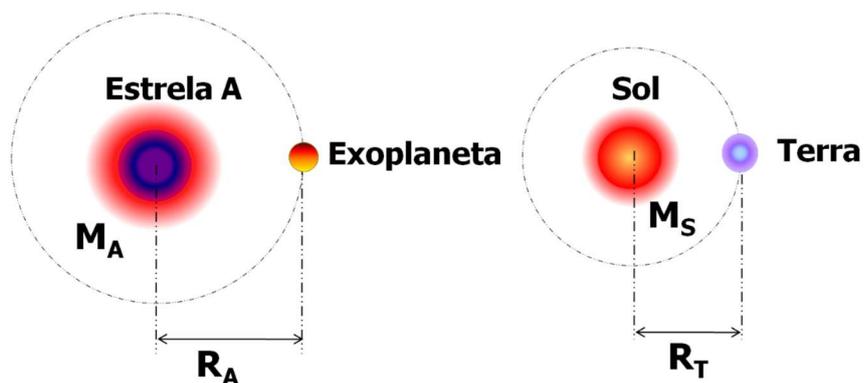
$$\frac{T_{Ma}^2}{R_{Ma}^3} = \frac{T_{Me}^2}{R_{Me}^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$$

\downarrow
 MASSA DO SOL

Fonte: Autor.

Como ficaria a terceira lei de Kepler no caso de satélites que giram em torno de planetas diferentes? Ou no caso de planetas que giram em torno de estrelas diferentes?

Figura 51: Mostra um exoplaneta e a Terra orbitando em torno de suas estrelas (A e o Sol)



Fonte: Autor.

$$\frac{MT^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{G} = \text{constante}$$

Primeiro, isolamos quem é constante, ou seja, isolamos os valores que são iguais nos dois sistemas; no caso, $4\pi^2$ e G . Logo:

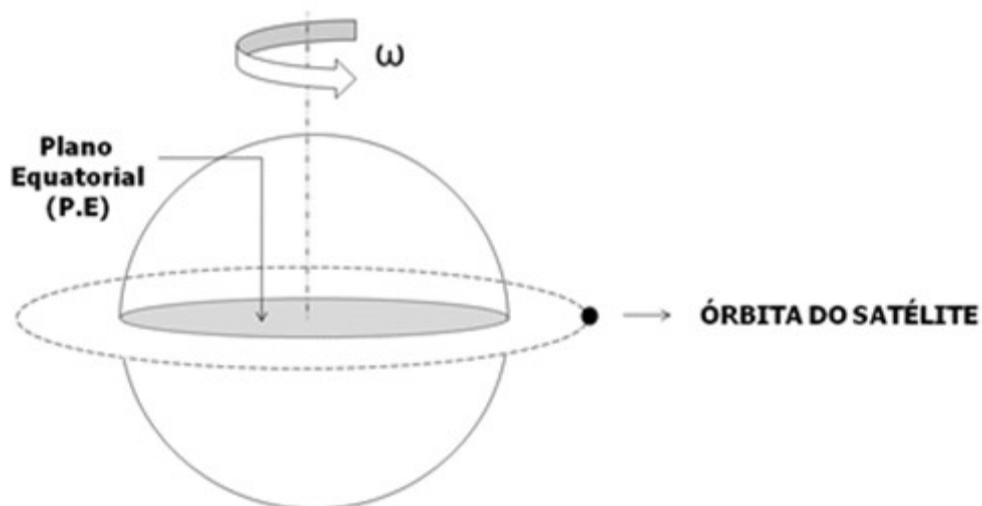
Desse modo, podemos escrever:

$$\frac{M_E T_E^2}{R_E^3} = \frac{M_T T_T^2}{R_T^3}$$

3.7.6 Satélites Geoestacionários

Os Satélites Geoestacionários giram em torno da Terra e no plano equatorial com uma velocidade angular (ω) igual a da Terra. Isso significa dizer que ele está sempre parado em relação a um observador na Terra ou relação a uma antena fixa na Terra para qual esse satélite envia sinais. Fundamentado na lei da gravitação universal, mostraremos abaixo que o raio de sua órbita é de aproximadamente 42184km em relação ao centro da Terra e de 35804km em relação ao nível do mar.

Figura 52: Mostra a órbita de um satélite geoestacionário em torno da Terra

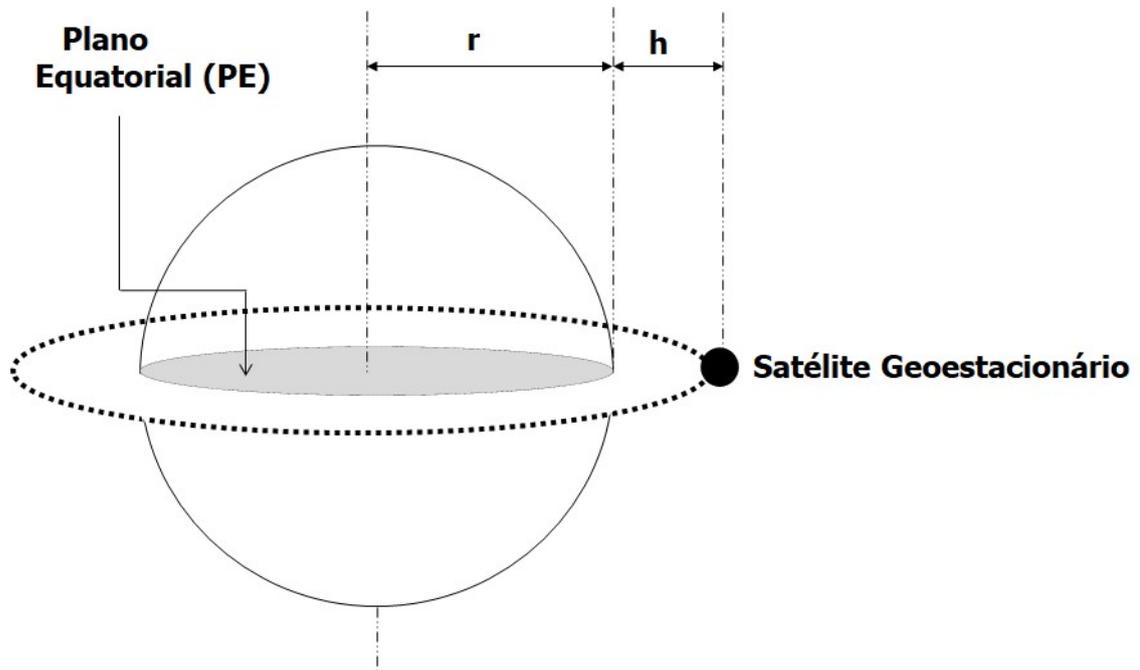


Fonte: Autor.

3.7.6.1 Cálculo do raio da órbita de um satélite geoestacionário

A figura abaixo mostra a órbita (fora de escala) de um satélite geoestacionário.

Figura 53: Mostra a órbita de um satélite geoestacionário



Fonte: Autor.

Para o cálculo do raio da órbita de um satélite geoestacionário são dadas as seguintes informações:

Onde:

$r = 6380\text{km}$ é o raio da Terra

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{N.m}^2/\text{kg}^2$ é a constante de gravitação Universal

$M = 5,98 \cdot 10^{24} \text{kg}$ é a massa da Terra

h é a altitude da órbita

R é o raio da órbita

$T = 24 \text{ horas} = 86400\text{s}$ é o período de translação do satélite

Assim, utilizando a terceira lei de Kepler, obtemos:

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

$$R^3 = \frac{GMT^2}{4\pi^2}$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$$

Substituindo os valores, encontramos:

$$R = \sqrt[3]{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \cdot 86.400^2}{4 \cdot 3,14^2}}$$

$$R = 42184\text{km}$$

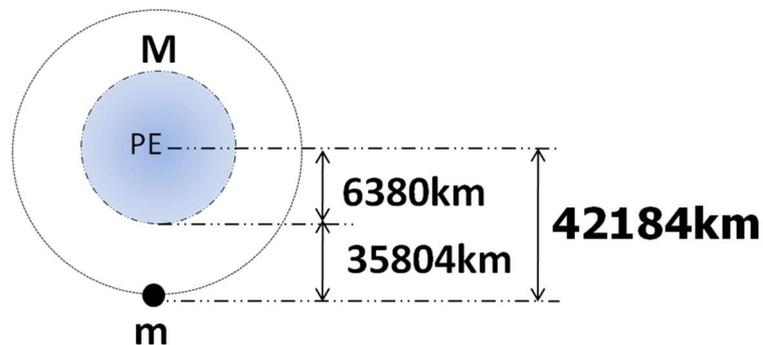
Como $r + h = 42.184$, obtém-se:

$$6380 + h = 42.184$$

$$h = 42.184 - 6380$$

$$h = 35804\text{km}$$

Figura 54: Altitude do Satélite Geoestacionário



Fonte: Autor.

Esses satélites são utilizados em telecomunicações.

3.8 Campo gravitacional

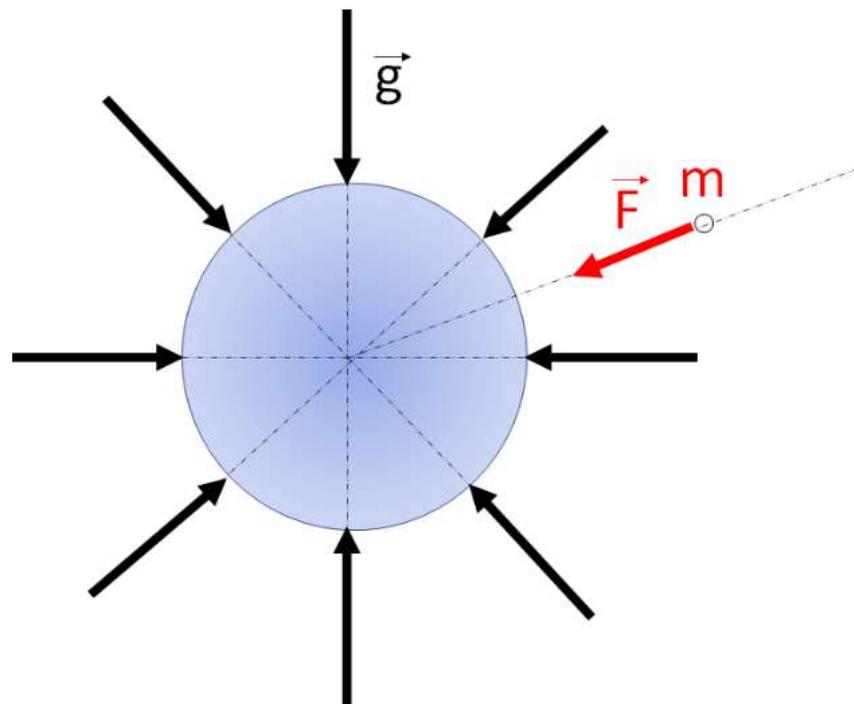
Como a mecânica clássica explica a força que um corpo exerce sobre outro mesmo à distância? Por exemplo, como se explica a força que um planeta exerce sobre um satélite em órbita em torno dele, do ponto de vista da física clássica?

A ideia é que a massa desse planeta lhe atribui a capacidade de alterar as propriedades do espaço que a envolve gerando uma região de influência, denominada de campo gravitacional, onde qualquer outra massa ali colocada sofrerá a ação de uma força gravitacional exercida não pela massa do planeta, mas, pelo campo gravitacional gerado por ela.

Desse modo, não é a Terra que puxa Lua, ou seja, que exerce sobre ela uma força de atração gravitacional, e sim o campo gravitacional que ela estabelece em torno de si.

Vale salientar que o campo gravitacional tem um caráter vetorial e, por isso, associa-se um vetor a cada um de seus pontos denominado de vetor campo gravitacional (\vec{g}). Esse vetor pode ser definido num ponto pela razão entre a força gravitacional, que atuará sobre um corpo colocado nesse ponto e a massa desse corpo.

Figura 55: Campo gravitacional de um astro



Fonte: Autor.

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}_G}{m} \rightarrow \left. \begin{array}{l} \vec{F}_G = m\vec{g} \quad (1) \\ \vec{F}_G = m\vec{a} \quad (2) \end{array} \right\} \vec{a} = \vec{g}$$

Perceba aqui uma situação muito sutil, quando o corpo é colocado no ponto do campo gravitacional, **g** é a causa de **F_G**. Mas, sob a ação de **F_G**, o corpo adquire uma aceleração **a** denominada de aceleração da gravidade, que é igual a **g**. Neste caso, **F_G** é a causa de **g**. Essa situação paradoxal ocorre por conta dos dois papéis que a massa de um corpo desempenha: inercial e gravitacional.

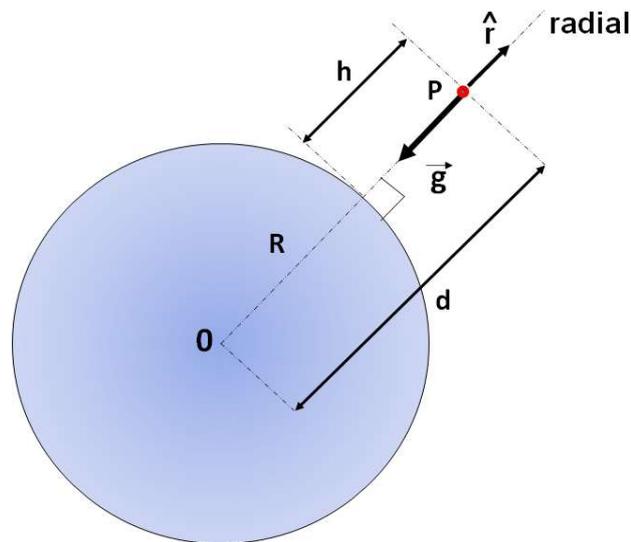
A massa tanto mede a inércia de um corpo como é o motivo de uma atração gravitacional entre dois corpos. Por isso, dizemos que a massa assume dois papéis: inercial e gravitacional. Por exemplo, quando tentamos empurrar ou parar uma caixa percebemos a sua massa inercial através da resistência que ela oferecerá a alteração em seu estado de repouso ou de movimento, mas, quando tentamos levá-la, estamos lutando contra o seu peso e, neste caso, percebemos a sua massa gravitacional. Assim, apenas reforçando o que já foi dito anteriormente, a massa de um corpo é uma só. Ela apenas desempenha dois papéis diferentes. Por isso, independentemente, do papel que estiver desempenhando, ela tem o mesmo valor, isto é, tanto a massa inercial como a massa gravitacional de um corpo têm o mesmo valor. Na verdade, uma é proporcional à outra, mas a constante de proporcionalidade entre elas é tão pequena, cerca de 1/40, que podemos considerá-las iguais.

Então, a massa do corpo que aparece na equação 1 é a gravitacional. Ela sente a força gravitacional que o campo gravitacional gerado pela massa da Terra exerce sobre o corpo, enquanto que a massa do mesmo corpo que aparece na equação 2 é a inercial. Ela resiste à alteração na velocidade que esse corpo vai sofrer devido à ação da força gravitacional e, como ambas têm o mesmo valor, a aceleração que o corpo vai adquirir (aceleração da gravidade) tem as mesmas características do vetor campo gravitacional (**g**).

3.8.1 Variação do campo gravitacional terrestre devido à altitude

Considere um ponto P situado a uma distância r do centro da Terra, admitindo-a uma esfera homogênea de massa M e raio R e, além disso, vamos aqui ignorar a sua rotação:

Figura 56: Variação do campo gravitacional com a altitude



Fonte: Autor.

Colocando-se um corpo de massa m ($m \ll M$) nesse ponto P, ele ficará sob a ação de uma força gravitacional, dada por:

$$\vec{F}_G = - \frac{GMm\hat{r}}{r^2}$$

$$\vec{F}_G = m \left(- \frac{GM}{r^2} \right) \hat{r}$$

Como $\vec{F}_G = m\vec{g}$, obtemos:

$$\vec{g} = - \frac{GM}{r^2} \hat{r}$$

Portanto, como $r = R + h$, onde h é a altitude do ponto P, temos que:

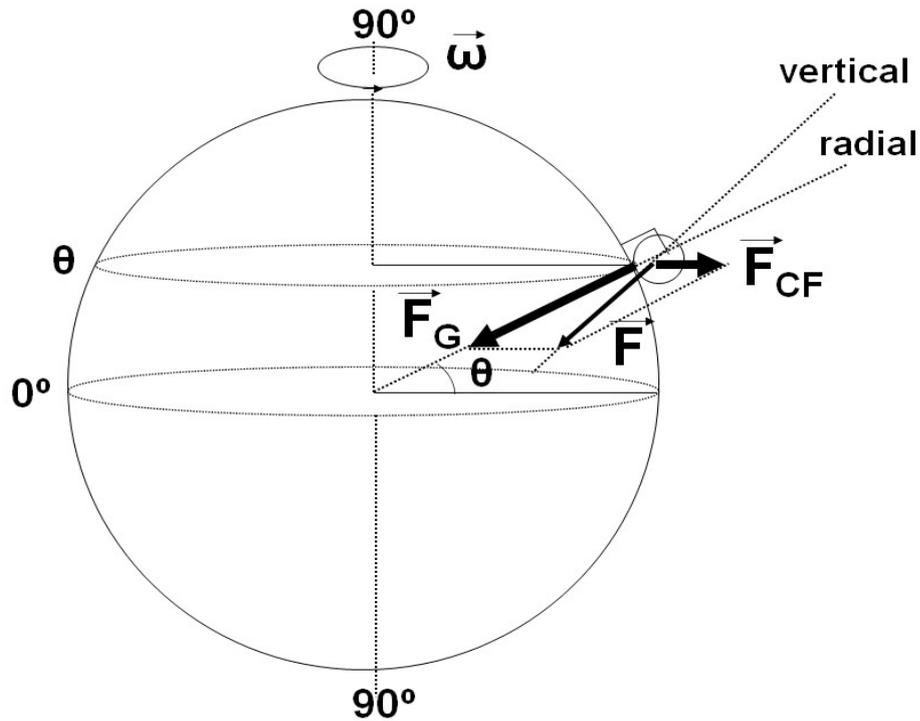
$$g = \frac{GM}{(R+h)^2}$$

Portanto, quanto maior for a altitude (h), menor será o módulo do vetor campo gravitacional e, conseqüentemente, da aceleração da gravidade que um corpo adquire nesse campo gravitacional.

3.8.2 Variação do campo gravitacional terrestre devido a sua rotação

Considere um corpo de massa m que se encontra num ponto próximo à superfície da Terra situado em um paralelo de latitude θ , conforme mostra a figura a seguir:

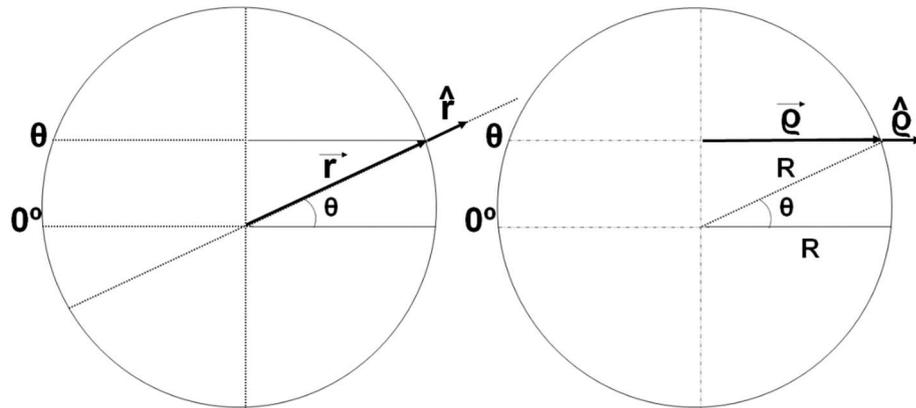
Figura 57: Variação do campo gravitacional terrestre devido à rotação da Terra



Fonte: Autor.

Para um observador na Terra, devido à sua rotação, além da força gravitacional (\vec{F}_G), o corpo está submetido à ação de uma força de inércia, fugindo do eixo de rotação denominada de força centrífuga (\vec{F}_{CF}). Isso faz com que a força resultante (\vec{F}) sobre ele não aponte para o centro da Terra:

$$\vec{F} = \vec{F}_G + \vec{F}_{CF}$$

Figura 58: Vetores unitários \hat{r} e $\hat{\rho}$ 

Fonte: Autor.

Sendo:

- M a massa da Terra;
- m a massa do corpo;
- r = R= raio da Terra;
- $\rho=R\cos\theta$;
- F_G o módulo da força gravitacional que a Terra exerce no corpo;
- F_{CF} o módulo da força centrífuga;
- a_{CF} o módulo da aceleração centrífuga;
- F o módulo da força resultante.

Podemos escrever então:

$$\vec{F} = \vec{F}_G + \vec{F}_{CF}$$

$$\vec{F} = m\vec{g}$$

$$\vec{F}_G = -\frac{GMm\hat{r}}{R^2}$$

$$\vec{F}_G = m\left(-\frac{GM}{R^2}\right)\hat{r}$$

$$\vec{F}_G = m\vec{g}_0$$

$$\boxed{F_G = mg_0}$$

$$\vec{F}_{CF} = ma_{CF} \hat{\rho}$$

$$\vec{F}_{CF} = m\omega^2 \rho \hat{\rho}$$

$$\vec{F}_{CF} = m\omega^2 R\cos\theta \hat{\rho}$$

$$F_{CF} = m\omega^2 R\cos\theta$$

Logo:

$$\vec{F} = \vec{F}_G + \vec{F}_{CF}$$

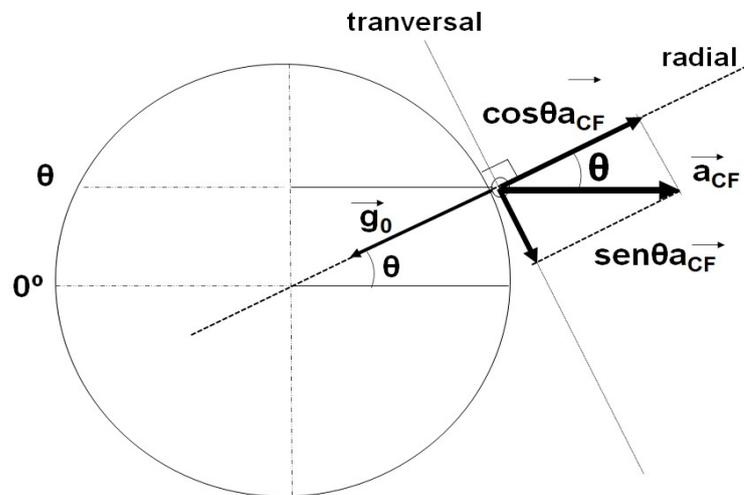
$$m\vec{g} = m\vec{g}_0 + m\omega^2 R \cos\theta \hat{Q}$$

$$\vec{g} = \vec{g}_0 + \omega^2 R \cos\theta \hat{Q}$$

3.8.2.1 Componentes Radial e Transversal de g

COMPONENTE RADIAL

Figura 59: Componentes tangencial e radial do campo gravitacional da Terra



Fonte: Autor.

$$g_r = g_0 - \cos\theta a_{CF}$$

$$g_r = g_0 - \cos\theta \cdot \omega^2 R \cos\theta$$

$$g_r = g_0 - \omega^2 R (\cos\theta)^2$$

Nos pólos ($\theta=90^\circ$)

$$g_r = g_0 - \omega^2 R (\cos 90^\circ)^2$$

$$g_r = g_0 - \omega^2 R \cdot 0^2$$

$$g_r = g_0 = \frac{GM}{R^2}$$

Na linha do equador ($\theta=0^\circ$)

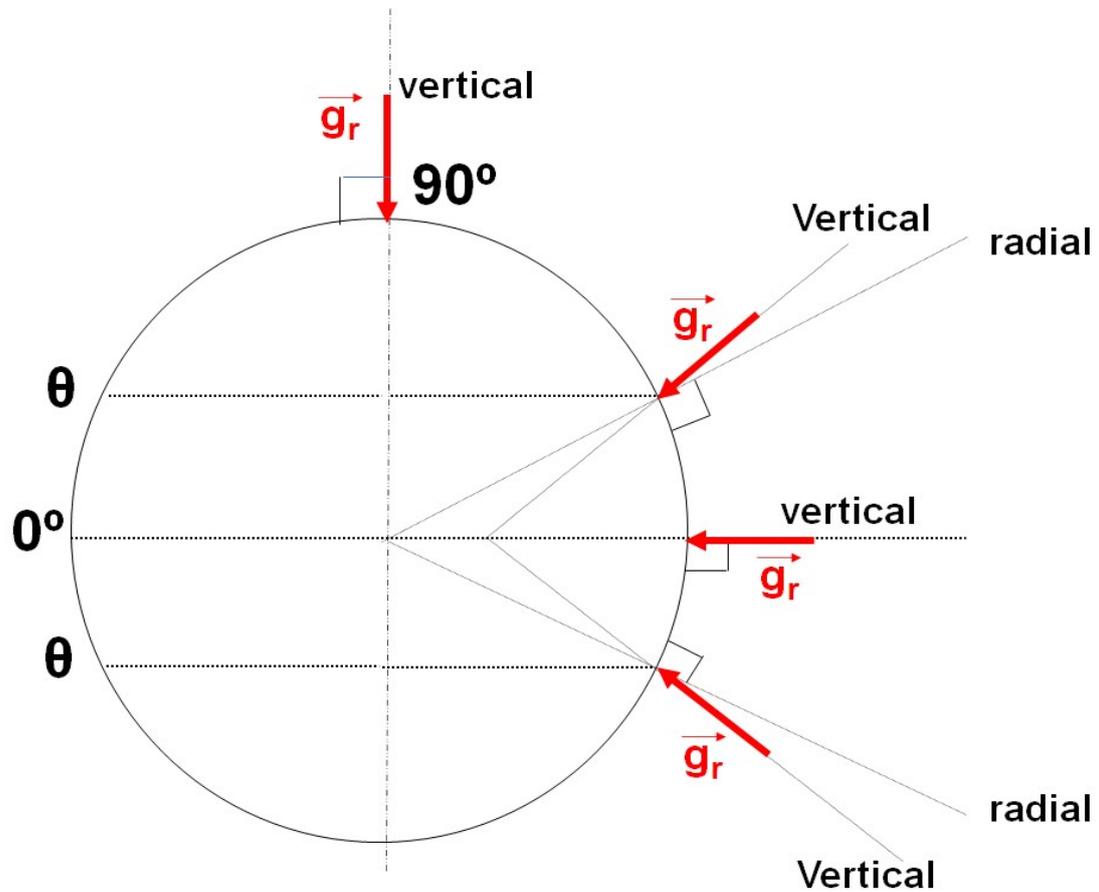
$$g_r = g_0 - \omega^2 R (\cos 0^\circ)^2$$

$$g_r = g_0 - \omega^2 R \cdot 1^2$$

$$g_r = g_0 - \omega^2 R$$

$$g_r = \frac{GM}{R^2} - \omega^2 R$$

Figura 60: Representação da direção vertical em latitudes diferentes



Fonte: Autor.

A componente radial é máxima nos polos e mínima no equador terrestre.

COMPONENTE TRANSVERSAL

$$g_t = \text{sen}\theta a_{CF}$$

$$g_t = \text{Sen}\theta \cdot \omega^2 R \cos\theta$$

$$g_t = \omega^2 R \text{sen}\theta \cos\theta$$

Como $\text{sen}(2\theta) = 2\text{sen}\theta \cdot \cos\theta$, temos que:

$$\text{sen}\theta \cos\theta = \frac{\text{Sen}(2\theta)}{2}$$

Logo:

$$g_t = \frac{\omega^2 R \text{sen}(2\theta)}{2}$$

Portanto, a componente transversal é máxima, quando o $\text{sen}(2\theta)$ é máximo, ou seja, quando $\text{sen}2\theta = 1$. Assim:

$$\text{sen}2\theta = 1$$

$$2\theta = 90^\circ$$

$$\theta = 45^\circ$$

E essa componente é nula nos polos e no equador terrestre, isto é, quando $\theta=90^\circ$. Vejamos:

$$g_t = \frac{\omega^2 R \text{sen}(2\theta)}{2}$$

$$g_t = \frac{\omega^2 R \text{sen}(2 \cdot 90^\circ)}{2}$$

$$g_t = \frac{\omega^2 R \text{sen}180^\circ}{2}$$

$$g_t = \frac{\omega^2 R \cdot 0}{2}$$

$$g_t = 0$$

Mas, afinal de contas, que efeito da gravidade percebemos na superfície da Terra? O da componente radial ou da componente transversal?

Percebemos a soma vetorial das duas (\mathbf{g}), sendo que, devido à rotação da Terra, essas duas componentes variam com a latitude:

$$\vec{g} = \vec{g}_0 + \omega^2 R \cos\theta \hat{Q}$$

$$\vec{g} = \vec{g}_r + \vec{g}_T$$

Nos pólos ($\theta=90^\circ$)	No Equador ($\theta=0^\circ$)
$g_T = 0$	$g_T = 0$
$g = g_r = g_0 = \frac{GM}{R^2}$ (máxima)	$g = g_r = \frac{GM}{R^2} - \omega^2 R$ (mínima)

3.9 Aceleração da gravidade (g)

É importante lembrar que a aceleração da gravidade que um corpo adquire num campo gravitacional é igual ao vetor campo gravitacional associado ao ponto do campo, onde o corpo que adquire essa aceleração se encontra.

Desse modo, a aceleração da gravidade que um corpo adquire no campo gravitacional terrestre varia com a altitude, e devido à rotação da Terra, também varia com a latitude, do mesmo modo que o campo gravitacional.

3.10 Peso e Imponderabilidade

Todos nós somos puxados em direção ao centro da Terra por uma força de atração gravitacional e essa força é denominada de **PESO**. O peso de um corpo na Terra é a força de atração gravitacional que a Terra exerce sobre ele. Caso estivesse na Lua, o seu peso seria a força de atração gravitacional que a Lua iria exercer sobre ele; isso independentemente de estar apoiado em uma superfície firme, como o chão, por exemplo, ou de estar caindo em queda livre.

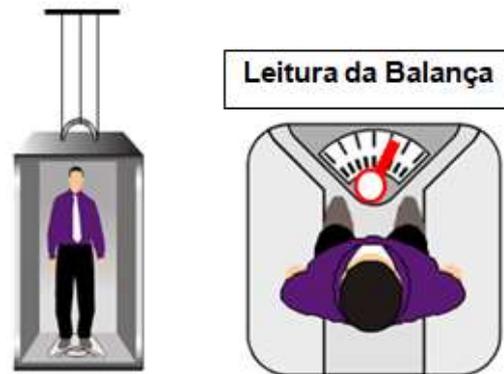
Embora, na Terra, você sempre tenha um peso, em algumas situações pode ser que você tenha a sensação que não tenha ou que ele aumentou ou diminuiu. Em outras palavras, uma coisa é ter um peso outra coisa é termos a sensação desse peso e quem nos dá essa sensação é a força que equilibra o nosso peso quando estamos parados e apoiados numa superfície ou quando estamos suspensos por uma corda, por exemplo.

Essas forças são denominadas de força de sustentação, podendo ser a força normal quando estamos apoiados numa superfície, como o chão em que pisamos ou uma força de tensão numa corda quando estamos suspensos por ela.

Vale salientar que a força de sustentação pode ser igual, maior ou menor que o nosso peso real (P), e é isso que pode nos levar a termos sensações aparentes diferentes do peso que realmente temos, e, por esse motivo, a força de sustentação é comumente chamada de peso aparente.

Imagine-se sobre uma balança que se encontra dentro de um elevador, conforme mostra a figura abaixo:

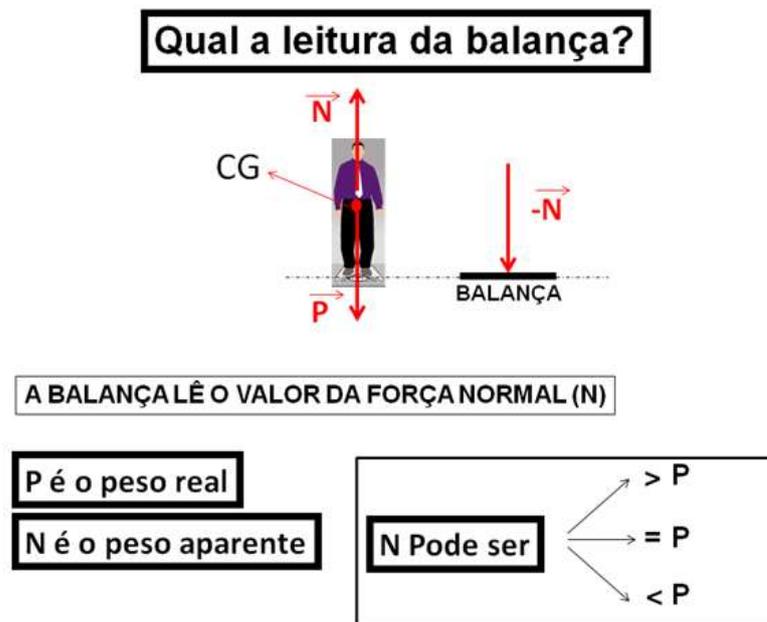
Figura 61: Mostra um homem sobre uma balança dentro de um elevador



Fonte: RAMALHO; NICOLAU; TOLEDO, 1997.

O que a balança registra, isto é, qual a leitura da balança? O seu peso real ou a força que a superfície da balança exerce sobre o seu corpo, isto é, a força normal? E a resposta é: a força normal. Mas por quê? Porque a balança registra a força que está atuando sobre ela, isto é, a força que o seu corpo está exercendo sobre ela. Você empurra a balança para baixo com uma força \mathbf{N} e a balança te empurra para cima com uma força $-\mathbf{N}$. E por que não pode ser o meu peso? Porque o meu peso atua no meu corpo e não na balança.

Figura 62: Análise da leitura da balança



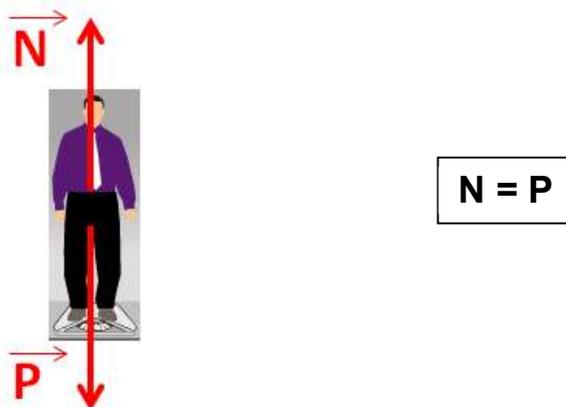
Fonte: Autor.

Vejam os quatro situações:

Situação 1: elevador parado ou em MRU.

Neste caso, pela primeira Lei de Newton, a resultante das forças sobre o seu corpo é nula, e, portanto, a força normal terá a mesma intensidade do seu peso real. Logo, nesta situação, você terá uma sensação real do seu peso.

Figura 63: Situação 1 - elevador parado ou em MRU

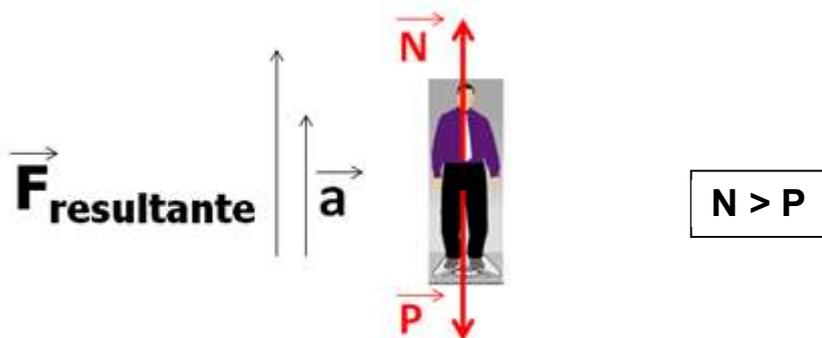


Fonte: Autor.

Situação 2: elevador subindo em Movimento Acelerado com Aceleração Constante a .

Nesse caso, a resultante das forças que atua sobre você terá o sentido para cima e a força normal será maior que o seu peso real e você terá a sensação de aumento de peso.

Figura 64: Situação 2 - Elevador subindo em Movimento Acelerado ou Descendo em Movimento Retardado com Aceleração Constante a

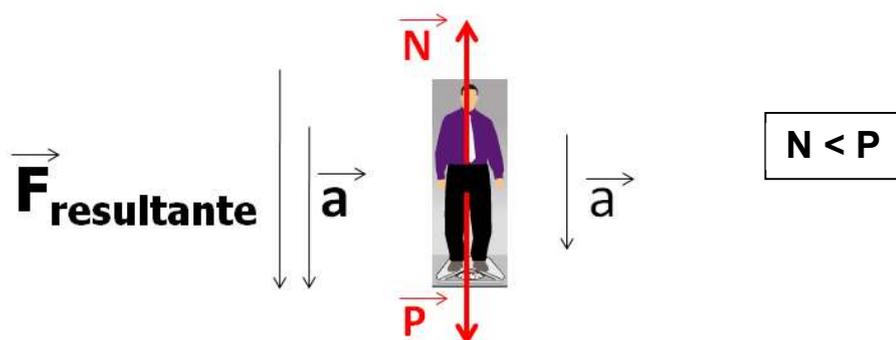


Fonte: Autor.

Situação 3: Elevador descendo em Movimento Acelerado com Aceleração Constante a .

Neste caso, a resultante das forças que atua sobre você terá o sentido para baixo e a força normal será menor que o seu peso real e você terá a sensação de diminuição de peso.

Figura 65: Situação 3 - Elevador descendo em Movimento Acelerado ou Descendo em Movimento Retardado com Aceleração Constante a

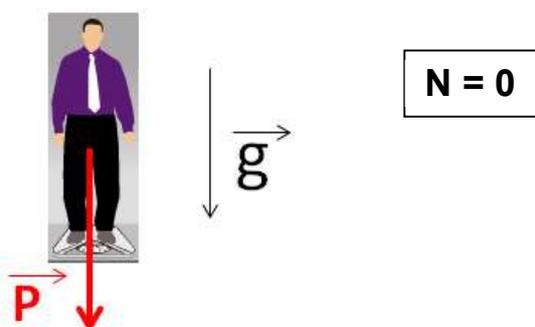


Fonte: Autor.

Situação 4: Elevador Em Queda Livre.

Neste caso, você perde o contato com a balança, pois a resultante das forças sobre você será o seu peso real. Você cairá com uma aceleração igual à gravidade, tendo a sensação de ausência de peso.

Figura 66: Situação 4- Elevador Em Queda Livre



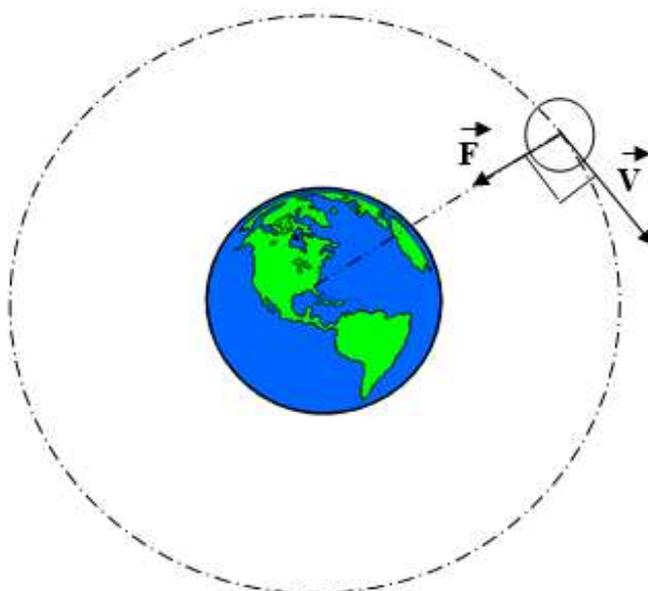
Fonte: Autor.

Nesta situação, você terá a sensação de que não tem peso e chamamos isso de Imponderabilidade. Perceba que, na condição de Imponderabilidade, existe uma

força gravitacional agindo sobre você. Essa força é o seu peso real, o que não há é uma força de sustentação, como a força normal, por exemplo. Daí a sensação de ausência de peso.

Um astronauta dentro de uma estação espacial que orbita em torno da Terra está em estado de Imponderabilidade, o que não significa dizer que esteja na ausência de gravidade. Ele e tudo que se encontra dentro da estação estão submetidos a uma força de atração gravitacional, até porque é essa força que os prende a Terra e garante que eles continuem nessa órbita. Agora, o que não há é força de sustentação. Todos caem em queda livre, não diretamente em direção ao centro da Terra, mas em sua própria órbita e a força gravitacional apenas desempenha o papel de força centrípeta, isto é, altera apenas a direção da velocidade.

Figura 67: Mostra um corpo (como um astronauta, por exemplo) em uma estação espacial caindo em queda livre, não diretamente em direção ao centro do planeta, mas, na sua própria órbita



Fonte: Autor.

A figura abaixo mostra dois astronautas flutuando numa estação espacial que gravita em torno da Terra.

Figura 68: Duas pessoas e objetos flutuando no interior de uma estação espacial que está orbitando em torno da Terra



Fonte: <<https://www.google.com/search?q=astronautas+flutuando>>.

3.11 O Peso varia com a Latitude

Admitindo que a Terra seja uma esfera de massa M e raio R , independentemente de sua rotação, a intensidade da força gravitacional que ela exerce sobre uma pessoa de massa m em qualquer ponto de sua superfície é sempre a mesma, sendo essa a intensidade do peso real dessa pessoa dada por:

Figura 69: Fórmula para cálculo do peso real

$$P_{\text{real}} = \frac{GMm}{R^2}$$

Fonte: Autor.

Entretanto, devido à rotação da Terra, a sensação de peso que essa pessoa terá (valor da força normal que atua na pessoa, denominada de peso aparente) varia com a latitude. Vejamos o caso de quando essa pessoa se encontra na Linha do Equador, conforme mostra a Figura 72.

Devido à rotação da Terra, a pessoa estará realizando um MCU em em torno do desse eixo e, portanto:

$$P_{\text{real}} - N = F_{\text{centrípeta}}$$

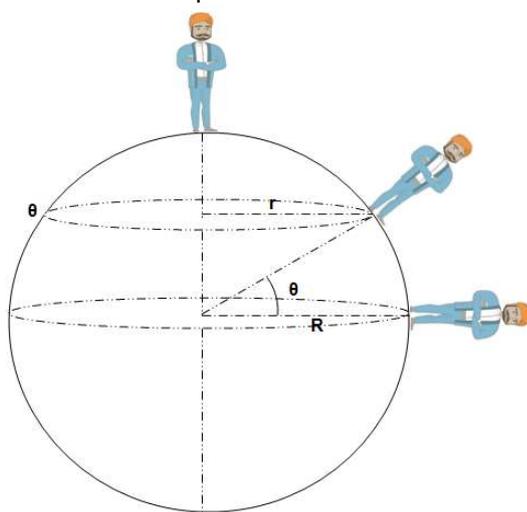
$$N = P_{\text{real}} - m\omega^2 R$$

Onde:

N é o peso aparente e corresponde a leitura de uma balança fixa no solo.

Perceba que, à medida que essa pessoa se aproxima dos polos, o raio de giro(r) do local onde ela se encontra diminui e o peso aparente aumenta, sendo máximo nos polos e mínimo no Equador terrestre.

Figura 70: Representação de um mesmo observador em latitudes diferentes e, conseqüentemente, com pesos diferentes



Fonte: Autor

4. Explorando o PowerPoint como recurso instrucional

4.1. Proposta de tutorial de como usar o PowerPoint para elaborar animações

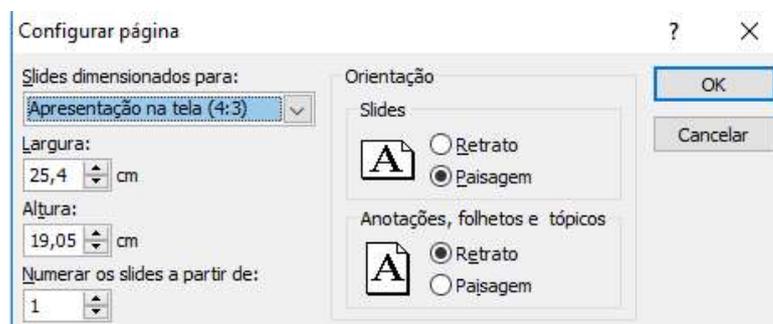
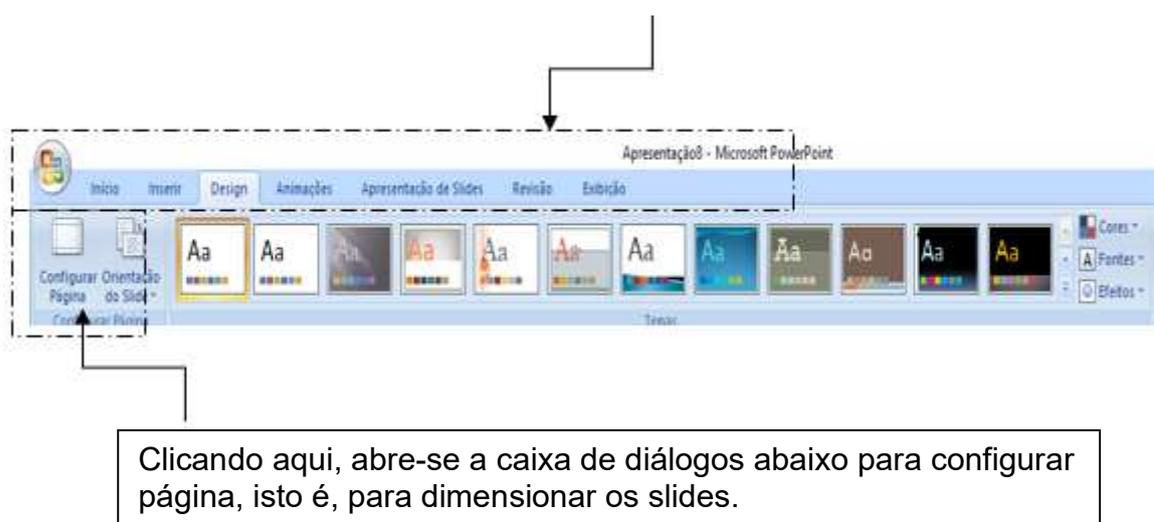
A maioria das pessoas já teve contato com o PowerPoint pelo menos uma vez ao longo da vida. No entanto, apesar de ser muito conhecido, são poucas as pessoas que realmente sabem usufruir de todos seus recursos.

Podemos montar uma aula bastante atrativa inserindo *gifs* animados e animações usando apenas as ferramentas disponíveis no PowerPoint.

4.1.1 Início

Ao abrir o PowerPoint, aparecerão as faixas de opções:

Figura 71: Configurações iniciais do PowerPoint



Fonte: Autor.

Você pode também deixar com as dimensões apresentadas.

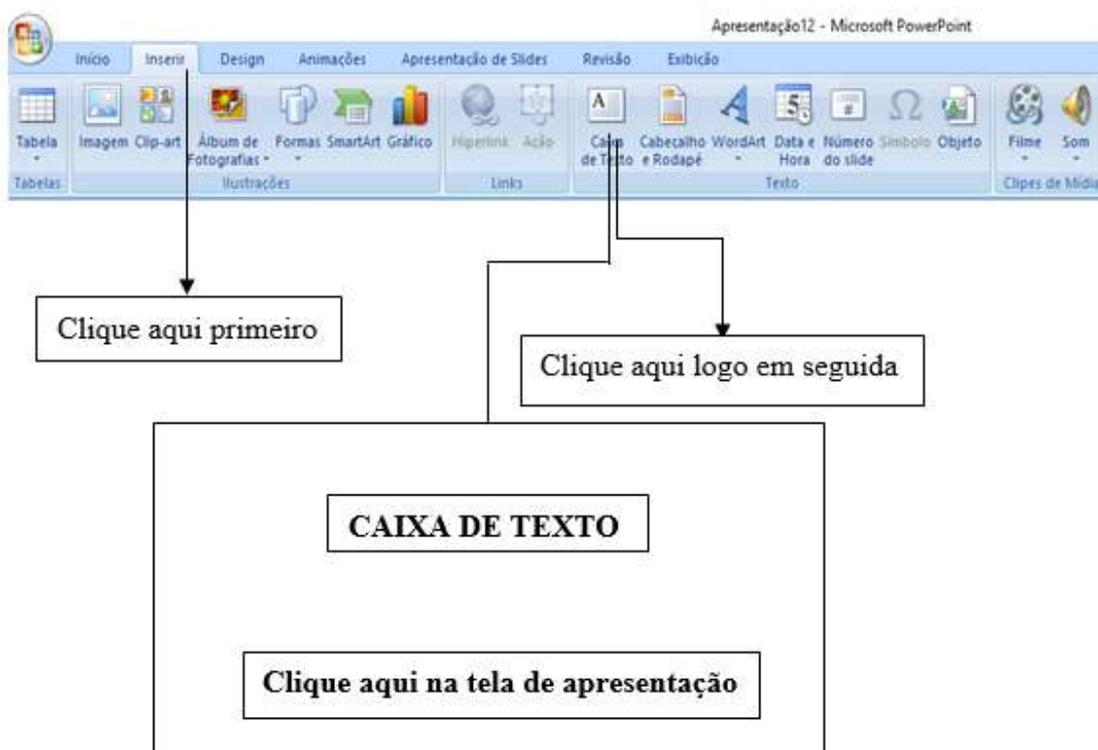
Figura 72: Tela inicial do PowerPoint



Fonte: Autor.

Nas nossas apresentações, preferimos selecionar e deletar o que vem na tela inicial. Nesse caso, devemos inserir uma caixa de texto na tela para poder digitar sobre ela. E como fazer isso? Vá às faixas de opções e clique em “inserir”, clique em “caixa de texto” e, logo em seguida, clique sobre a tela, conforme mostra a figura abaixo:

Figura 73: Como inserir uma caixa de texto na tela para poder digitar sobre ela

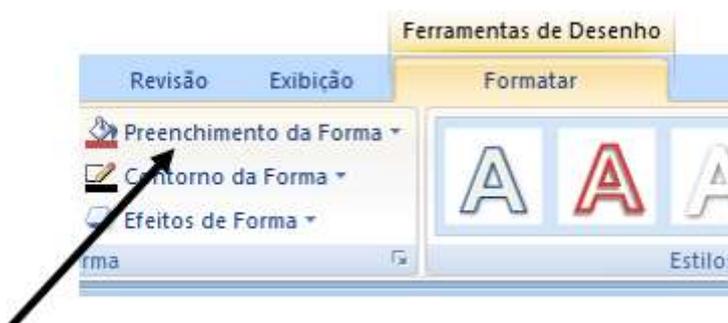


Fonte: Autor.

4.1.2 Preenchimentos e Contornos das Figuras Geométricas

Quando clicamos sobre a forma (figura), aparece sobre as faixas de opção a Ferramentas de Desenho. Clicando nela, apareceram duas janelas com as opções: Preenchimento da Forma e Contorno da Forma:

Figura 74: Como realizar o preenchimento e contornos de figuras geométricas



Clicando no preenchimento da forma, podemos alterar a cor da forma ou mesmo deixá-la sem preenchimento.

Figura 75: Como alterar a cor da forma ou mesmo deixá-la sem preenchimento



Fonte: Autor.

Clicando no contorno da forma, podemos alterar a cor do contorno ou mesmo deixá-la sem preenchimento:

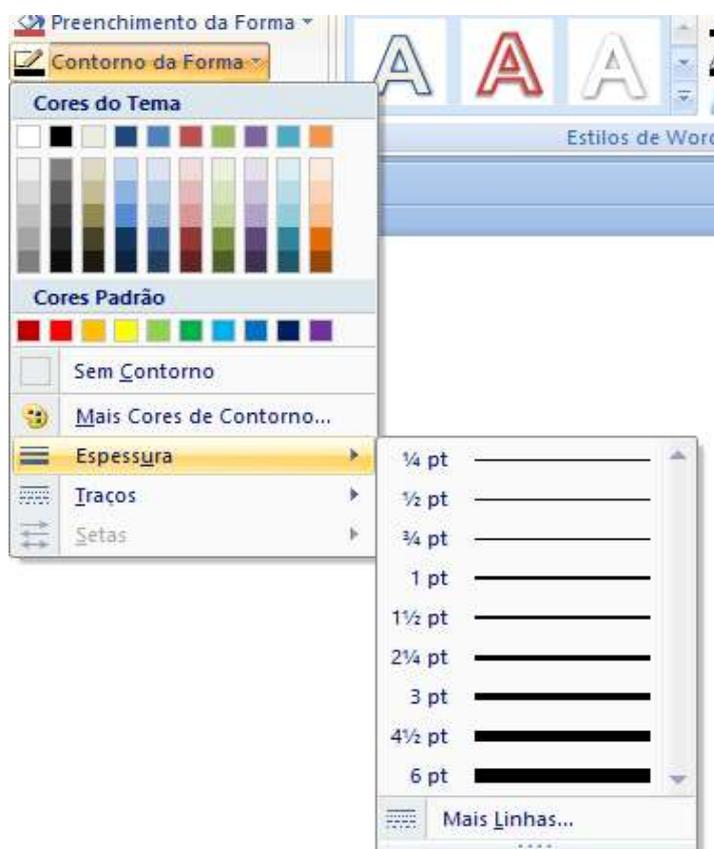
Figura 76: Como acrescentar um contorno na forma



Fonte: Autor.

Podemos utilizar uma espessura para o contorno, clicando na opção Espessura:

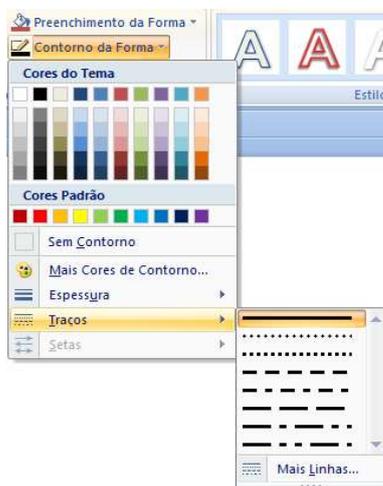
Figura 77: Como utilizar uma espessura para o contorno



Fonte: Autor.

Inclusive, é possível também utilizar diferentes traços para o contorno clicando na opção traços:

Figura 78: Como inserir um contorno com traços

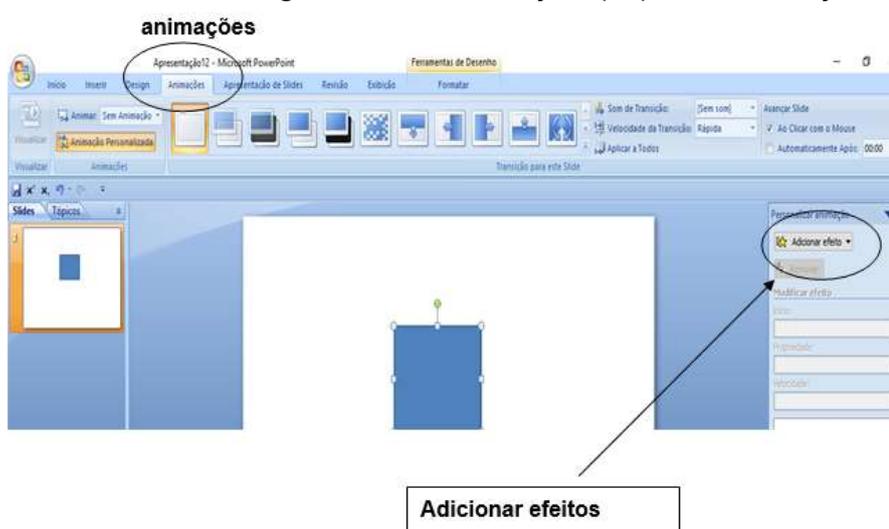


Fonte: Autor.

4.2 Como fazer animações em PowerPoint?

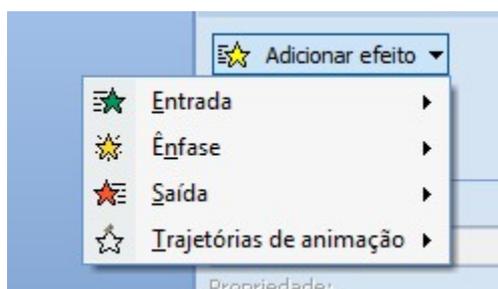
Na faixa de opções, clique em animações e, logo em seguida, clique na figura que você quer animar:

Figura 79: Como começar a preparar as animações



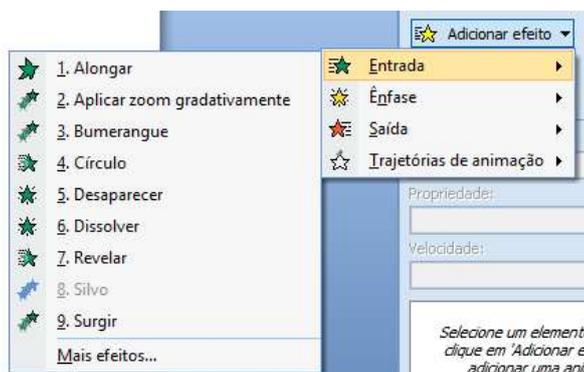
Fonte: Autor.

Clicando em Adicionar efeito, abrirá uma janela com as opções:

Figura 80: Como adicionar um efeito na animação

Fonte: Autor.

Clicando em Entrada aparecerá uma janela com várias opções de animações que você pode utilizar para a figura ou textos:

Figura 81: Opções de animações a serem utilizados em “Entrada”

Fonte: Autor.

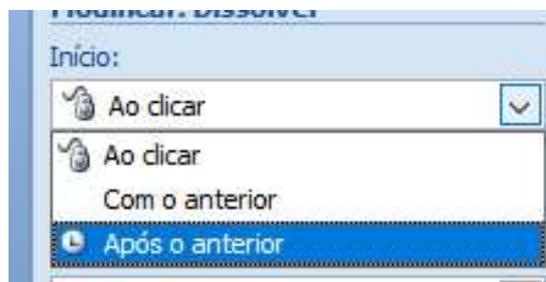
Ao escolher o efeito, é muito importante você colocar na animação se esse efeito deve ser acionado “ao clicar”, “com anterior” ou “após anterior”. Para isso, clique em “Adicionar Efeito” onde aparece o ícone “Início”.

Figura 82: Como adicionar efeito a partir do ícone "Início"

Fonte: Autor.

Clicando em início aparecerá:

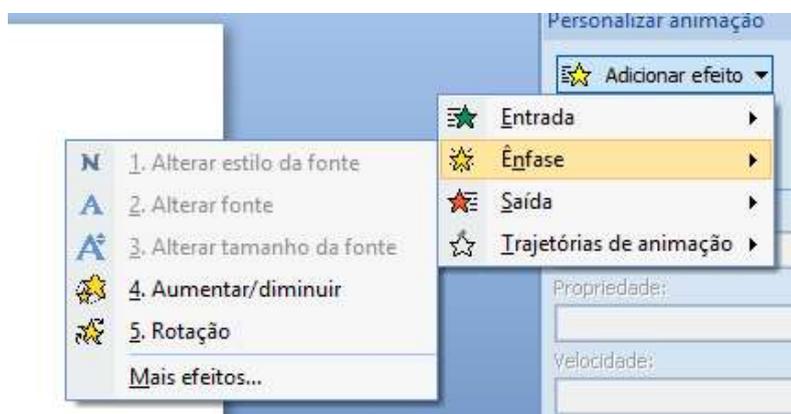
Figura 83: Opções dentro do ícone "Início"



Fonte: Autor.

Agora você clica no efeito desejado. Vale salientar que esse efeito é indispensável para uma boa animação. Ademais, clicando em Ênfase aparecerão as opções:

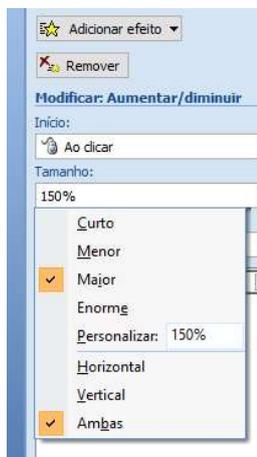
Figura 84: Opções de animações a serem utilizados em “Ênfase”



Fonte: Autor.

A opção “aumentar/diminuir” amplia ou reduz o tamanho da figura ou do texto. Ademais, você também pode escolher direção (vertical, horizontal ou ambas) em que o aumento ou a diminuição deve acontecer.

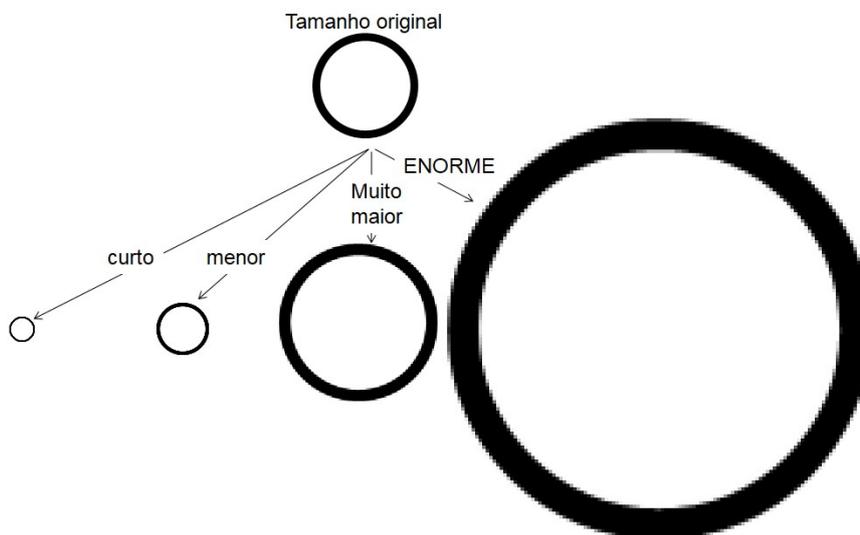
Figura 85: Como ampliar/reduzir e escolher o sentido do aumento ou diminuição da figura a ser animada



Fonte: Autor.

Com a circunferência no seu tamanho original, podemos obter uma das figuras da configuração abaixo. Optamos aqui pela opção Ambas, mas também poderia optar pelas opções Horizontal ou Vertical.

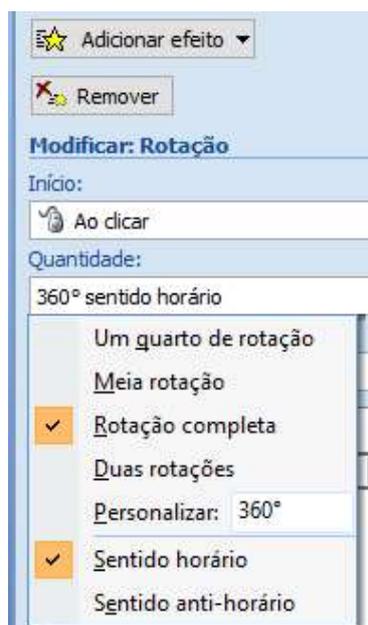
Figura 86: Aumento ou diminuição de um Objeto animado



Fonte: Autor.

A opção Rotação rotaciona a figura que se pretende animar e ainda da opção do sentido da rotação (horário ou anti-horário).

Figura 87: Como fazer a figura a ser animada rotacionar



Fonte: Autor.

Aqui residem os dois problemas nas animações do PowerPoint:

- 1°. As figuras só giram na direção vertical (na direção da tela do computador, não gira na horizontal, por exemplo).
- 2°. As figuras só giram nas 90°, 180° ou 360°.

Exemplos:

Na animação abaixo, o disco girou de 90° (um quarto de rotação no sentido anti-horário).

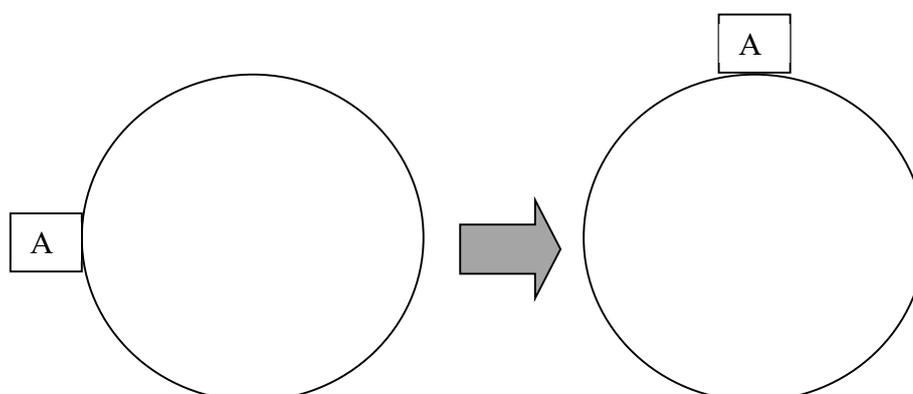
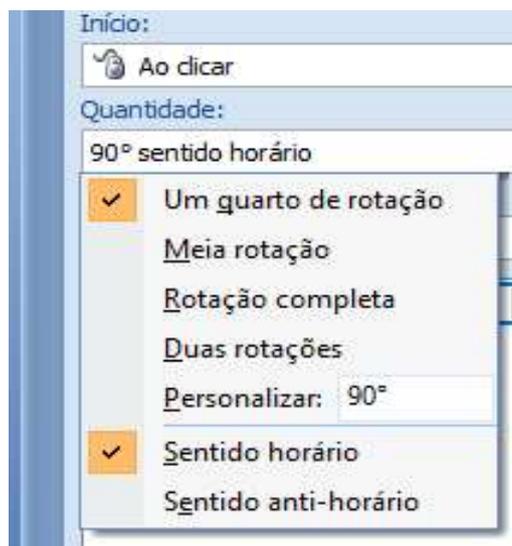


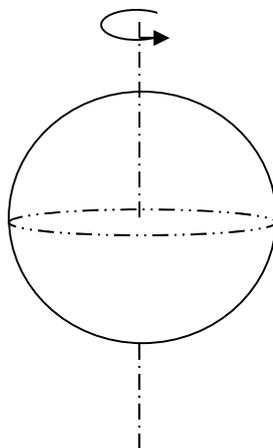
Figura 88: Rotação de 90° de disco animado

Fonte: Autor.

Figura 89: Como fazer a figura rotacionar

Fonte: Autor.

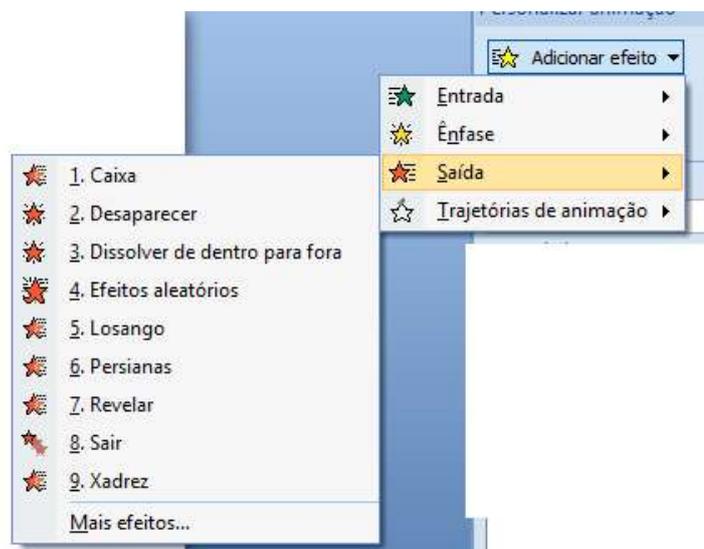
Não é permitido, por exemplo, a esfera abaixo girar na horizontal, isto é, em torno de um eixo vertical, como o giro da Terra em torno do plano do Equador.

Figura 90: Mostra um giro não permitido no PowerPoint

Fonte: Autor.

A opção Saída faz a figura desaparecer com uma animação desejada:

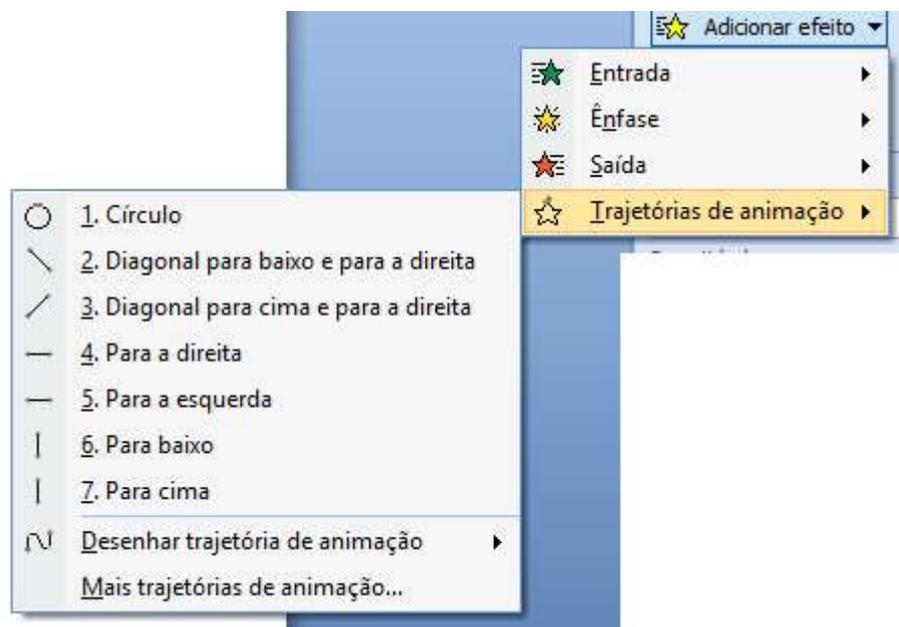
Figura 91: Opções de animações a serem utilizados em “Saída”



Fonte: Autor.

A opção Trajetórias de Animação é utilizada para fazer com que a figura que se pretende animar se movimente por uma trajetória qualquer:

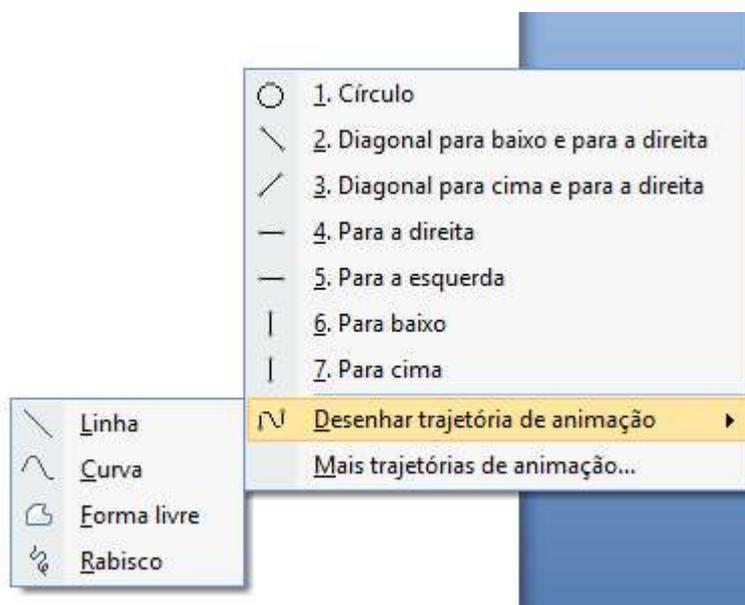
Figura 92: Opções de animações a serem utilizados em “Trajetórias de animação”



Fonte: Autor.

Clique em Desenhar trajetória de animação e aparecerá a janela abaixo:

Figura 93: Opções de animações a serem utilizados em “Desenhar trajetória de animação”



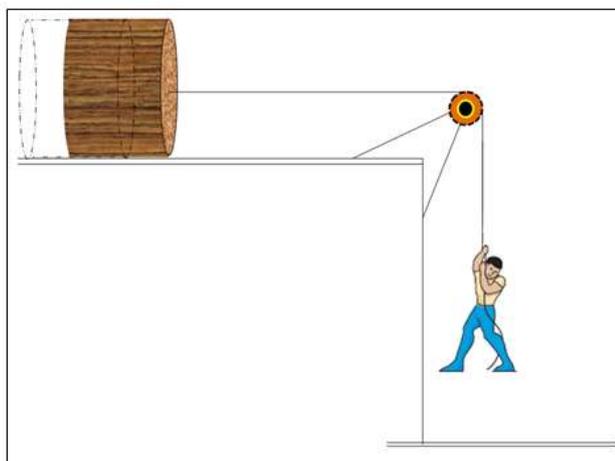
Fonte: Autor.

A opção Linha coloca a figura em movimento retilíneo na direção que você escolher, por exemplo, na direção horizontal:

Exemplos:

Utilizou-se esse efeito (Desenhar trajetória de animação-linha) na animação abaixo, onde aparece o bloco se deslocando para direita e o homem descendo.

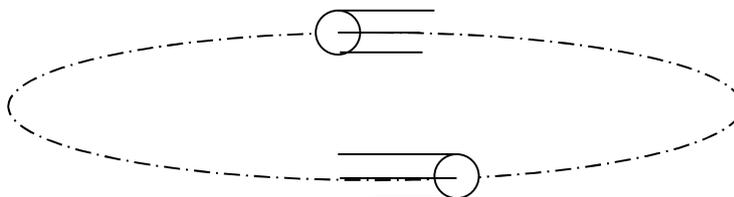
Figura 94: Exemplo de animação com a opção “Linha”



Fonte: Autor.

b) Utilizou-se esse efeito (Desenhar trajetória de animação-curva) na animação abaixo, onde aparece uma esfera se movimentando numa trajetória circular:

Figura 95: Exemplo de animação com a opção “Curva”

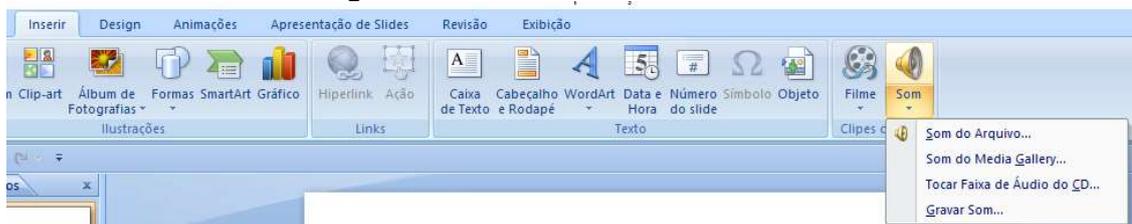


Fonte: Autor.

4.3 Como inserir um som no PowerPoint

Clique em Inserir e logo em seguida em Som:

Figura 96: Como inserir som no PowerPoint



Fonte: Autor.

Clicando em Som do arquivo, somos encaminhados a sons (músicas, áudios, dentre outros) que se encontrem numa pasta do computador. Nessa pasta, clique no som desejado e ele aparecerá no *slide*.

Utilize a opção automaticamente caso você queira que ele comece com a apresentação do *slide* ou utilize as opções ao Clicar ou Após anterior.

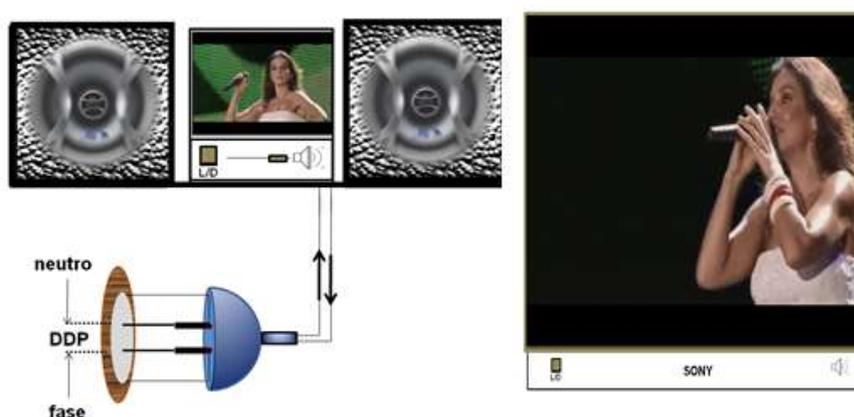
4.4 Como inserir um vídeo no PowerPoint

Segue o mesmo roteiro do som.

Exemplos:

As animações a seguir fazem parte do conteúdo de corrente elétrica. Nele, inserimos um vídeo que estava numa pasta do computador e ele só aparece quando é solicitado, isto é, ao clicar, por ser o efeito desejado nessa animação:

Figura 97: Exemplo de animação com vídeo



Fonte: Autor.

Já na animação abaixo foi inserido um *gif* animado na figura (televisão):

Figura 98: Exemplo de animação com *gif*



Fonte: Autor.

4.5. O uso adequado do PowerPoint em uma aula de Física

Atualmente, diante das complexidades de um mundo digitalizado e globalizado são imprescindíveis estratégias pedagógicas em sala de aula e dentre essas o uso de animações em PowerPoint. Nesse sentido, indicamos o uso de animações realizadas

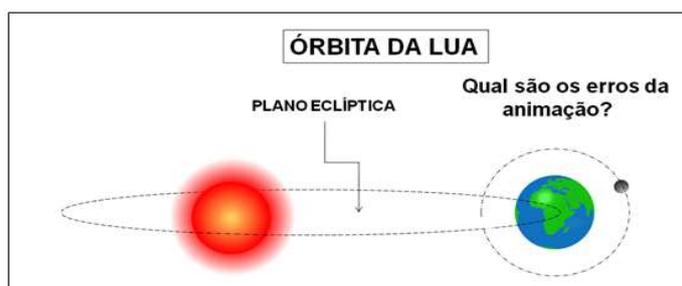
em PowerPoint como uma alternativa para um ensino que se aproveite o potencial de aprendizagem visual.

Com certeza um experimento que um professor de física realiza em sala de aula elucidada um fenômeno e ajudar no processo ensino aprendizagem, assim como, um software interativo, tais como: *Modellus*, o *PhET Interactive Simulations*, *Stellarium*, *Celestia*, dentre outros. Tudo isso também ajuda bastante nesse processo e de maneira significativa. Contudo, em uma aula expositiva, o uso do PowerPoint pode ser um grande aliado do professor desde que o material seja produzido atendendo a determinados comandos, caso contrário, não vale apenas utilizá-lo.

Quando tratamos aqui de comandos, fazemos referência aos efeitos que devemos utilizar para construir o material da aula. Como sugestões para uma boa apresentação em PowerPoint, podemos citar, por exemplo:

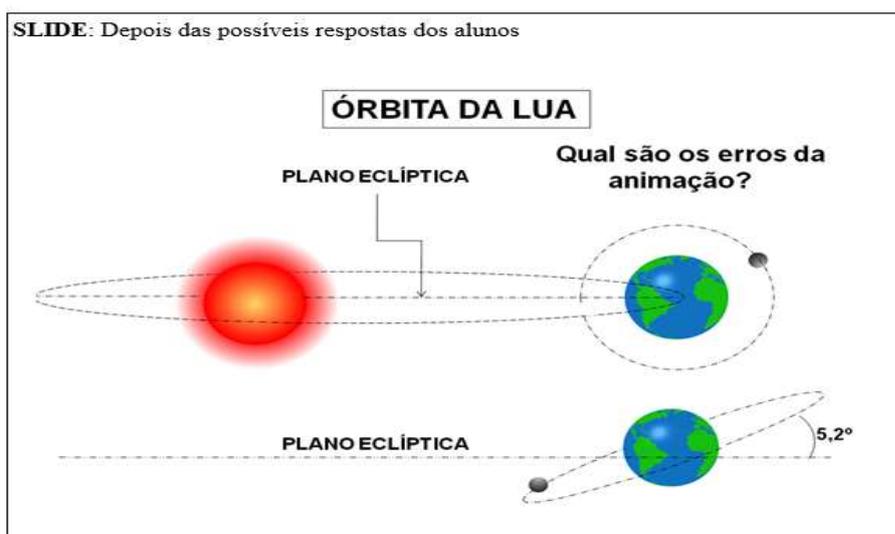
- I) A importância de o aluno ter um material escrito em Word ou em pdf, como uma ficha de aula dada pelo professor, onde ele faça apenas pequenas anotações. Caso o contrário, o professor tem que estar constantemente parando a sua aula para o aluno fazer anotações, o que pode deixar a aula maçante. Longe de abolir o livro didático, devemos levar em consideração o seu uso como mais um mecanismo, mas não único.
- II) Que a aula seja construída com perguntas que levem o aluno a pensar durante a própria aula. Perguntas tais como: qual o erro nessa animação? Pode-se mostrar, por exemplo, uma animação com a Lua girando em torno da Terra, mas, num plano perpendicular a eclíptica, quando, na verdade, o plano da órbita da Lua em torno do Sol, formando um ângulo de $5,2^\circ$ aproximadamente com a eclíptica.

Figura 99: Animação representando a órbita errada da Lua



Fonte: Autor.

Figura 100: Animação representando a órbita correta da Lua



Fonte: Autor.

III) Que a fonte seja Arial ou Tahoma e o tamanho das letras seja a partir de 24, e dos títulos, a partir de 30.

IV) Que a cor da tela seja branca ou preta. Evite o vermelho, verde ou azul escuros, essas cores cansam a vista do aprendiz, excepcionalmente se o aluno precisar escrever algo no *slide* ou se essa informação for indispensável para compreensão do conteúdo abordado.

V) Não coloque uma cor clara no *slide* e utilize letras brancas ou outra cor

VI) Colocar muitas informações em um mesmo *slide*. Na verdade, o ideal é que cada *slide* deva ser apresentado apenas com o nome do título, a animação ou mesmo uma figura estática e apenas algumas palavras indispensáveis. Use e abuse da quantidade de *slides*.

VII) Evitem animações que fiquem girando, subindo ou descendo durante muito tempo, isso cansa a vista do aprendiz.

VIII) Os comandos, ao clicar, após anterior, com anterior são fundamentais para se construir uma boa animação, por isso, caso um desses efeitos sejam invertidos, a animação pode não atingir o seu objetivo.

IX) Use o comando revelar quando precisar que a animação siga um determinado sentido. Revelar, para cima, para baixo, para esquerda ou para direita, dependendo do efeito pretendido.

4.6 Transformando um PowerPoint em vídeo

O recurso que permite transformar os *slides* do PowerPoint em vídeo é muito importante para garantir a originalidade do material elaborada pelo autor. E, além disso, nesse formato, a aula em PowerPoint pode ser encaminhada para os estudantes para futuras consultas.

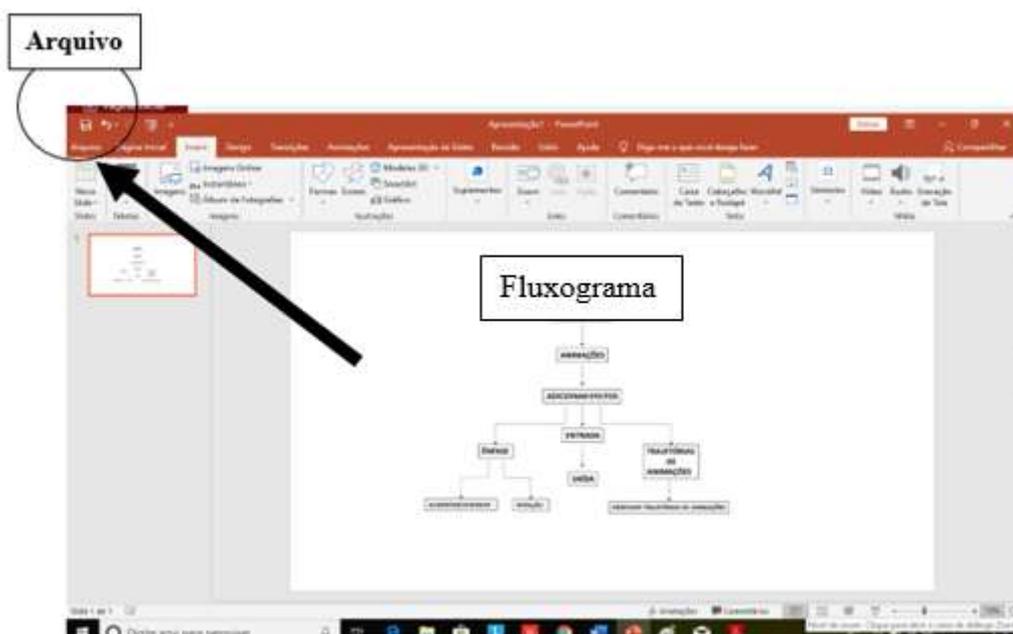
E, além disso, também podemos gravar vídeos aulas que são úteis em várias ocasiões, tais como: o aluno pode assistir às nossas aulas em casa. Ademais, podemos utilizá-las em sala de aula ou até mesmo podemos postá-las no YouTube, dentre outras coisas.

Vale salientar que essa transformação só é possível a partir do Office 2010. Então, como se procede? É muito simples.

Vejamos a sequência no Office 2019.

1º) Com o arquivo em PowerPoint aberto, clica em “Arquivo”.

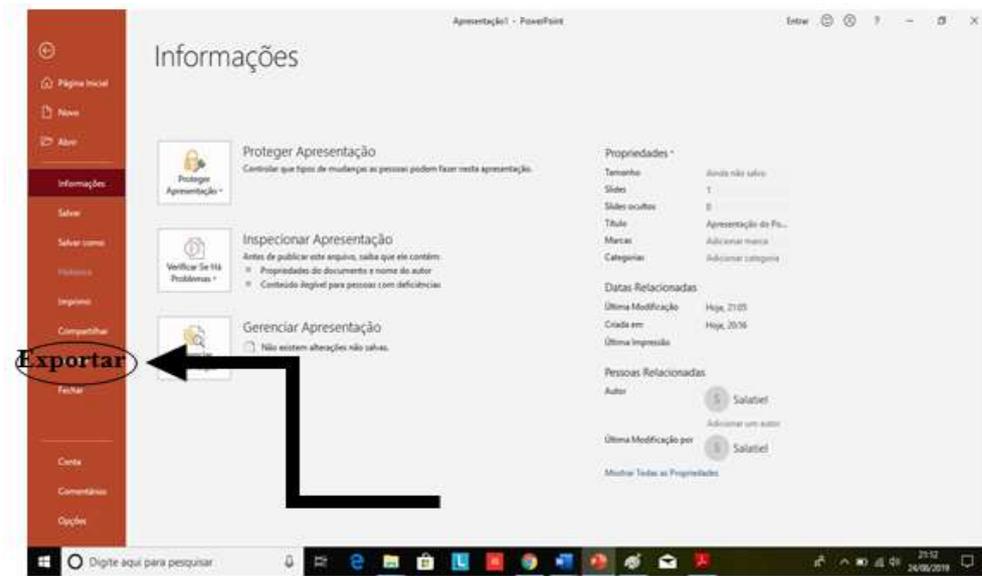
Figura 101: Primeiro passo de como criar vídeo a partir do PowerPoint



Fonte: Autor.

Após clicar em arquivo, deve-se buscar a opção “exportar”:

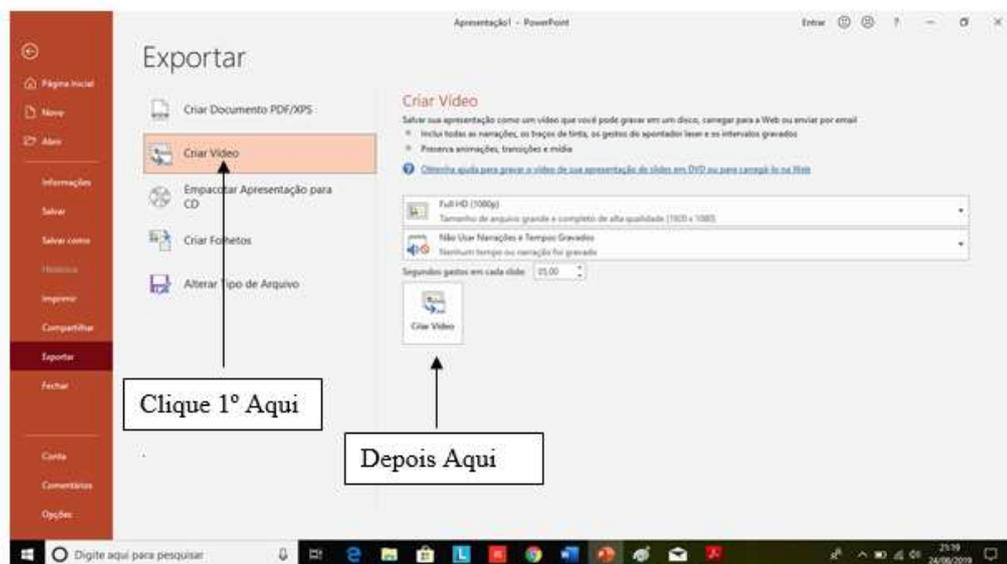
Figura 102: Segundo passo de como criar um vídeo a partir do PowerPoint



Fonte: Autor

2º) Ao clicar em “Exportar”, aparecerá a janela:

Figura 103: Terceiro passo de como criar um vídeo a partir do PowerPoint



Fonte: Autor

Siga a sequência mostrada na figura acima.

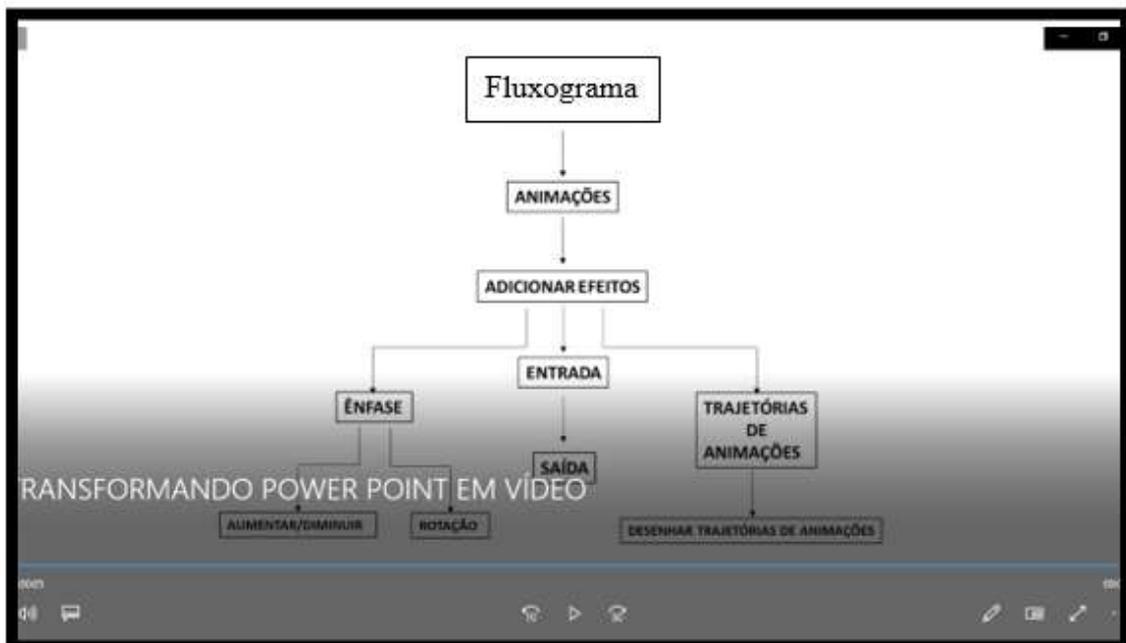
3º) Salvar o arquivo. Pronto, agora é só esperar a conversão e a aula em PowerPoint será convertida em vídeo.

Figura 104: Criando um vídeo a partir do PowerPoint



Fonte: Autor.

Figura 105: PowerPoint convertido em vídeo



Fonte: Autor.

4.7 Transformando um PowerPoint em Vídeo Aula

Com a aula já nos *slides*, clique em “Apresentação de *Slides*”.

Figura 106: Como iniciar apresentação dos *slides*



Fonte: Autor.

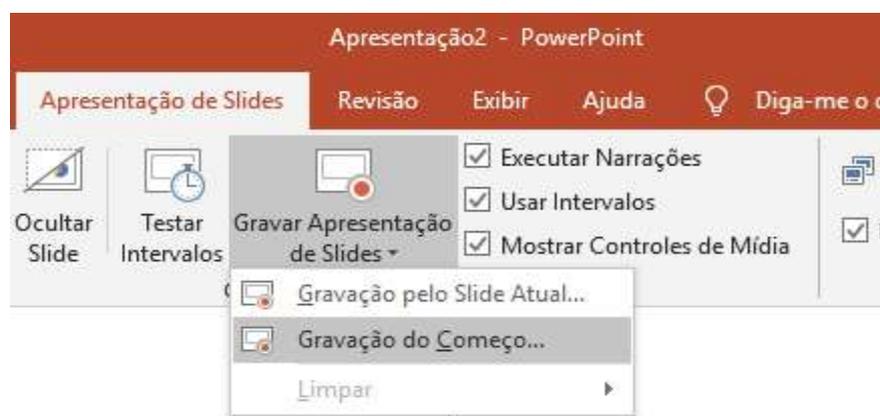
Clique agora em Gravar apresentação de *slides*.

Figura 107: Como gravar a apresentação de *slides*

Fonte: Autor.

Temos, agora, duas opções: Gravação pelo Slide Atual ou Gravação do Começo:

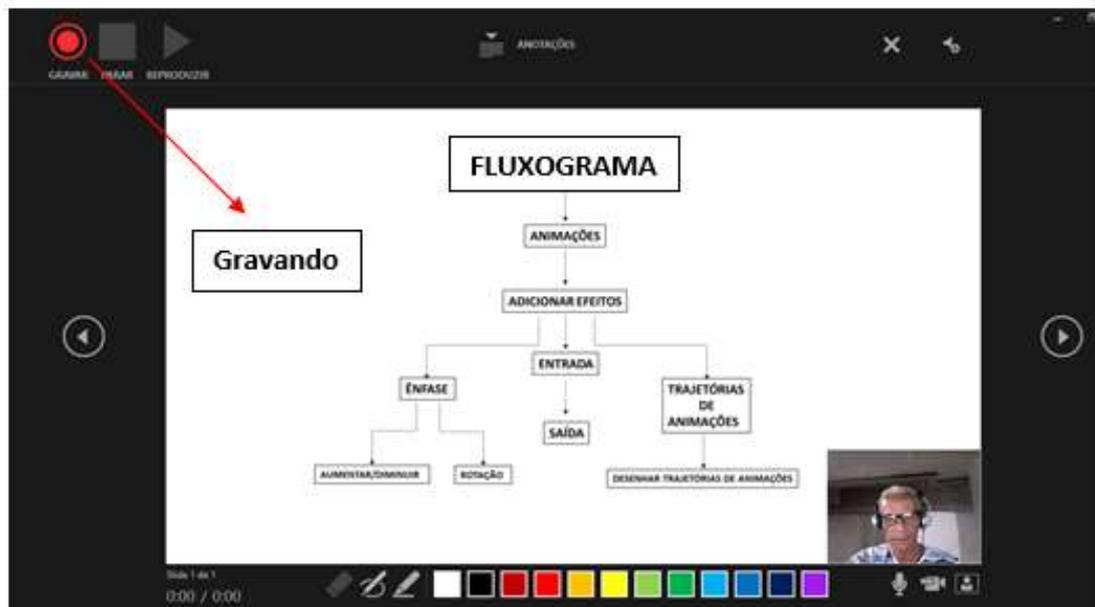
Figura 108: Como iniciar gravação pelo *slide* atual ou gravação do começo



Fonte: Autor.

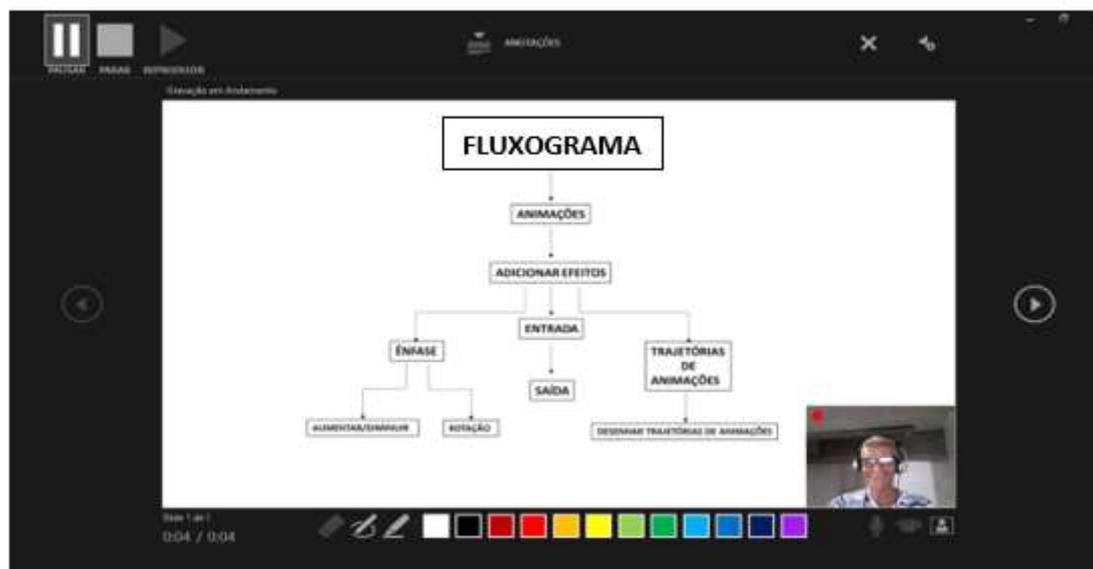
Escolha uma das duas: Gravação pelo Slide Atual ou Gravação do começo e logo em seguida clique em “gravar”.

Figura 109: Início de gravação



Fonte: Autor.

Figura 110: Processo de gravação do vídeo

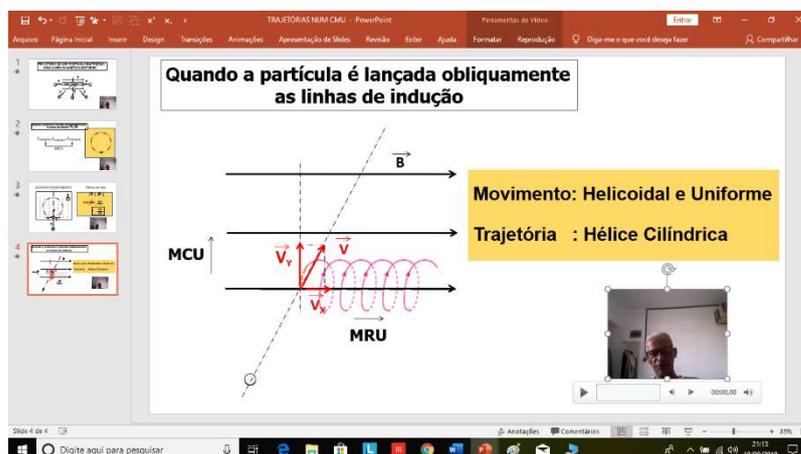


Fonte: Autor.

No término de cada *slide* ou no término do vídeo todo, clique em “parar”. Para assistir ao vídeo, clique em “reproduzir”.

Vejamos, agora, um trecho de uma aula gravada sobre Eletromagnetismo.

Figura 111: Trecho de uma aula gravada

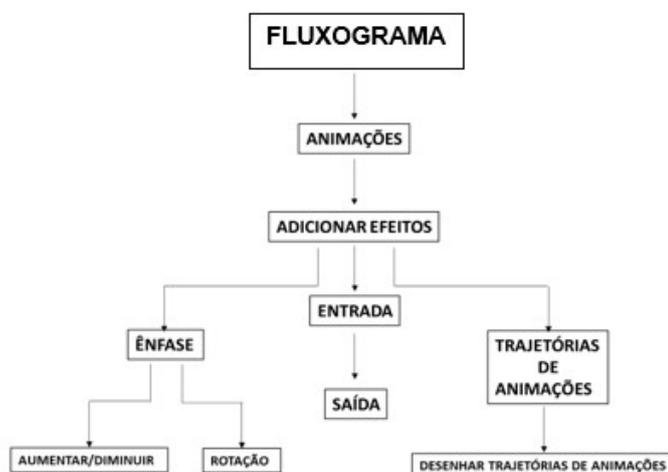


Fonte: Autor.

4.8 Fluxograma dos Comandos Gerais do PowerPoint para Construir Animações em PowerPoint

A figura abaixo mostra o Fluxograma dos comandos mais gerais para construir animações em PowerPoint.

Figura 112: Fluxograma sobre os comandos mais gerais do PowerPoint necessários para fazer animações



Fonte: Autor.

5. Produto educacional

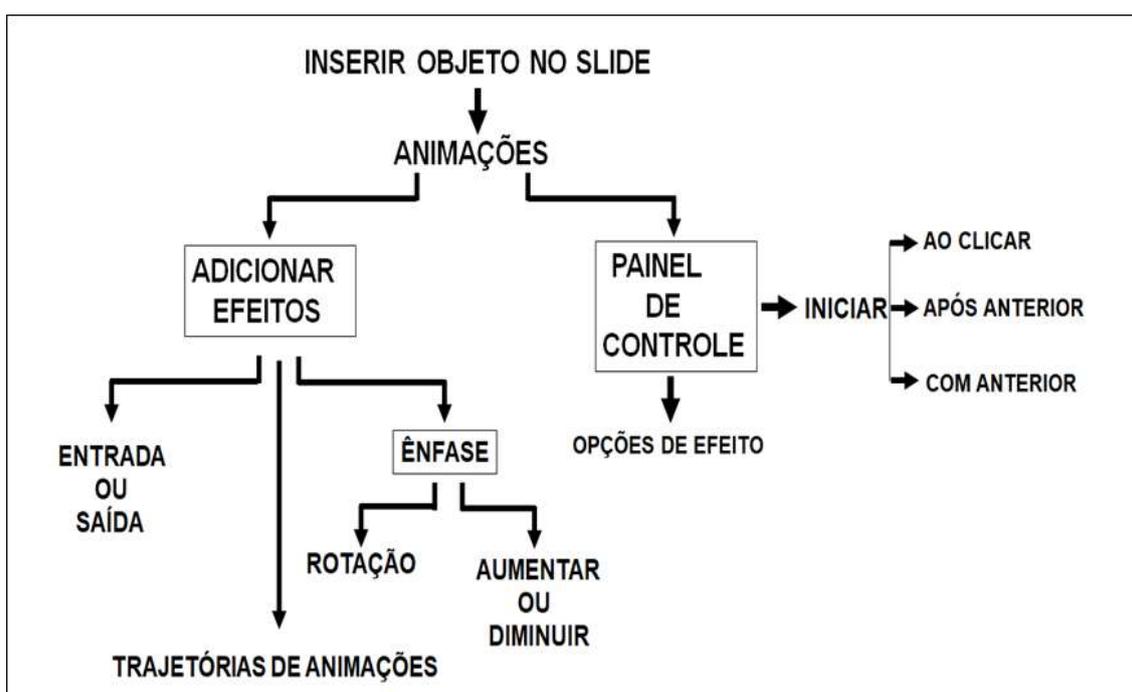
Este produto educacional compreende a descrição de uma sequência de *slides* que mostra os comandos necessários a fim de fazer animações em PowerPoint para construção de uma aula de física.

Entretanto, de acordo com a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel, para obtermos uma aprendizagem significativa, temos que considerar que a aprendizagem de algo novo tem que ser ancorada em conceitos potencialmente significativos já presentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Dessa forma, o planejamento de qualquer atividade de ensino e aprendizagem deve, em seus passos iniciais, definir o conjunto de subsunçores necessários. Uma vez definidos, é preciso, por meio de organizadores avançados, identificar suas presenças e/ou construir os ausentes.

Por isso, antes dessa descrição apresentou-se um mapa conceitual e um tutorial sobre os principais comandos do PowerPoint para fazer animações. O mapa conceitual mostra a sequência dos principais comandos para fazer animações em PowerPoint.

Figura 113: Fluxograma sobre como inserir objeto no *slide*



Fonte: Autor.

5.1 Descrição do Produto Educacional

Desse modo, para o desenvolvimento deste produto:

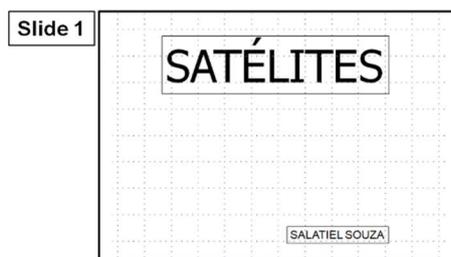
- 1º) Elaborou-se um tutorial sobre como fazer animações em PowerPoint;
- 2º) Mostrou-se como se transforma uma aula em PowerPoint em videoaula (vídeo com a apresentação do professor).
- 3º) Mostrou-se como se transforma em vídeo um material feito em PowerPoint.
- 4º) Mostrou-se o uso adequado do PowerPoint para uma aula de Física;
- 5º) Fez-se um Mapa Conceitual sobre os comandos gerais do PowerPoint para fazer Animações;
- 6º) Aplicação do produto em uma turma de ensino médio para o ensino do tema **Satélites**, que é uma seção do capítulo de Gravitação Universal da Mecânica Clássica vista no ensino médio.

A escolha desse tema se justifica por ser um assunto que para entendê-lo faz-se necessário que o aluno tenha as leis de Newton e as suas aplicações, como subunçores, isto é, como assuntos que já tinham sido trabalhados em sala de aula, mas, também por ser um assunto atual e que atrai muito a atenção do aluno.

Assim, vejamos os **comandos**, isto é, **os efeitos que devemos utilizar para fazer animações e iremos fazer isso construindo uma aula sobre satélites.**

Sequência dos *Slides*

Figura 114: Slide 1



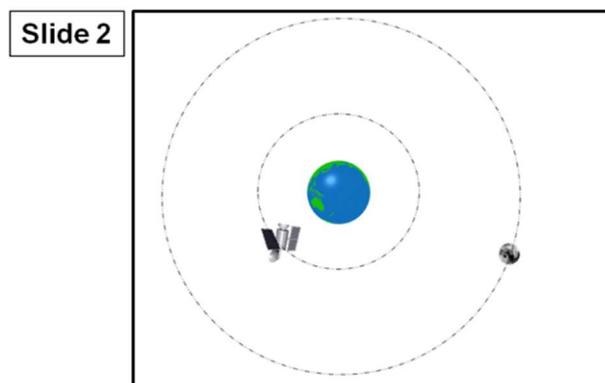
Fonte: Autor.

No primeiro *slide*, fez-se a apresentação do tema escolhido com o nome do professor. A fonte escolhida para essa apresentação foi Arial. Sugerimos também a Tahoma e o tamanho da fonte 32 para o tema e 20 para o nome do professor.

Contudo, vale salientar que:

- Tanto a fonte escolhida como o seu tamanho são importantes para uma boa apresentação;
- Use sempre a mesma fonte numa apresentação;
- Deve-se sempre evitar uma quantidade exagerada de informações em cada *slide*, coloque apenas as figuras e animações indispensáveis para cada *slide*. Lembre-se: PowerPoint não é Word.
- Para interagir melhor com a turma, é importante começar o *slide* sem que apareça a animação. Daí a importância do uso dos comandos ao Clicar, com Anterior e após Anterior, já mencionado no capítulo 3, indispensáveis para boas apresentações.

Figura 115: *Slide 2*

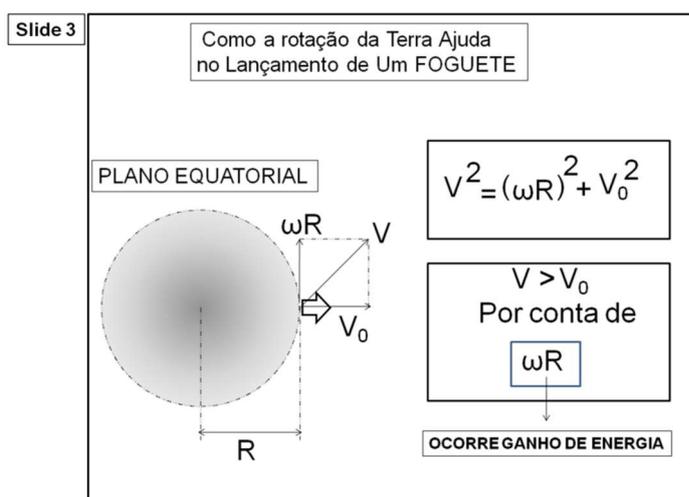


Fonte: Autor.

Para produção deste *slide*:

- 1º) Inseriu-se um *gif* animado da Terra girando em torno de seu próprio eixo.
- 2º) Inseriu-se um *gif* animado de um satélite artificial e utilizamos os comandos Rotação e com Anterior para que ele já apareça girando em torno da Terra;
- 3º) Inseriu-se um *gif* animado da Lua e utilizamos os comandos Rotação e com Anterior para que ele já apareça girando em torno da Terra.

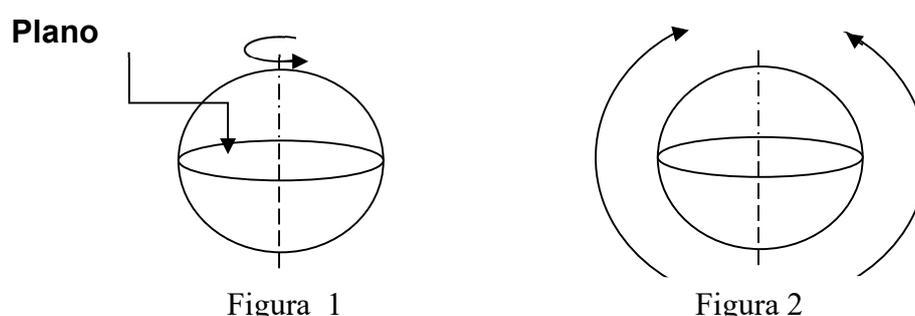
Figura 116: Slide 3



Fonte: Autor

Uma limitação do PowerPoint é que ele não disponibiliza o comando rotacionar numa direção perpendicular ao *slide* (figura 1). Por exemplo, não tem como fazer uma esfera, como o globo terrestre, por exemplo, girar em torno do plano equatorial. Apenas, no plano do *slide* (figura 2), no sentido horário ou anti-horário.

Figura 117: Plano de Slide



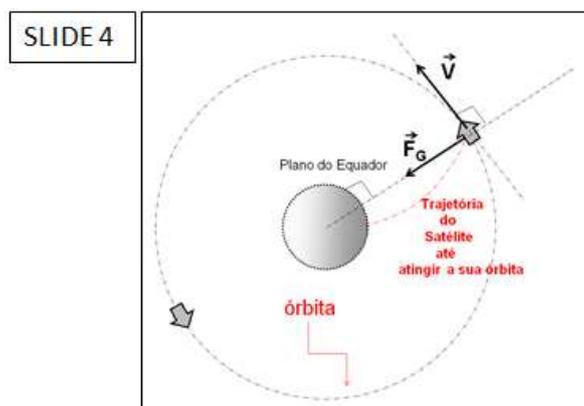
Fonte: Autor.

Por isso, para simular a Terra girando, podemos visualizar o disco do plano equatorial girando no plano do *slide*. Foi o que fizemos neste *slide*.

Para produção deste *slide*:

- 1º) Utilizou-se o comando rotacionar no disco polar;
- 2º) Representou-se o satélite por uma seta, conforme mostra a figura e logo em seguida demos o comando ao Clicar para as equações irem aparecendo a cada clique.

Figura 118: Slide 4

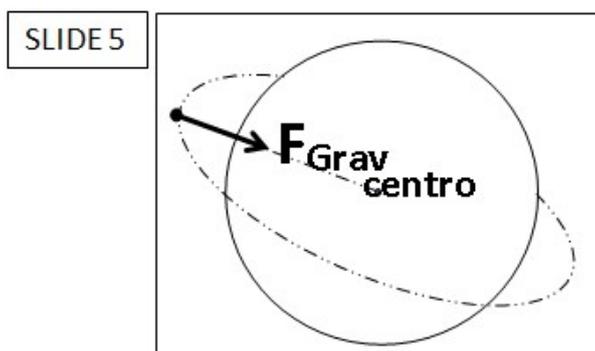


Fonte: Autor.

Para produção deste *slide*:

- 1º) Para deslocar o foguete (representado pelo próprio satélite com a intenção de facilitar a animação) da sua base de lançamento até a sua órbita utilizou-se o comando trajetórias animadas (curva);
- 2º) Utilizou-se o comando Rotação para o satélite ficar em sua órbita;
- 3º) Utilizou-se o comando ao Clicar para aparecer os vetores e as palavras.

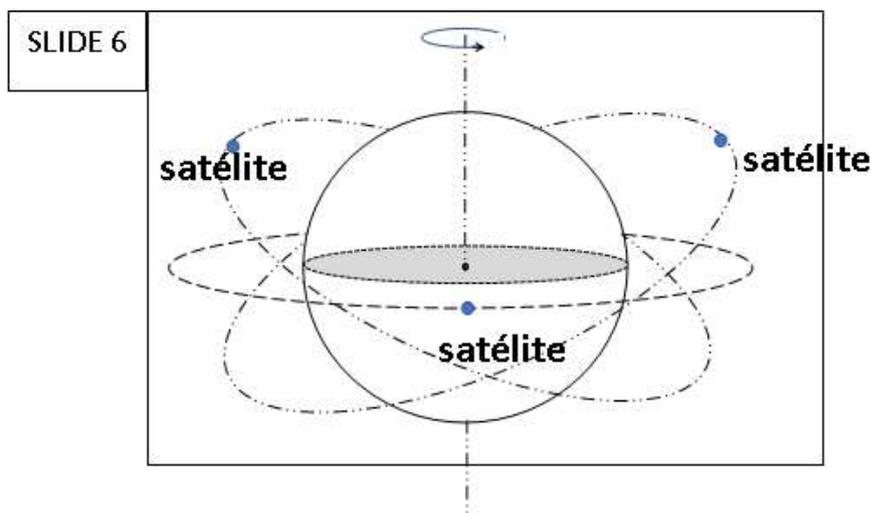
Figura 119: Slide 5



Fonte: Autor.

Para produção deste *slide*, utilizou-se o comando ao Clicar para aparecer o vetor e depois para aparecer uma possível órbita do satélite.

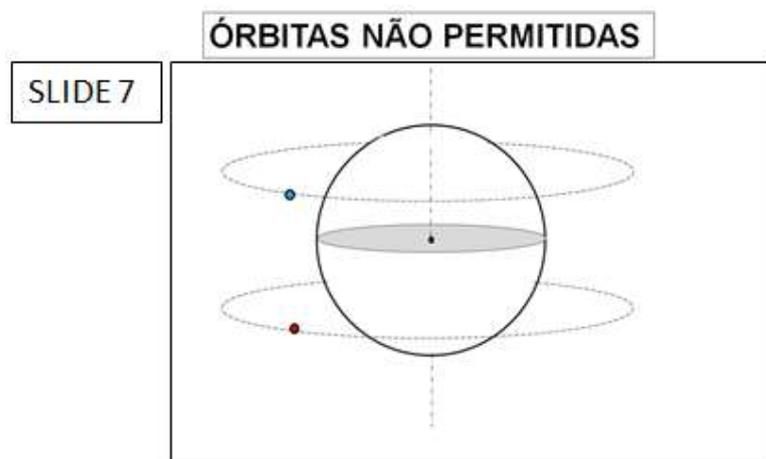
Figura 120: Slide 6



Fonte: Autor.

Para produção deste *slide*, utilizaram-se o comando desenhar trajetória de animação e com Anterior. Em particular, nele, as animações já aparecem inicialmente, pois, a explicação já foi dada no slide anterior.

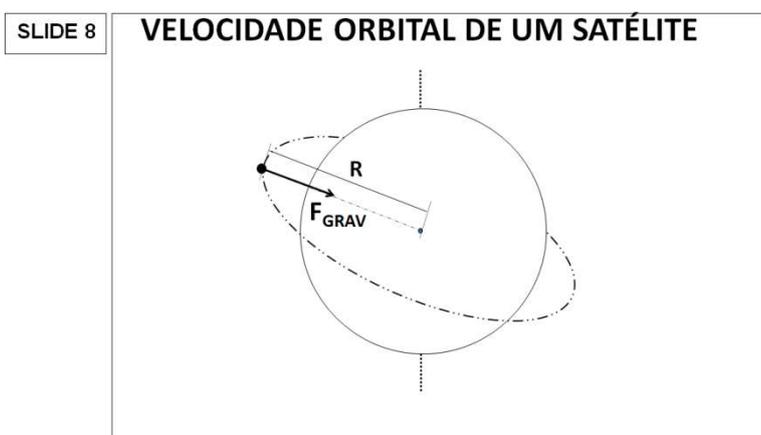
Figura 121: Slide 7



Fonte: Autor.

Para produção deste *slide*, utilizou-se o comando desenhar trajetória de animação e com anterior. Em particular, neste slide, as animações já aparecem inicialmente, pois a explicação já foi dada no *slide* anterior.

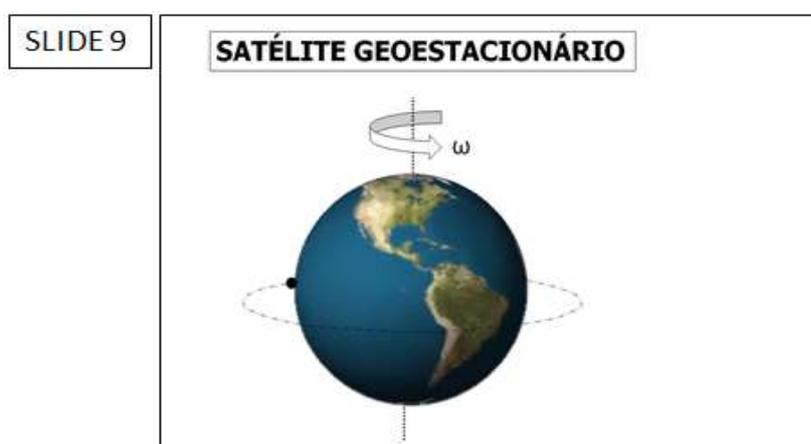
Figura 122: Slide 8



Fonte: Autor.

Para produção deste *slide*, utilizaram-se os comandos Rotação, ao Clicar, após Anterior e com Anterior.

Figura 123: Slide 9

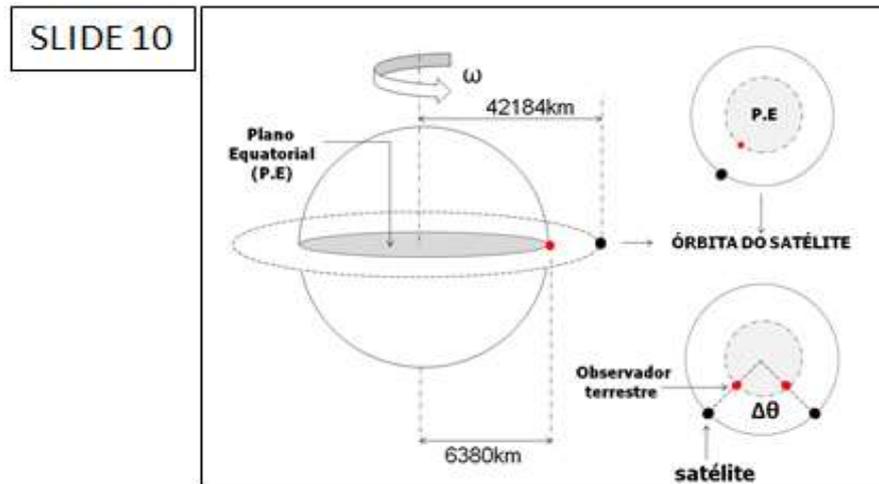


Fonte: Autor.

Para produção deste *slide*:

- 1º) insere-se um gif animado da Terra girando em torno de seu próprio eixo;
- 2º) Utilizou-se os comandos Rotação, ao Clicar, após anterior e com anterior.

Figura 124: Slide 10



Fonte: Autor.

Para produção deste slide, utilizaram-se os comandos Rotação, ao Clicar, após anterior e com Anterior.

Figura 125: Slide 11

SLIDE 11

Cálculo do raio da órbita de um SATÉLITE ESTACIONÁRIO

Diagram illustrating the calculation of the orbital radius of a geostationary satellite. The Earth's mass is M and the satellite's mass is m . The Earth's radius is 6380 km. The orbital radius is $R_{\text{órbita}}$. The distance from the Earth's surface to the satellite is h .

Constants and parameters:

- $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$
- $M = 5,98 \cdot 10^{24} \text{Kg}$
- $T = 24\text{h} = 86400\text{s}$

Equations used for the calculation:

$$\frac{4\pi^2}{GM} = \frac{T^2}{R^3} \rightarrow R = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$$

$$R^3 = \frac{GMT^2}{4\pi^2}$$

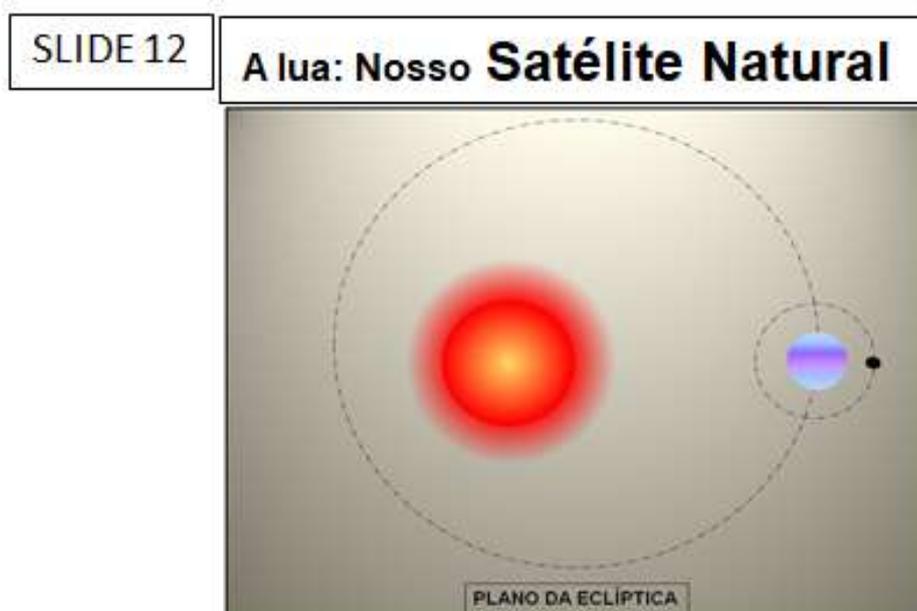
Results:

- $R = 42184\text{km}$
- $h = 42184 - 6380 = 35804\text{km}$

Fonte: Autor.

Para produção deste *slide*, utilizaram-se os comandos Rotação, ao Clicar, após Anterior e com Anterior.

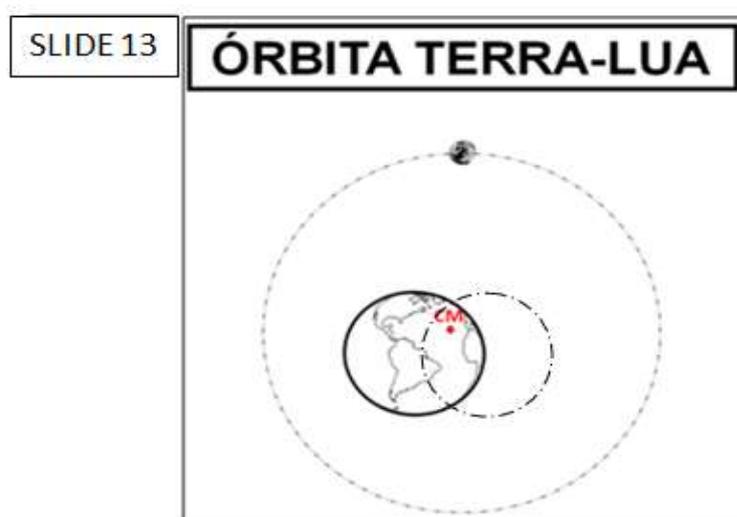
Figura 126: Slide 12



Fonte: Autor.

Para produção deste *slide*, utilizaram-se os comandos Rotação, ao Clicar, após Anterior e com Anterior.

Figura 127: Slide 13



Fonte: Autor.

Para produção deste *slide*, utilizaram-se os comandos Rotação, ao Clicar, após Anterior e com Anterior.

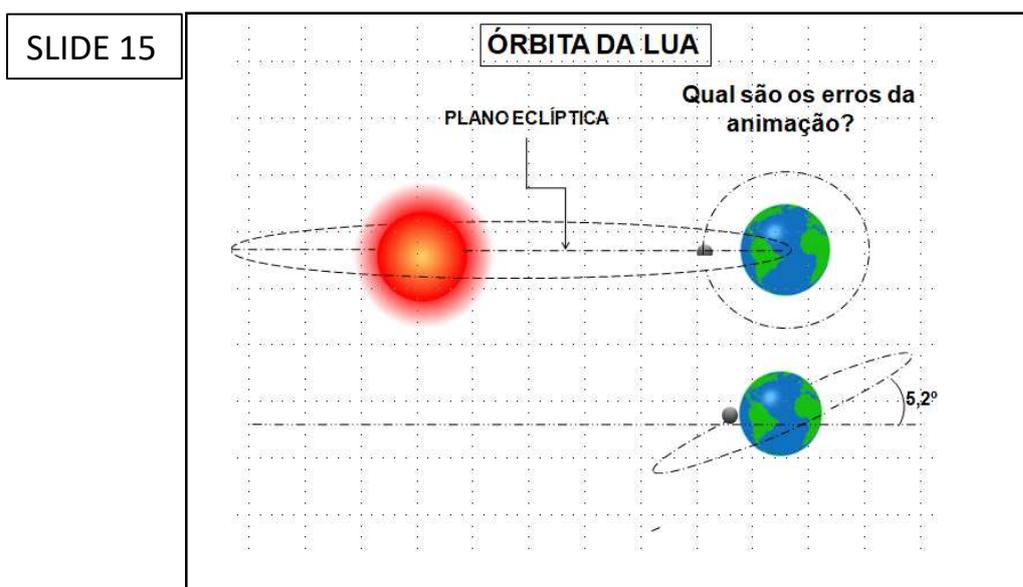
Figura 128: Slide 14



Fonte: Autor.

Para produção deste *slide*, utilizaram-se os comandos Rotação, ao Clicar “após Anterior” e “com Anterior”.

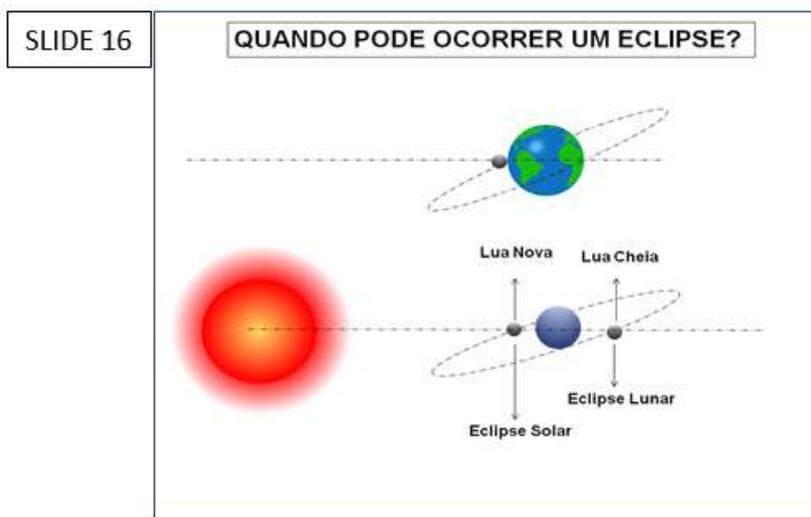
Figura 129: Slide 15



Fonte: Autor.

Para produção deste *slide*, utilizaram-se os comandos Rotação, ao Clicar, após Anterior e com Anterior:

Figura 130: Slide 16



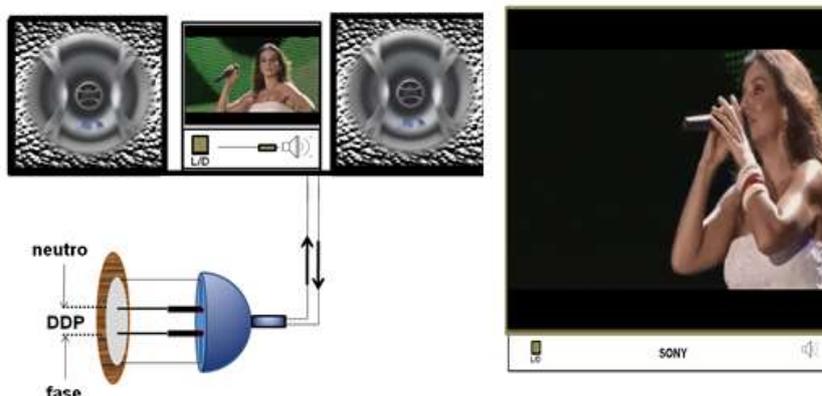
Fonte: Autor.

Para produção deste *slide*, utilizaram-se os comandos Rotação, ao Clicar, após Anterior e com Anterior.

Percebam que foram utilizados praticamente os mesmos comandos para produção dessas animações, mas, podem-se fazer outras animações utilizando outros comandos. Mostrar-se-ão, apenas a título de curiosidade, duas outras animações que requerem outros comandos e que deixarão a aula bem atraente. Vejamos:

As animações abaixo fazem parte do conteúdo de corrente elétrica. Nele, inserimos um vídeo que estava numa pasta do computador e ele só aparece quando é solicitado, isto é, ao clicar, por ser o efeito desejado nessa animação:

Figura 131: Exemplo de animação com vídeo



Fonte: Autor.

Já, na animação abaixo, foi inserido um *gif* animado na figura (televisão).

Figura 132: Exemplo de animação com vídeo



Fonte: Autor.

Vale apenas salientar que essas animações foram apresentadas no capítulo 4 desta dissertação e estamos apresentando novamente para o leitor que pretende apenas ver este produto educacional.

5.2. Aplicação do Produto

Para conferir se este produto educacional facilitaria no desenvolvimento cognitivo do aluno para uma aprendizagem significativa, utilizou-se o material produzido com os 16 *slides* sobre satélites para apresentação de 4 aulas de 50 minutos, cada uma, em uma turma de terceiro ano do ensino médio de uma escola particular de Recife que possuía um computador e um *datashow* em sala de aula. Vale salientar que todos os subsunçores, como as Leis de Newton e as Leis de Kepler, já tinham sido trabalhados em sala de aula antes da aplicação deste produto.

Vejamos a sequência das aulas:

As duas primeiras aulas foram apresentadas em um mesmo dia. Os 11 primeiros *slides* mostram a sequência utilizada pelo professor nas duas primeiras aulas. Já os próximos *slides* 12,13,14, 15 e 16 fazem parte das duas aulas restantes da aplicação deste produto educacional e aborda o tema “Lua: o nosso satélite natural”.

Slides 1 e 2

O professor inicia a primeira aula distribuindo um questionário com 3 questões. As duas primeiras questões deveriam ser respondidas por cada aluno antes do início das aulas. A terceira ocorreria durante a realização de um trabalho em equipe, com grupos de 3 ou 4 alunos. Depois dos alunos terem respondido as duas primeiras questões, o professor, utilizando as animações feitas no PowerPoint, define cada tipo de satélite.

Slides 3 e 4

O professor começa o terceiro *slide* com as perguntas: vocês sabem como essas máquinas são levadas da Terra até a sua órbita? Como eles entram em órbita? Já ouviram falar que as bases de lançamento de foguete são instaladas o mais próximo possível da Linha do Equador? Então, o professor utilizando as animações e baseado nas Leis de Newton, subsunçores para o estudo dos satélites, responde a essas perguntas, mostrando tanto como um foguete leva um satélite desde a sua base até sua órbita; como a trajetória do foguete e a economia de combustível que se faz quando o foguete é lançado o mais próximo possível da Linha do Equador.

Slides 5, 6 e 7

O professor começa o quinto *slide* com as perguntas: quais são as órbitas permitidas para um satélite? É possível que um satélite tenha uma órbita polar? É possível que um satélite tenha uma órbita equatorial? O que vocês acham?

Após uma breve discussão sobre o assunto, o professor responde a essas questões fundamentadas nas Leis de Newton, mostrando que no caso das órbitas circulares a força gravitacional que a Terra exerce sobre o satélite faz o papel de força centrípeta, e, que, portanto, a o plano da órbita do planeta deve passar pelo seu centro. Então, o professor utiliza as animações para mostrar tanto as órbitas possíveis, no *slide*, 6; quanto as órbitas não permitidas, no *slide* 7.

Slide 8

Neste *slide*, o professor fala e deduz utilizando as leis de Newton sobre a velocidade orbital dos satélites, onde ele mostra que a velocidade orbital de um satélite

independe de sua massa, depende da massa do planeta ou do corpo central e do raio de sua órbita.

Slides 9 e 10

O professor começa o nono *slide* com as perguntas: vocês já ouviram falar em satélites geoestacionários? Sabem quais são as suas funções? Então, logo em seguida, com a ajuda de animações e do PowerPoint no *slide* 9, ele responde a essas perguntas, mostrando, no *slide* 10, que um observador na Terra sempre vê esse satélite na mesma posição, pois ambos giram com a mesma velocidade angular.

Slide 11

O professor, baseado nas Leis de Newton e na terceira Lei de Kepler, mostra o raio da órbita e a que altitude um satélite geoestacionário gira em torno da Terra.

As duas últimas aulas

Slide 12

O professor começa o *slide* 12 lembrando sobre os movimentos de revolução (movimento combinado de rotação e de translação) que a Lua realiza em torno da Terra e de translação em torno do Sol.

Slide 13

O professor começa o *slide* 13 perguntando aos alunos se eles sabiam o que era perigeu, apogeu e lunação. E, depois de algumas discussões sobre essas perguntas, ele responde mostrando com uma animação que tanto a Terra como a Lua giram em torno do centro de massa do sistema Terra-Lua.

Slide 14

O professor começa o *slide* 14 perguntando aos alunos se eles já tinham ouvido falar ou mesmo visto em outras aulas que um observador na Terra só consegue ver uma mesma face da Lua. Na verdade, vê um pouquinho mais devido à sua lunação.

Então, o professor mostra, com uma animação feita no PowerPoint, que isso acontece porque o período de translação da Lua em torno da Terra e coincide com o seu período de rotação (aproximadamente 27,3 dias).

Slide 15

O professor começa a aula perguntando se a animação teria algum erro. Nessa animação, aparece a Terra parada em relação ao Sol e a Lua girando em torno da Terra numa órbita polar. E muitos alunos dizem que o erro da animação é que a Terra não está parada em relação ao Sol, conforme mostra a figura. Mas o professor responde: isso não deixa de ser verdade, mas o erro que ele pretendia mostrar seria a respeito da órbita da Lua em torno da Terra. Então, como é órbita da Lua em torno da Terra? Em seguida, o professor, com a utilização de uma animação, mostra que a órbita da Lua em torno da Terra está em um plano que forma um ângulo de **5,2°** com a elíptica.

Slide 16

Neste último *slide*, o professor mostra que, para ocorrer um eclipse, a Lua deve ocupar uma dentre duas posições bem determinadas, caso contrário todo mês teríamos um eclipse. Ademais, ele comenta em qual posição e em qual fase a Lua deveria se encontrar para que ocorresse um eclipse lunar e um eclipse solar, mas não entra em detalhes, pois esse assunto é discutido em Óptica Geométrica, capítulo da Física estudado, geralmente, no segundo ano do ensino médio.

5.3 Videoaulas

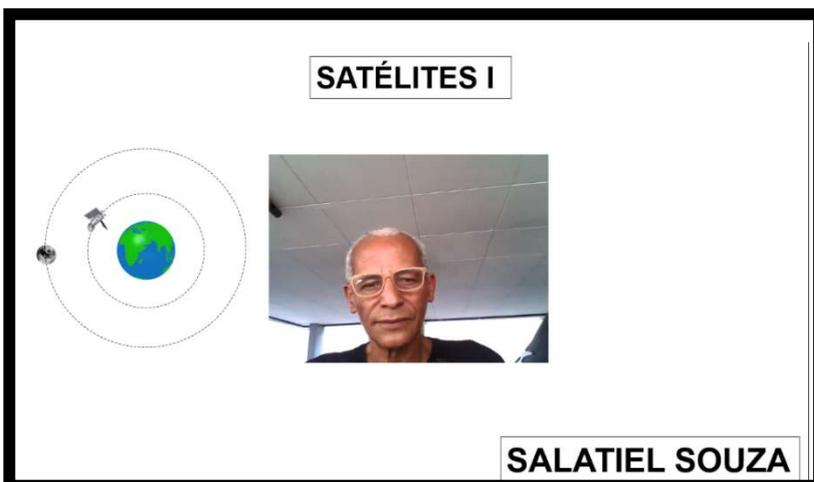
Por mais didático que seja o professor, por mais cautela que tenha quando elabora o seu plano de aula, sempre tem alguma coisa que ele precisa melhorar para próxima aula. Na verdade, isso acontece com qualquer profissional que está constantemente querendo oferecer um serviço de qualidade.

Por isso, desde o desenvolvimento deste produto até a sua aplicação, algumas animações foram modificadas, com o objetivo óbvio de que este produto fique melhor e que, de certa forma, possa melhorar a vida tanto do aluno como de todos os

professores que se interessam em aprender ou mesmo em melhorar as suas animações.

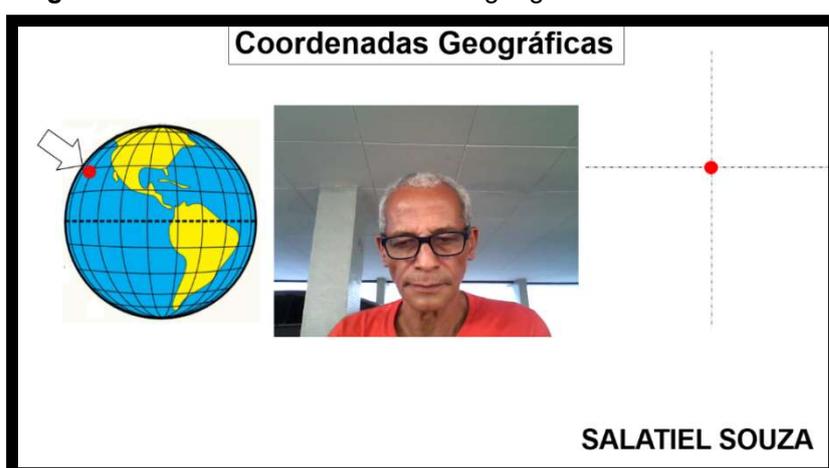
Assim, para mostrar como ficou o resultado atual, mas que, com certeza, ainda pode ser melhorado, segue abaixo os *links* onde se podem encontrar algumas videoaulas sobre a aplicação deste produto:

Figura 133: Videoaula Satélites 1



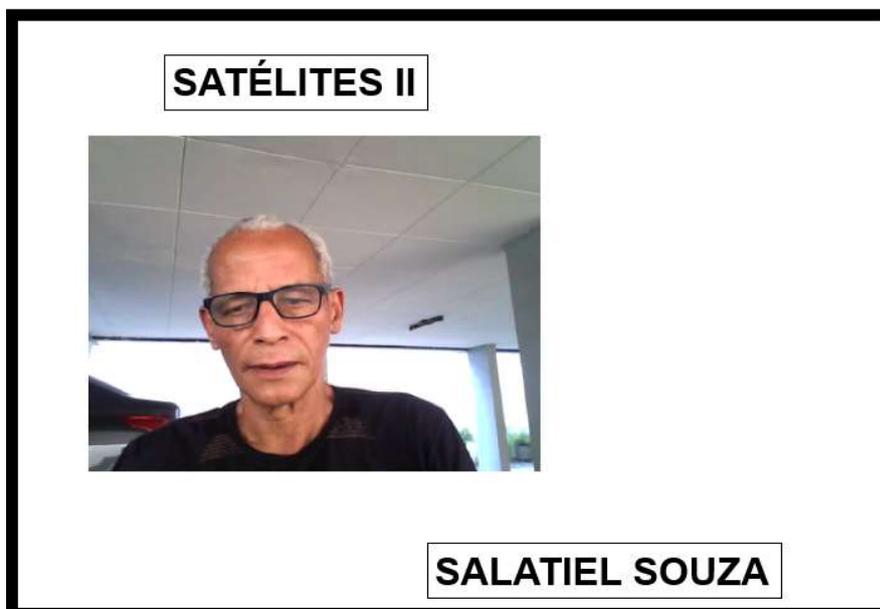
Fonte: Autor. Para ver mais, acesse: <<https://youtu.be/ZGBIsOxzcP0>>.

Figura 134: Videoaula - Coordenadas geográficas



Fonte: Autor. Para ver mais, acesse: <<https://youtu.be/c8xoxhn14Q4>>.

Figura 135: Videoaula - Trajetória de um satélite



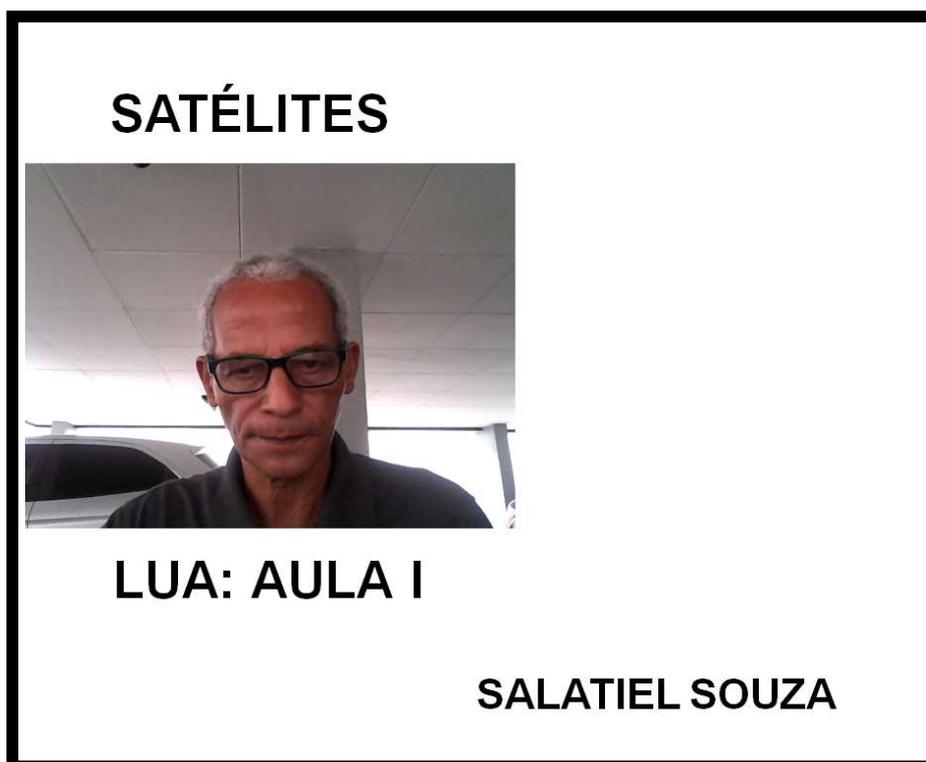
Fonte: Autor. Para ver mais, acesse: <<https://youtu.be/oV6Js4z0bnE>>.

Figura 136: Aula - Satélites geoestacionários



Fonte: Autor. Para ver mais, acesse: <<https://youtu.be/inANzbFE-Kg>> e <<https://www.youtube.com/watch?v=inANzbFE-Kg&feature=youtu.be>>.

Figura 137: Nossa Lua - Aula 1



Fonte: Autor. Para ver mais, acesse: <<https://youtu.be/4m765mDIKlc>>.

Figura 138: Nossa Lua: Aula 2



Fonte: Autor.¹

¹ Essa aula foi gravada, mas ainda não foi possível disponibilizá-la no YouTube, pois ocorreram problemas ao tentarmos realizar o *upload*. Estamos cogitando a possibilidade de dividi-la em duas partes para realizar a postagem em breve.

5.4 Pesquisa Avaliativa

Este trabalho tem um caráter científico e tem como objetivo auxiliar a todos os professores de Física que desejam fazer animações em suas aulas, mas não sabem como. Nesse sentido, buscou-se aqui, incessantemente, por formas alternativas e didáticas para melhorar as suas aulas sem torná-las menos rigorosas com o ensino da Física, tornando-as cada vez mais interessantes e inclusivas de modo que possamos formar cidadãos e cidadãs mais críticos e comprometidos com o desenvolvimento de nosso país.

Para uma melhor compreensão da opinião dos alunos sobre as suas aprendizagens com aulas em PowerPoint e com uso de animações e até mesmo para que não houvesse respostas predefinidas e tendenciosas, optamos em fazer uma **pesquisa qualitativa**, usando apenas as narrativas dos 15 entrevistados.

Como parte dos procedimentos metodológicos, foi elaborado um questionário com três perguntas:

1ª. O que você acha do uso do *Datashow* para apresentação de uma aula de física?

2ª. Você acha que as animações vistas em PowerPoint te ajudam a compreender melhor um assunto de física?

3ª. O que você achou dessas aulas sobre satélites? As animações te ajudaram a entender melhor o assunto?

As duas primeiras perguntas foram feitas antes da aplicação do produto e têm um caráter mais abrangente, com as quais se pretendeu identificar a opinião do estudante sobre o uso de aulas expositivas em aulas de Física com o *datashow* e de animações feitas em PowerPoint. Já a terceira pergunta, feita após a aplicação do produto, tem um caráter mais específico, propondo que eles comentem sobre a experiência que tiveram durante a aplicação do produto e se ele pode auxiliar, de alguma forma, na aprendizagem do conteúdo.

5.5 Resultado da Pesquisa

Respostas apresentadas antes da aplicação do produto:

1ª pergunta: o que você acha do uso do *datashow* para apresentação de uma aula de física?

- “Isso é muito relativo, depende de vários fatores. A aula com *datashow* pode de se tornar muito rápida e monótona, assim como, dependendo da experiência do professor, pode ajudar bastante na compreensão da matéria” (Aluno 1).
- “Não gosto, prefiro o quadro e piloto” (Aluno 2).
- “Nem sempre ajuda, muito pelo contrário, às vezes torna a aula muito rápida” (Aluno 3).
- “As animações e o vídeos me ajudam a entender melhor o assunto” (Aluno 4).
- “Podem ser ruins ou boas dependem da abordagem do professor” (Aluno 5).
- “Não gosto de Física. Por isso, com *Datashow* ou sem *Datashow*, as aulas de Física e Matemática são sempre uma tormenta na minha vida” (Aluno 6).
- “As melhores são aquelas em que o professor explica bem a matéria e devagar, e, que além disso, o material da aula seja bem produzido com *gifs* animados, animações e ainda com a utilização o quadro e do piloto” (Aluno 7).
- “Ajudam, prefiro com *slides*, deixa a aula mais dinâmica” (Aluno 8).
- “Sim você consegue entender melhor o assunto.” (Aluno 9).
- “Não” (Aluno 10).
- “Até ajudam, mas prefiro no quadro mesmo” (Aluno 11).
- “São mais práticas e rápidas só precisam ser mais devagar” (Aluno 12).
- “Por mais perfeitas que elas sejam, eu prefiro a aula no quadro. Consigo entender melhor o assunto desta maneira” (Aluno 13).
- “Torna as aulas mais rápidas e tenho dificuldades nessa matéria” (Aluno 14).
- “Quando o professor é bom não importa se aula é dada em *Datashow* ou no quadro” (Aluno 15).

2ª pergunta: você acha que as animações vista em PowerPoint te ajudam a compreender melhor um assunto de física?

- “Eu acho que sim, e ao mesmo tempo acho que não, mas eu gosto desse tipo de aula, pois, é algo novo pra mim” (Aluno 1).
- “Ajudam, prefiro com *slides*, deixa a aula mais dinâmica” (Aluno 2).
- “Gosto muito (mesmo sendo um assunto um pouco chato). As animações me ajudam entender melhor o assunto” (Aluno 3).
- “Sim, são boas” (Aluno 4).

- “Radical e legal” (Aluno 5)
- “São mais práticas e rápidas” (Aluno 6).
- “Sim, as animações são interessantes para o desenvolvimento das aulas” (Aluno 7).
- “As animações são melhores que os desenhos parados no quadro” (Aluno 8).
- “As animações são muito boas” (Aluno 9).
- “São boas para compreender o assunto” (Aluno 10).
- “Sim, pois visualizo o que está sendo dito e absorvo melhor o que está ensinando em aula” (Aluno 11).
- “Acho boas, deveria ter mais. As animações é um bom instrumento para minha aprendizagem em Física” (Aluno 12).
- “Acho chatas e doem na minha vista” (Aluno 13).
- “Não, pois, acho que a aula fica um pouco monótona. Ao escrever no quadro o entendimento fica melhor e o professor consegue interagir melhor com os seus alunos” (Aluno 14).
- “Física não é nem de longe a minha matéria preferida, mas, quero ser médica e parece que preciso dela e as animações me ajudam bastante a entender essa matéria” (Aluno 15).

Vale salientar que foram feitas cópias das respostas no apêndice B desta dissertação.

Depois da Aplicação do Produto:

3ª pergunta: o que você achou dessas aulas sobre satélites? As animações te ajudaram a entender melhor o assunto?

- “Excelentes, muito bem-feitas” (Aluno 1).
- “Dinâmicas e interativas” (Aluno 2).
- “Interessantes e inclusivas” (Aluno 3).
- “Didáticas” (Aluno 4).
- “Boas, mas achei muito rápidas” (Aluno 5).
- “Muito legais, mas o senhor poderia ter dado essas aulas mais lentamente” (Aluno 6).
- “Poderia ser assim com Matemática e Química” (Aluno 7).

- “Foram muito boas, mas, muito rápidas, e além disso, o senhor poderia ter feito uma experiência” (Aluno 8).
- “As animações ajudam bastante, mas, ainda prefiro as aulas no quadro” (Aluno 9).
- “Por um lado, foi boa; por outro lado, foi rápida” (Aluno 10).
- “Sou muito suspeita para falar das aulas de Física. Tenho seríssimos problemas com a matemática, mas, as animações são boas” (Aluno 11).
- “Muito bem explicadas. Acho é que não gosto mesmo de nada que tenha a ver com contas, cálculos, Matemática, mas, com certeza, as animações ajudam a entender o que o senhor está dizendo” (Aluno 12).
- “Senti a falta de uma experiência nas aulas” (Aluno 13).
- “Aulas muito corridas” (Aluno 14).
- “Não é que as animações não facilitem a compressão do assunto, mas continuo achando melhor as aulas no quadro” (Aluno 15).

Vale salientar que essas respostas foram registradas e colocadas no apêndice B desta dissertação.

Ademais, a partir das respostas dadas pelos discentes, pode-se notar que a maioria do grupo parece ter gostado do material oferecido em sala de aula. Dois deles disseram ter aprendido de modo significativo a partir dessa estratégia de ensino. Outros cinco estudantes destacaram ser rápido. Três alunos gostariam de ter alguma experiência a mais com o recurso utilizado pelo professor. Além disso, um aluno destacou que ainda preferiria o quadro (cinza). E, por fim, um aluno falou que são aulas mais inclusivas.

6. Resultados e considerações finais

Nas respostas que os alunos deram para pesquisa qualitativa, que foi feita antes e depois da aplicação do produto, observam-se relatos que informam se os discentes conseguem ou não aprender melhor com as animações. Constatou-se, ao fim, que, mesmo aqueles que preferem que a aula seja no quadro, gostaram das animações e conseguem entender melhor com elas.

Quando uma aula é dada em *datashow*, nada impede que o professor também utilize o quadro, muito pelo contrário. As animações podem ser utilizadas apenas para que o aluno consiga compreender melhor o fenômeno. Quando o professor não tem muito tempo para ver um conteúdo, é importante que ele faça uma ficha de aula em Word com uma sequência parecida com a do *datashow*, mas, sempre tendo o cuidado para que a aula não seja muito corrida porque compromete a aprendizagem.

A propósito, muitos dos alunos entrevistados concordam que a aula sobre satélites foi muito rápida e, sobre isso, concorda-se com eles, uma vez que essa aula foi apresentada em 16 *slides*, cada um contendo informações que o aluno deve ancorar aos seus conceitos subsunsores. Mesmo que a explicação fosse perfeita e que as animações produzidas os ajudassem perfeitamente a compreender melhor os fenômenos, a quantidade de informações e a rapidez com que elas chegaram aos alunos devem, sem sombras de dúvidas, ter interferido de forma negativa no processo de aprendizagem.

Uma explicação que muitos professores encontram para essa rapidez com que as aulas são dadas, mas que, todavia, não serve como justificativa plausível, é a ampla quantidade de assuntos cobradas nos vestibulares que os alunos se submetem no final do ano, além da enorme quantidade de provas que as escolas inventaram no decorrer do tempo, ocasionando, muitas vezes, no fato de que os assuntos sejam vistos de maneira superficial, sem nenhum aprofundamento. Dessa forma, a consequência de tudo isso é uma aprendizagem mecânica, isto é, que não facilita a estrutura cognitiva do aluno dando a ele como única opção o decoramento de fórmulas matemáticas e de alguns conceitos e definições.

Por isso, cabe ao professor comprometido com o processo de ensino-aprendizagem não apenas buscar formas alternativas para ensinar Física ou qualquer outra matéria, é necessário que ele conheça o seu aluno, o seu estilo de

aprendizagem, a melhor forma que ele tem de aprender, e, se possível, o tempo que ele consegue ficar atento à aula. Assim, mesmo com esse excesso de assuntos na grade curricular das escolas, o professor poderá dosar melhor o tempo em que determinado assunto deve ser ministrado sem que ocorra um atropelo com a quantidade de informações repassadas para o aluno facilitando na sua estrutura cognitiva uma aprendizagem significativa.

Essas animações que foram desenvolvidas para este produto são determinantes para que a maioria dos alunos consiga compreender melhor os fenômenos físicos, como, por exemplo, o fato de enxergarmos apenas uma face da Lua, a trajetória de um satélite desde a base de lançamento do foguete até a sua órbita, a órbita da Lua em torno do centro de massa do sistema Terra-Lua, o movimento dos satélites geoestacionários, dentre outras apresentadas neste trabalho. Por isso, esse ponto negativo na aplicação do produto não tira o mérito das animações que foram construídas, nem tão pouco das aulas que foram ministradas, muito pelo contrário, talvez tenha sido até melhor que isso tenha acontecido, pois serviu de alerta ou de exemplo do que não se pode fazer numa aula com PowerPoint, correr para concluir o material produzido, a propósito acredita-se que nunca se deva fazer isso.

Aprende-se na vida (e muito) com pessoas especiais. A partir do contato com os professores Gildo Passos (*in memoriam*) e Rui Lima, foi possível, em minha carreira profissional, realizar os primeiros comandos de como fazer animações em PowerPoint. Desde então, tudo se foi somando aos meus conhecimentos sobre o assunto, ensinando a outros amigos que também se interessaram em aprender a fazer esses objetos virtuais. A partir disso, surgiu a ideia de ensinar a fazer animações em PowerPoint para professores de Física de uma forma mais abrangente, em um artigo ou em um produto educacional de uma dissertação de mestrado.

Por isso, como já foi dito na introdução desta dissertação, este produto tem como público-alvo os professores de Física que ainda não sabem como fazer esses objetos virtuais, mas que estejam buscando formas alternativas de tornar as suas aulas ainda mais interessantes e inclusivas, facilitando na estrutura cognitiva de seus alunos uma aprendizagem significativa.

O fato é que buscamos outras formas alternativas, além do quadro ou piloto e livro texto, para lecionar uma disciplina como Física, que requer certo poder de abstração do aprendiz, nunca é demais, assim como os experimentos que podem ser realizados em sala de aula ou em laboratórios, caso a escola possua. Ademais,

existem muitos *softwares* interativos gratuitos, como o *PhET Interactive Simulations*; *Modellus*; *Stellariun*; *Celestia*; dentre outros, que estão disponíveis na internet.

Entretanto, nenhum dos *softwares* interativos listados anteriormente substitui o *datashow* para apresentação de um conteúdo com vídeos e animações. Daí a importância do uso desse passador de *slides* como valiosa ferramenta no processo de ensino e aprendizagem. Por fim, ressaltamos que as animações bem produzidas ajudam tanto ao professor de física a lecionar melhor a sua matéria como ao aluno a entendê-la de forma significativa, tornando o processo de ensino-aprendizagem mais leve e eficiente na formação de cidadãos. Esses levarão os conhecimentos debatidos em sala de aula para sua vida, independentemente de seguirem ou não por uma carreira acadêmica que tenha a ver com o estudo da Física, pois os conhecimentos dessa ciência estão fortemente presentes no dia a dia das pessoas e muito contribuem, em nossa sociedade, para o avanço tecnológico.

Referências bibliográficas

DUARTE JÚNIOR, João Francisco. **Porque Arte-Educação?** 6ª ed. Campinas: Papirus, 1991.

FERNÁNDEZ, Alicia. **Inteligência Aprisionada**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1991.

GAINZA, Violeta Hemsy de. **Estudos de Psicopedagogia Musical**. 3ª ed. São Paulo: Summus, 1988.

GOMBRICH, E. H. **A História da Arte**. Trad. Álvaro Cabral. 16ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

FREITAS, Suzana Rossi Pereira Chaves de. O processo de ensino e aprendizagem: a importância da didática. *In: Anais VIII FIPED*. Imperatriz: Realize, 2016.

HELOU, D.; GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B. **Tópicos de Física**. 1ª ed. Vol. 3. São Paulo: Saraiva, 2010.

Johnson-Laird, P.N. **Cognition, computers, and mental models**. *Cognition*, Nº 10, 1981, pp.139-143.

KELLER, F. J.; GETTYS, W. E.; SKOVE, M. J. **Física**. 1ª ed. Vol.1. São Paulo: Makron Books, 1999.

KELLY, G. **A theory of personality**: The psychology of personal constructs. New York: W.W. Norton & Company, 1963.

LIBÂNEO, J. C. **A avaliação escolar**. São Paulo: Cortez, 1994, pp. 195-220

LIBÂNEO, J. C. **O processo de ensino na escola**. São Paulo: Cortez, 1994, pp. 77-118.

LIBÂNEO, J. C. **Os métodos de ensino**. São Paulo: Cortez, 1994, pp. 149-176.

LUITEN, J.; AMES, W.; ACKERSON, G. **A meta-analysis of the effect of advance organizers on learning and retention**. *American Education Research Journal*, Nº 17, Vol. 2, pp. 211-218, 1978.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Física: Ensino Médio**. 1ª ed. Vol. 3. São Paulo, Scipione, 2003.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, 1999.

_____. **Aprendizagem Significativa Crítica**. 2. ed. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2005.

_____. **Aprendizagem significativa em mapas conceituais.** São Paulo: Textos de Apoio Ao Professor de Física, v. 1, n. 1, mar., 2013, pp.1-53.

_____. **Aprendizagem significativa subversiva.** Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, pp. 33-45, 2006.

_____. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. *In: Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo.* Burgos, Revista de Psicopedagogia, v. 1, n. 1, p.1-9, 1997.

_____. **Aprendizaje significativo: teoría y práctica.** Madrid: Visor, 2000.

_____. **Contribuições de David Ausubel para a intervenção psicopedagógica.** Revista de Psicopedagogia, São Paulo, v. 1, n. 1, 2015, pp.1-9.

_____. **Mapas conceituais e diagramas V.** Porto Alegre: Ed. do Autor, 2006.

_____. **Teorias de aprendizagem.** 2ª ed. ampl. São Paulo: EPU, 2011.

_____. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física.** Porto Alegre: Editora de Universidade, 1983.

MOREIRA, M. A.; BUCHWEITZ, B. **Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico.** Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1993.

MOREIRA, M. A.; CABALLERO, M. C.; RODRÍGUEZ, M.L. (orgs.). **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo.** Burgos, España, pp. 19-44, 1997.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. **Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos.** 1ª ed. São Paulo: Vetor, 2008.

_____. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel.** São Paulo: Moraes, 1982.

RESNICK, R.; HALLIDAY, D.; MERRILL, J. **Fundamentos de Física.** 7ª ed. Vol. 1. São Paulo: LTC, 2006.

RESNICK, R.; HALLIDAY, D.; KRANE, K. S. **Física.** 5ª ed. Vol. 1. São Paulo: LTC, 2003.

RAMALHO, F.; NICOLAU, G. F.; TOLEDO, P. A. **Os Fundamentos da Física.** 6ª edição, Vol. 3. São Paulo, Editora Moderna, 1997.

SALDANHA, Cláudia Camargo; ZAMPRONI, Eliete C. Berti; BATISTA, Maria de Lourdes Arapongas. **Semana Pedagógica: Estilos de Aprendizagem.** Paraná: Estado do Paraná, 2016.

SERWAY, R. A.; JEWETT JR., J. W. **Princípios de Física.** Vol. 1. São Paulo: Cengage Learning, 2004.

RENNER, Giselen Lefer Padilha. **Estratégias facilitadoras no processo de ensino/aprendizagem:** uma análise no ensino de ciências. Caminho Aberto - Revista de Extensão do IFSC, Nº 7, Vol. 4, dez., 2017.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física.** 5ª ed. Vol. 1. São Paulo: LTC, 2006.

VERGNAUD, G. **La théorie des champs conceptuels:** Recherches en Didactique des Mathématiques, Nº 23, Vol. 10, pp.133-170, 1990.

Apêndice A

Vejamos, agora, algumas informações importantes sobre a Escola onde o produto foi aplicado:

O Colégio Ideia, onde houve a intervenção do produto educacional desta dissertação, é localizado em Recife e tem como proposta pedagógica um ensino onde o aluno constrói o seu próprio conhecimento e é estimulado a desenvolver uma visão crítica sobre a sociedade em que vivemos. Essa escola possui três turmas do ensino médio e têm dois professores de Física mestrandos, no Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física.



A seguir, vejamos algumas informações sobre a Turma onde o Produto foi aplicado:

A turma escolhida para aplicação do produto foi a do terceiro ano do ensino médio do Colégio Ideia. Essa turma contém 22 alunos que irão se submeter a prova do Enem 2020, tentando uma vaga nas diferentes áreas do conhecimento. Nessa turma, 16 alunos, presentes no dia da aplicação do produto, participaram da pesquisa.



Apêndice B



Descrição de uma sequência de slides que mostra os comandos necessários a fim de fazer animações em Power point para construção de uma aula de física

Salatiel José de Souza

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Antônio Carlos da Silva Miranda

PRODUTO EDUCACIONAL

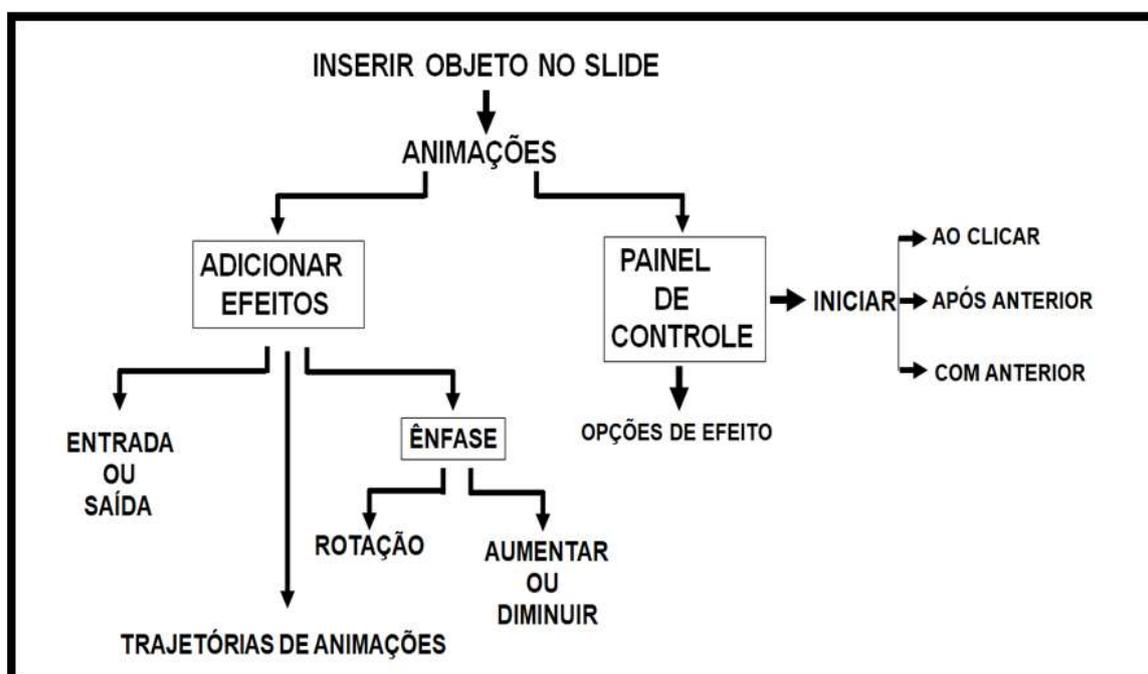
Este produto educacional compreende a **descrição de uma sequência de slides que mostra os comandos necessários a fim de fazer animações em Power point para construção de uma aula de física.**

Entretanto, de acordo com a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel, para obtermos uma aprendizagem significativa, temos que considerar que a aprendizagem de algo novo tem que ser ancorada em conceitos potencialmente significativos já presentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Dessa forma, o planejamento de qualquer atividade de ensino e aprendizagem deve, em seus passos iniciais, definir o conjunto de subsunçores necessários. Uma vez definidos, é preciso, por meio de organizadores avançados, identificar suas presenças e/ou construir os ausentes.

Por isso, antes dessa descrição apresentou-se um fluxograma e um tutorial sobre os principais comandos do PowerPoint para fazer animações. O fluxograma mostra a sequência dos principais comandos para fazer animações em PowerPoint.

Fluxograma



Fonte:Autor

Proposta de tutorial de como usar o PowerPoint para elaborar animações e Produto educacional

A maioria das pessoas já teve contato com o PowerPoint pelo menos uma vez ao longo da vida. No entanto, apesar de ser muito conhecido, são poucas as pessoas que realmente sabem usufruir de todos seus recursos.

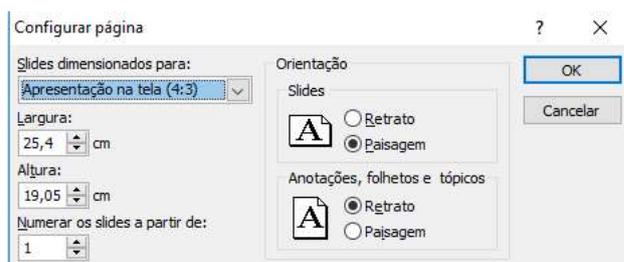
Podemos montar uma aula bastante atrativa inserindo *gifs* animados e animações usando apenas as ferramentas disponíveis no PowerPoint.

1. Início

Ao abrir o PowerPoint, aparecerão as faixas de opções:



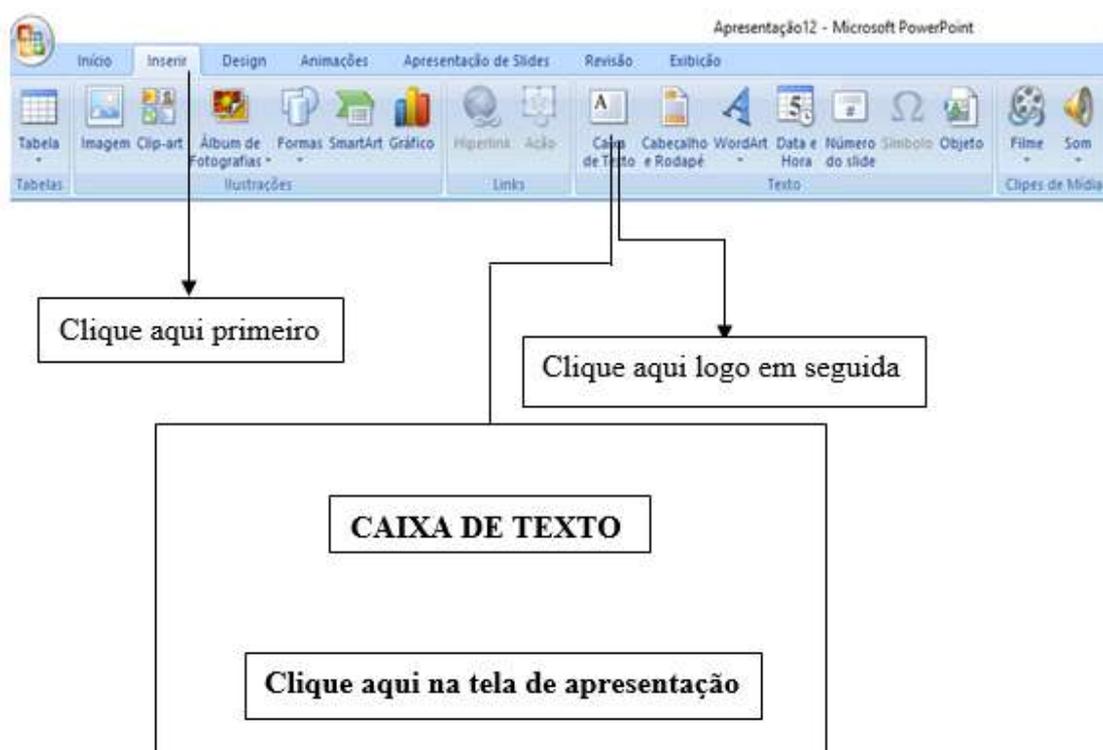
Clicando aqui, abre-se a caixa de diálogos abaixo para configurar página, isto é, para dimensionar os slides.



Também podemos deixar com as dimensões apresentadas.

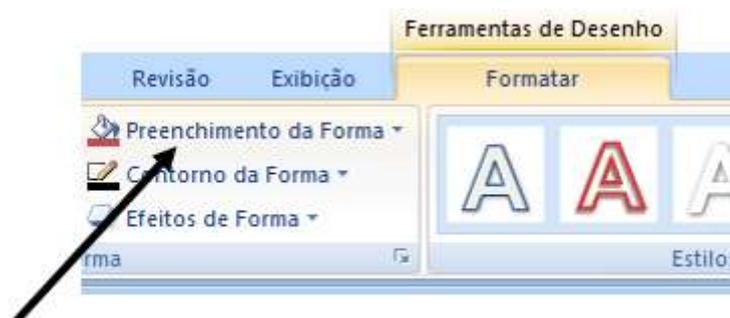


Nas nossas apresentações, preferimos selecionar e deletar o que vem na tela inicial. Nesse caso, devemos inserir uma caixa de texto na tela para poder digitar sobre ela. E como fazer isso? Vá às faixas de opções e clique em “inserir”, clique em “caixa de texto” e, logo em seguida, clique sobre a tela, conforme mostra a figura abaixo:



1.2 Preenchimentos e Contornos das Figuras Geométricas

Quando clicamos sobre a forma (figura), aparece sobre as faixas de opção a Ferramentas de Desenho. Clicando nela, apareceram duas janelas com as opções: Preenchimento da Forma e Contorno da Forma:



Clicando no preenchimento da forma, podemos alterar a cor da forma ou mesmo deixá-la sem preenchimento.



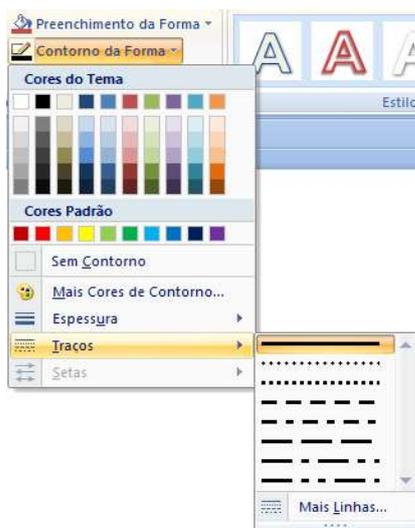
Clicando no contorno da forma, podemos alterar a cor do contorno ou mesmo deixá-la sem preenchimento:



Podemos utilizar uma espessura para o contorno, clicando na opção Espessura:

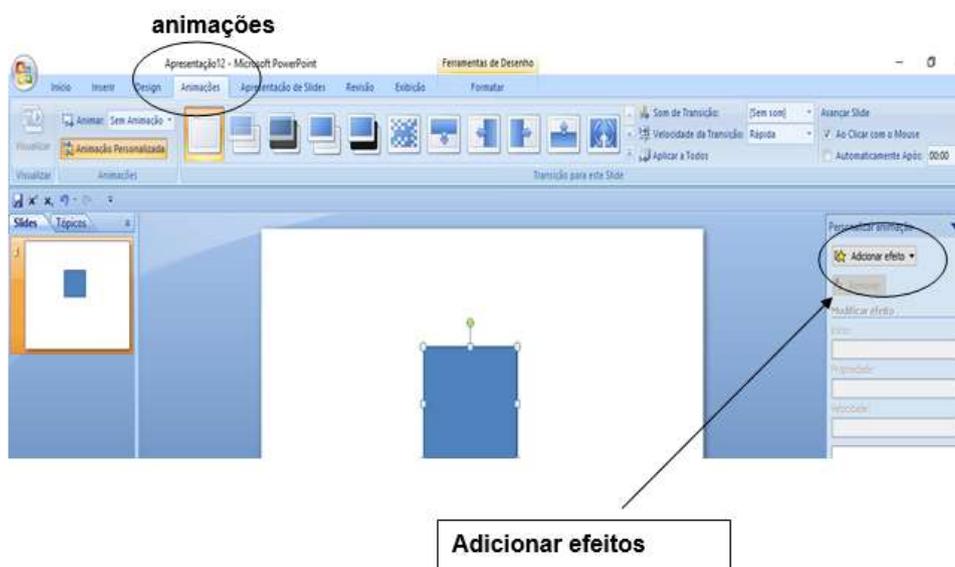


Inclusive, é possível também utilizar diferentes traços para o contorno clicando na opção traços:

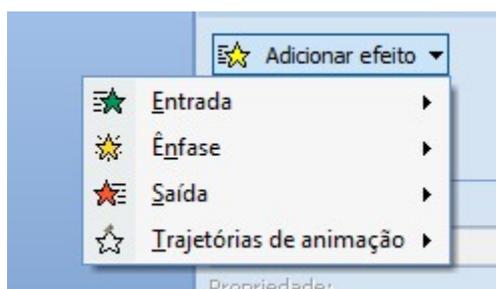


2. Como fazer animações em PowerPoint?

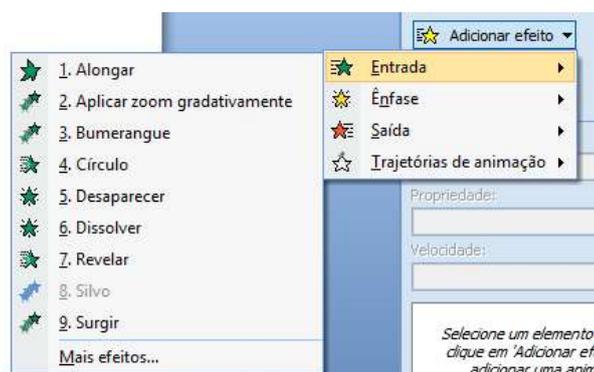
Na faixa de opções, clique em animações e, logo em seguida, clique na figura que você quer animar:



Clicando em Adicionar efeito, abrirá uma janela com as opções:



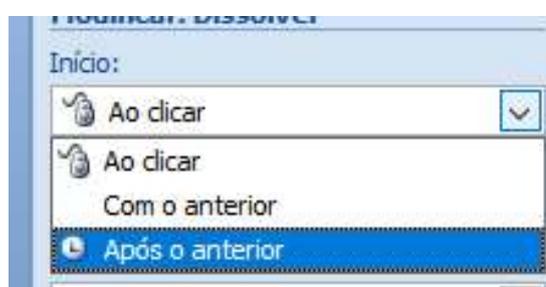
Clicando em Entrada aparecerá uma janela com várias opções de animações que você pode utilizar para a figura ou textos:



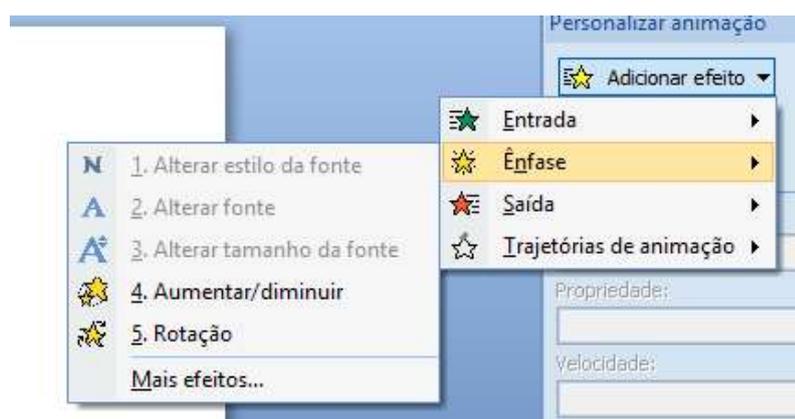
Ao escolher o efeito, é muito importante você colocar na animação se esse efeito deve ser acionado “ao clicar”, “com anterior” ou “após anterior”. Para isso, clique em “Adicionar Efeito” onde aparece o ícone “Início”.



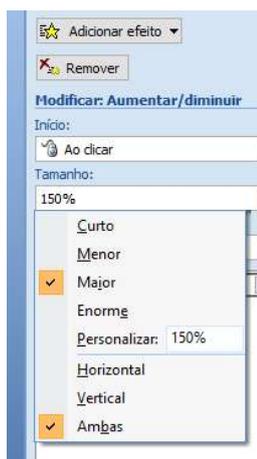
Clicando em início aparecerá:



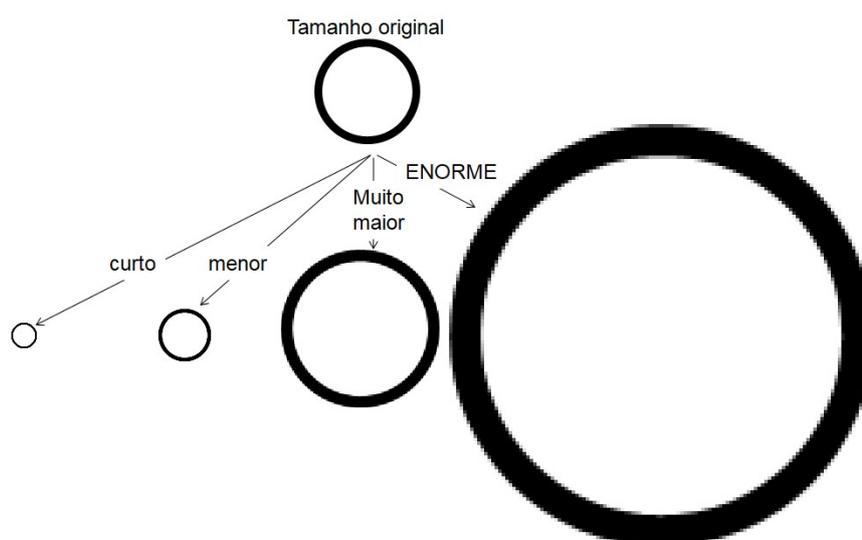
Agora você clica no efeito desejado. Vale salientar que esse efeito é indispensável para uma boa animação. Ademais, clicando em Ênfase aparecerão as opções:



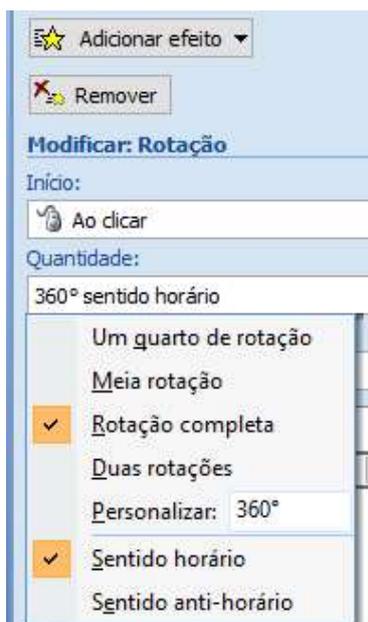
A opção “aumentar/diminuir” amplia ou reduz o tamanho da figura ou do texto. Ademais, você também pode escolher direção (vertical, horizontal ou ambas) em que o aumento ou a diminuição deve acontecer.



Com a circunferência no seu tamanho original, podemos obter uma das figuras da configuração abaixo. Optamos aqui pela opção Ambas, mas também poderia optar pelas opções Horizontal ou Vertical.



A opção Rotação rotaciona a figura que se pretende animar e ainda da opção do sentido da rotação (horário ou anti-horário).



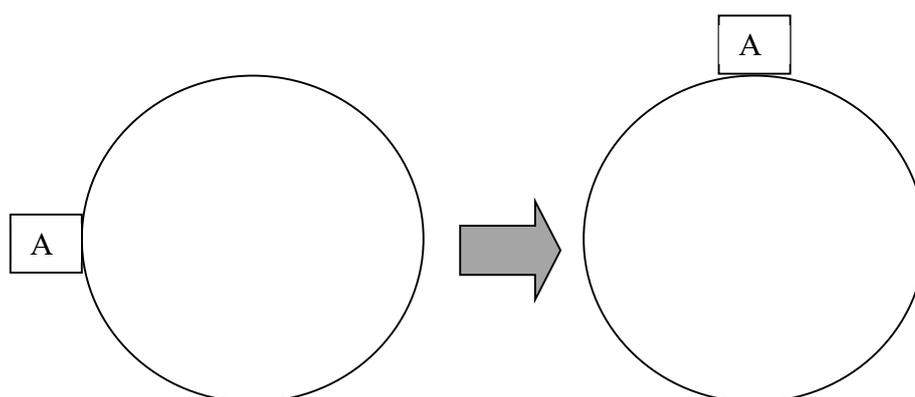
Aqui residem os dois problemas nas animações do PowerPoint:

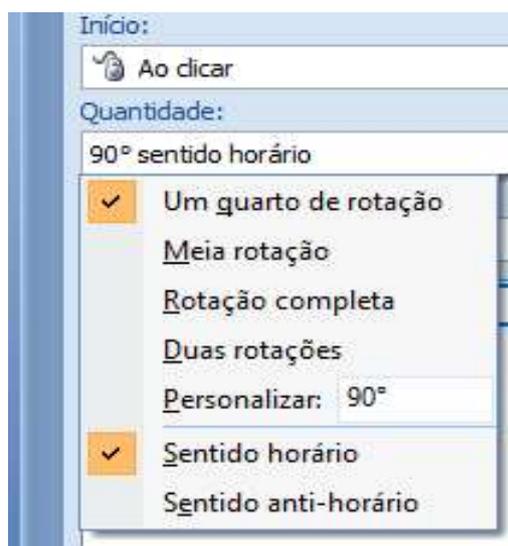
1º. As figuras só giram na direção vertical (na direção da tela do computador, não gira na horizontal, por exemplo).

2º. As figuras só giram nas 90°, 180° ou 360°.

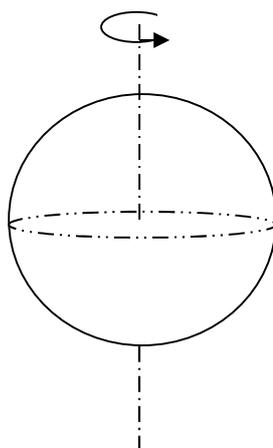
Exemplos:

Na animação abaixo, o disco girou de 90° (um quarto de rotação no sentido anti-horário).

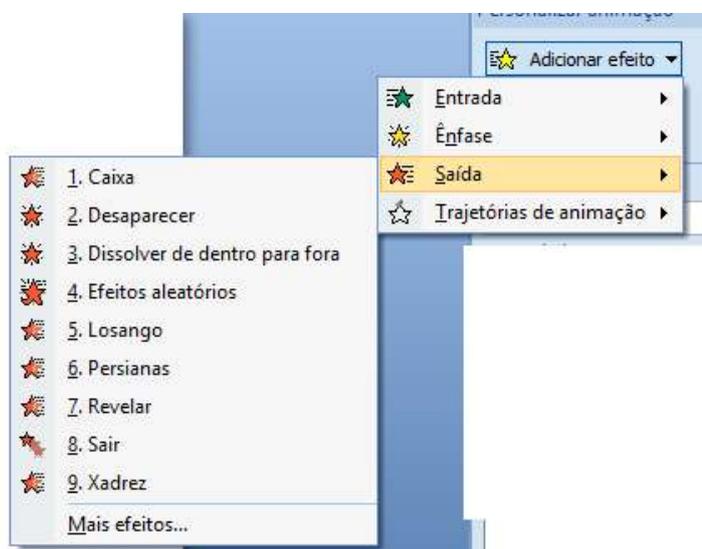




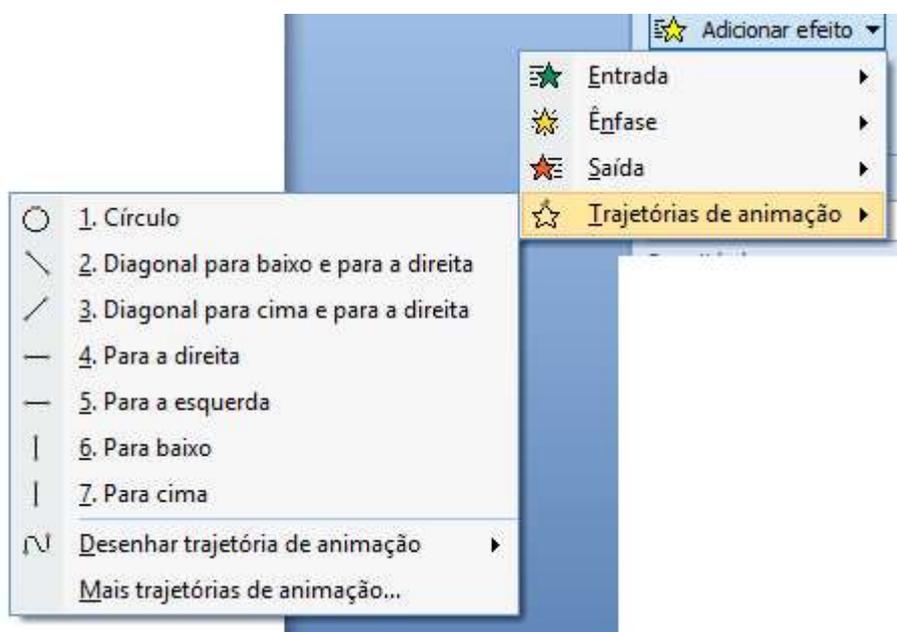
Não é permitido, por exemplo, a esfera abaixo girar na horizontal, isto é, em torno de um eixo vertical, como o giro da Terra em torno do plano do Equador.



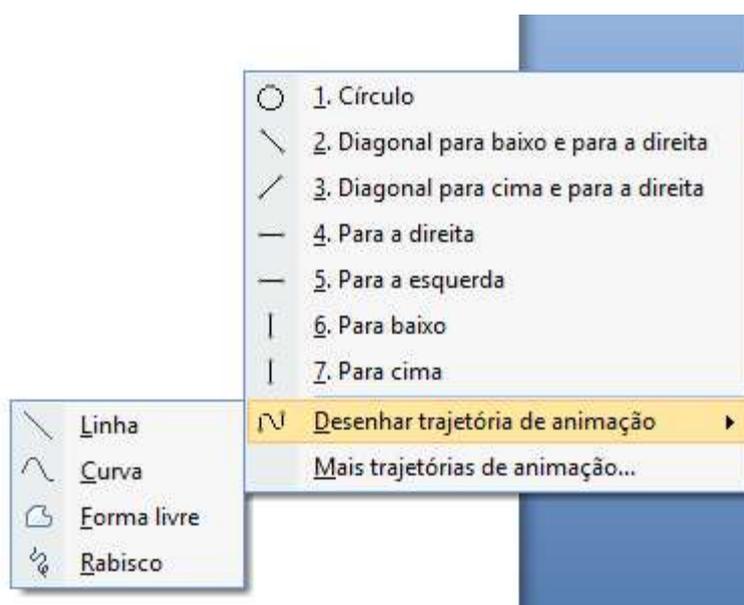
A opção Saída faz a figura desaparecer com uma animação desejada:



A opção Trajetórias de Animação é utilizada para fazer com que a figura que se pretende animar se movimente por uma trajetória qualquer:



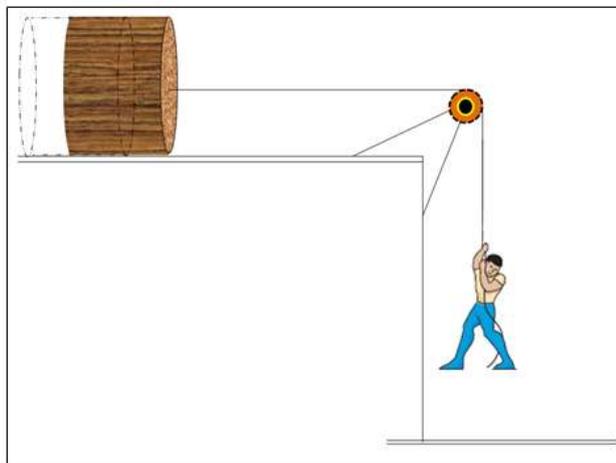
Clique em Desenhar trajetória de animação e aparecerá a janela abaixo:



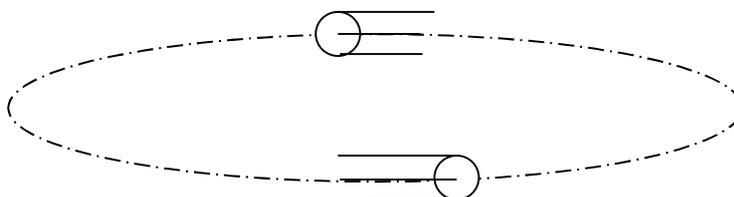
A opção Linha coloca a figura em movimento retilíneo na direção que você escolher, por exemplo, na direção horizontal:

Exemplos:

Utilizou-se esse efeito (Desenhar trajetória de animação-linha) na animação abaixo, onde aparece o bloco se deslocando para direita e o homem descendo.



b) Utilizou-se esse efeito (Desenhar trajetória de animação-curva) na animação abaixo, onde aparece uma esfera se movimentando numa trajetória circular:



3. Como inserir um som no PowerPoint

Clique em Inserir e logo em seguida em Som:



Clicando em Som do arquivo, somos encaminhados a sons (músicas, áudios, dentre outros) que se encontrem numa pasta do computador. Nessa pasta, clique no som desejado e ele aparecerá no *slide*.

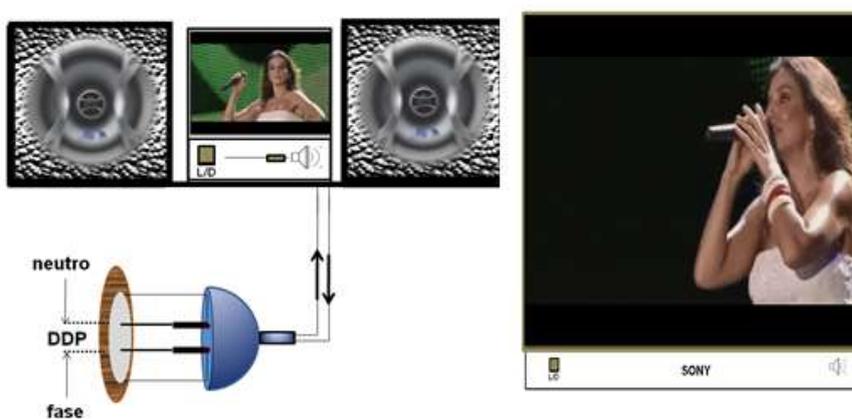
Utilize a opção automaticamente caso você queira que ele comece com a apresentação do *slide* ou utilize as opções ao Clicar ou Após anterior.

4. Como inserir um vídeo no PowerPoint

Segue o mesmo roteiro do som.

Exemplos:

As animações a seguir fazem parte do conteúdo de corrente elétrica. Nele, inserimos um vídeo que estava numa pasta do computador e ele só aparece quando é solicitado, isto é, ao clicar, por ser o efeito desejado nessa animação:



Já na animação abaixo foi inserido um *gif* animado na figura (televisão):



5. O uso adequado do PowerPoint em uma aula de Física

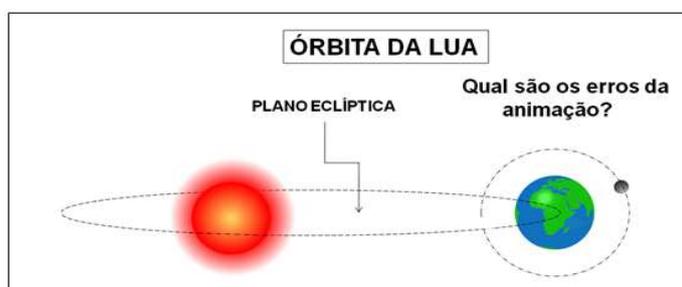
Atualmente, diante das complexidades de um mundo digitalizado e globalizado são imprescindíveis estratégias pedagógicas em sala de aula e dentre essas o uso de animações em PowerPoint. Nesse sentido, indicamos o uso de animações realizadas

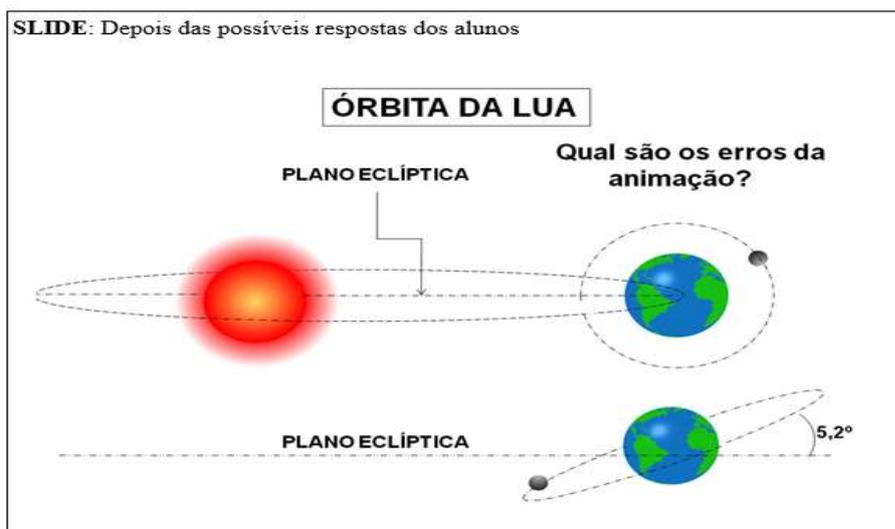
em PowerPoint como uma alternativa para um ensino que se aproveite o potencial de aprendizagem visual.

Com certeza um experimento que um professor de física realiza em sala de aula elucidada um fenômeno e ajudar no processo ensino aprendizagem, assim como, um software interativo, tais como: *Modellus*, o *PhET Interactive Simulations*, *Stellarium*, *Celestia*, dentre outros. Tudo isso também ajuda bastante nesse processo e de maneira significativa. Contudo, em uma aula expositiva, o uso do PowerPoint pode ser um grande aliado do professor desde que o material seja produzido atendendo a determinados comandos, caso contrário, não vale apenas utilizá-lo.

Quando tratamos aqui de comandos, fazemos referência aos efeitos que devemos utilizar para construir o material da aula. Como sugestões para uma boa apresentação em PowerPoint, podemos citar, por exemplo:

- I) A importância de o aluno ter um material escrito em Word ou em pdf, como uma ficha de aula dada pelo professor, onde ele faça apenas pequenas anotações. Caso o contrário, o professor tem que estar constantemente parando a sua aula para o aluno fazer anotações, o que pode deixar a aula maçante. Longe de abolir o livro didático, devemos levar em consideração o seu uso como mais um mecanismo, mas não único.
- II) Que a aula seja construída com perguntas que levem o aluno a pensar durante a própria aula. Perguntas tais como: qual o erro nessa animação? Pode-se mostrar, por exemplo, uma animação com a Lua girando em torno da Terra, mas, num plano perpendicular a eclíptica, quando, na verdade, o plano da órbita da Lua em torno do Sol, formando um ângulo de $5,2^\circ$ aproximadamente com a eclíptica.





III) Que a fonte seja Arial ou Tahoma e o tamanho das letras seja a partir de 24, e dos títulos, a partir de 30.

IV) Que a cor da tela seja branca ou preta. Evite o vermelho, verde ou azul escuros, essas cores cansam a vista do aprendiz, excepcionalmente se o aluno precisar escrever algo no *slide* ou se essa informação for indispensável para compreensão do conteúdo abordado.

V) Não coloque uma cor clara no *slide* e utilize letras brancas ou outra cor

VI) Colocar muitas informações em um mesmo *slide*. Na verdade, o ideal é que cada *slide* deva ser apresentado apenas com o nome do título, a animação ou mesmo uma figura estática e apenas algumas palavras indispensáveis. Use e abuse da quantidade de *slides*.

VII) Evitem animações que fiquem girando, subindo ou descendo durante muito tempo, isso cansa a vista do aprendiz.

VIII) Os comandos, ao clicar, após anterior, com anterior são fundamentais para se construir uma boa animação, por isso, caso um desses efeitos sejam invertidos, a animação pode não atingir o seu objetivo.

IX) Use o comando revelar quando precisar que a animação siga um determinado sentido. Revelar, para cima, para baixo, para esquerda ou para direita, dependendo do efeito pretendido.

6. Transformando um PowerPoint em vídeo

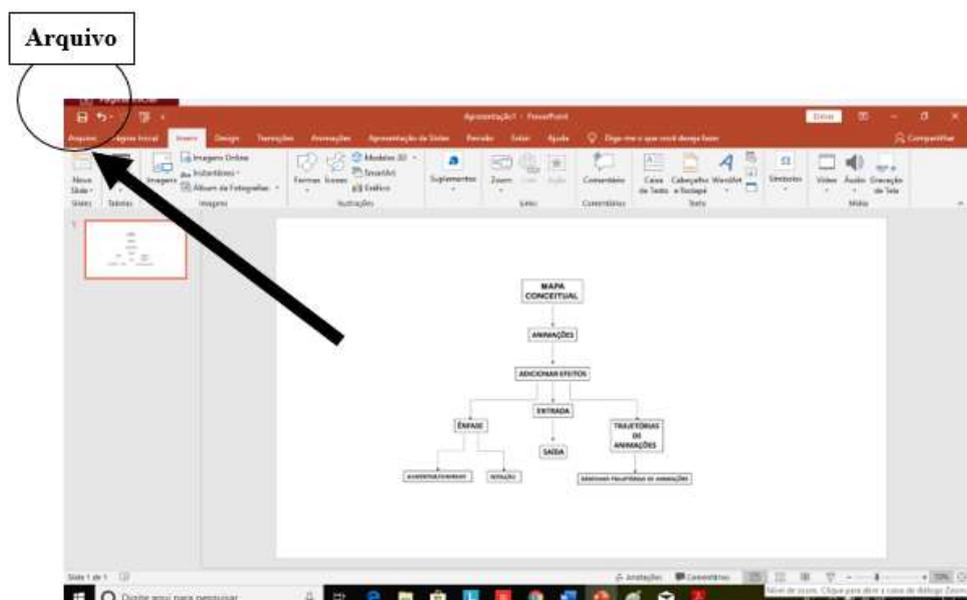
O recurso que permite transformar os *slides* do PowerPoint em vídeo é muito importante para garantir a originalidade do material elaborada pelo autor. E, além disso, nesse formato, a aula em PowerPoint pode ser encaminhada para os estudantes para futuras consultas.

E, além disso, também podemos gravar vídeos aulas que são úteis em várias ocasiões, tais como: o aluno pode assistir às nossas aulas em casa. Ademais, podemos utilizá-las em sala de aula ou até mesmo podemos postá-las no YouTube, dentre outras coisas.

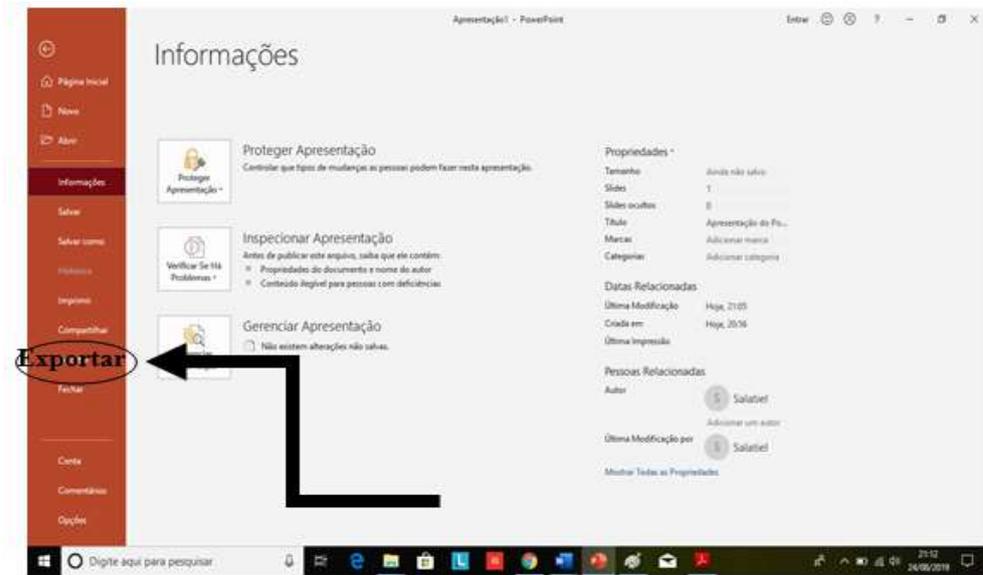
Vale salientar que essa transformação só é possível a partir do Office 2010. Então, como se procede? É muito simples.

Vejamos a sequência no Office 2019.

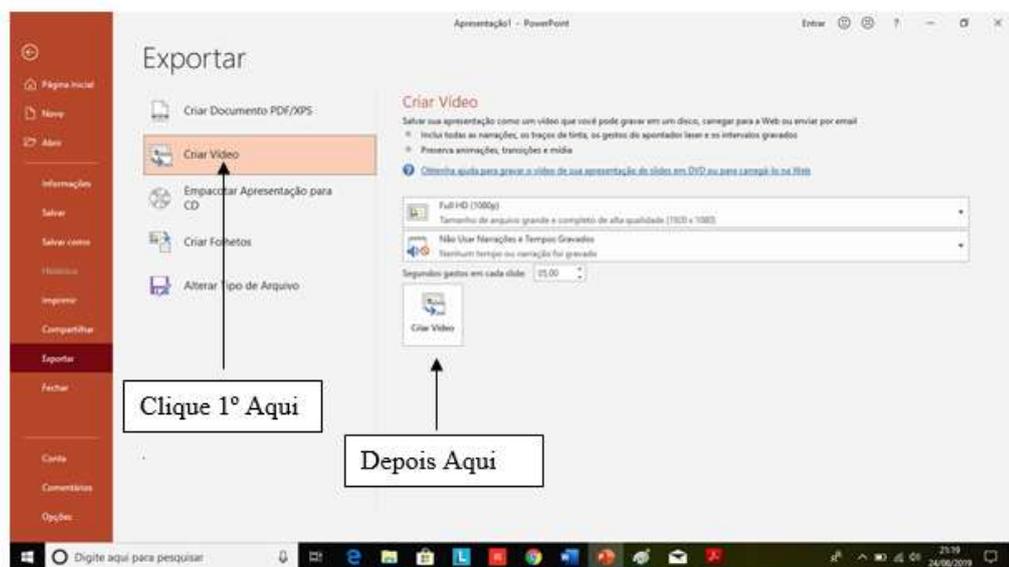
1º) Com o arquivo em PowerPoint aberto, clica em “Arquivo”.



Após clicar em arquivo, deve-se buscar a opção “exportar”:



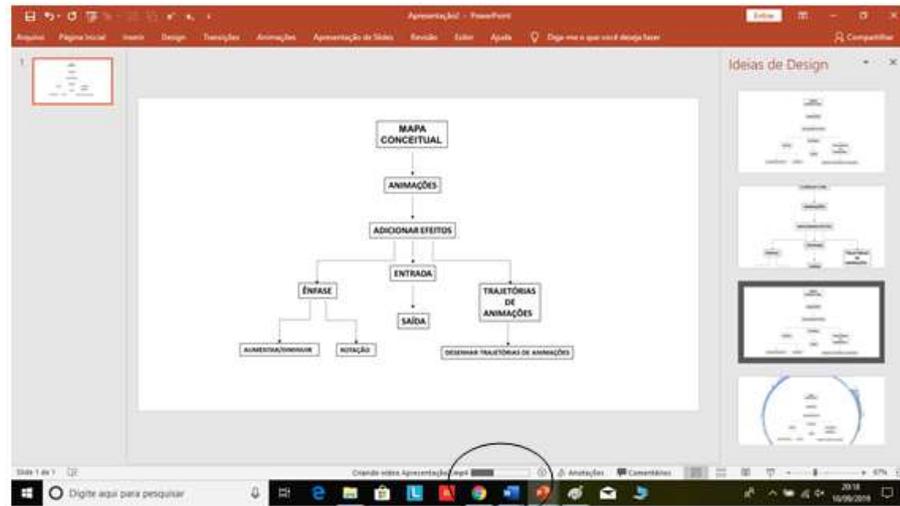
2º) Ao clicar em “Exportar”, aparecerá a janela:



Siga a sequência mostrada na figura acima.

3º) Salvar o arquivo. Pronto, agora é só esperar a conversão e a aula em PowerPoint será convertida em vídeo.

Figura 139: Criando um vídeo a partir do PowerPoint



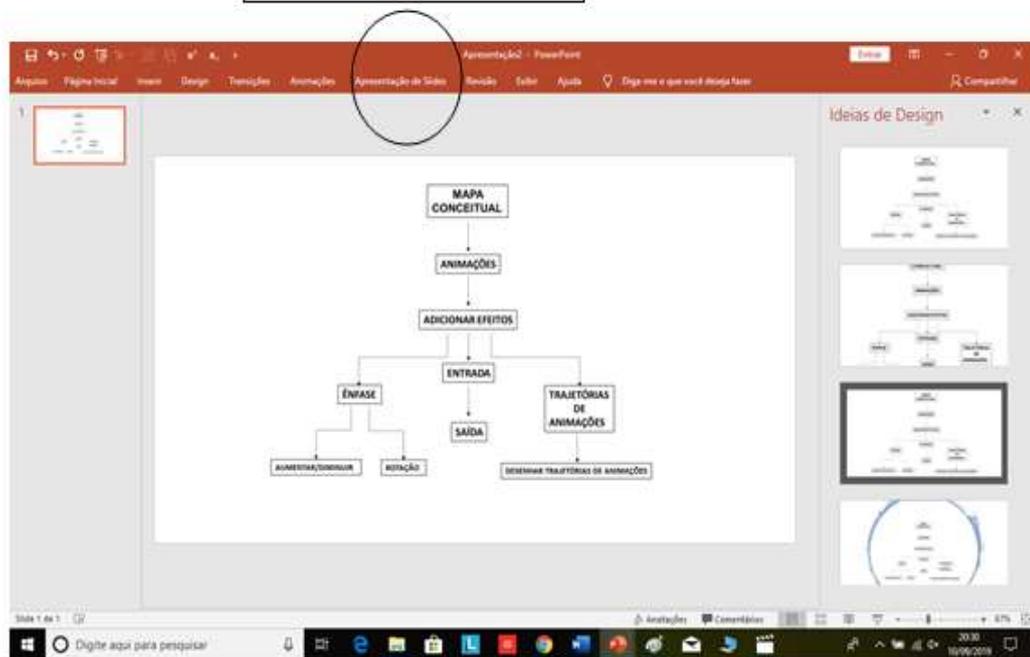
CONVERTENDO



7. Transformando um PowerPoint em Vídeo Aula

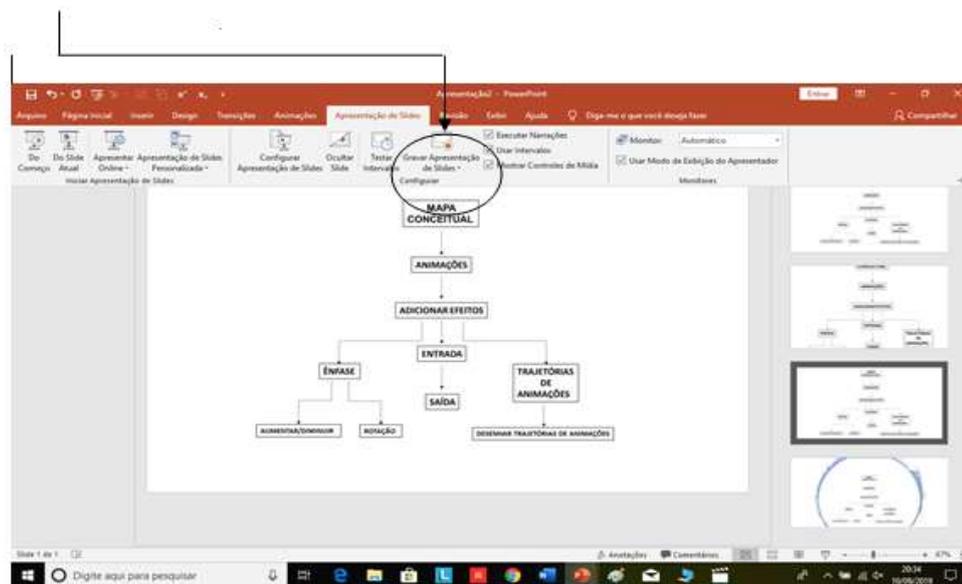
Com a aula já nos *slides*, clique em “Apresentação de *Slides*”.

Apresentação de Slides

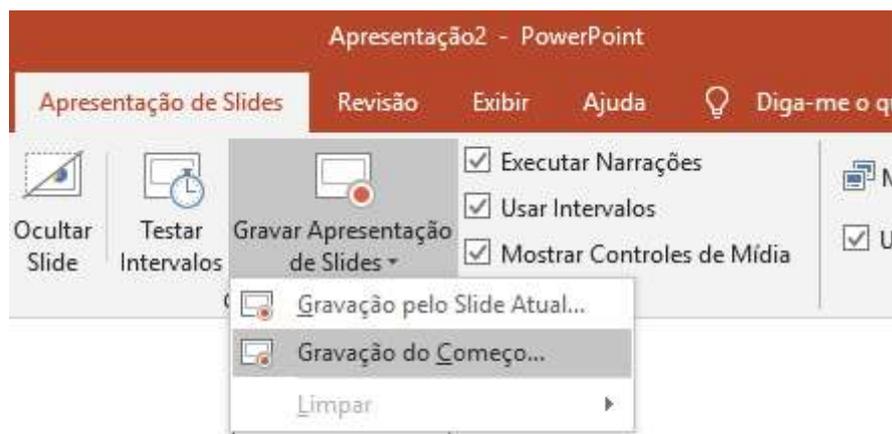


Fonte: Autor.

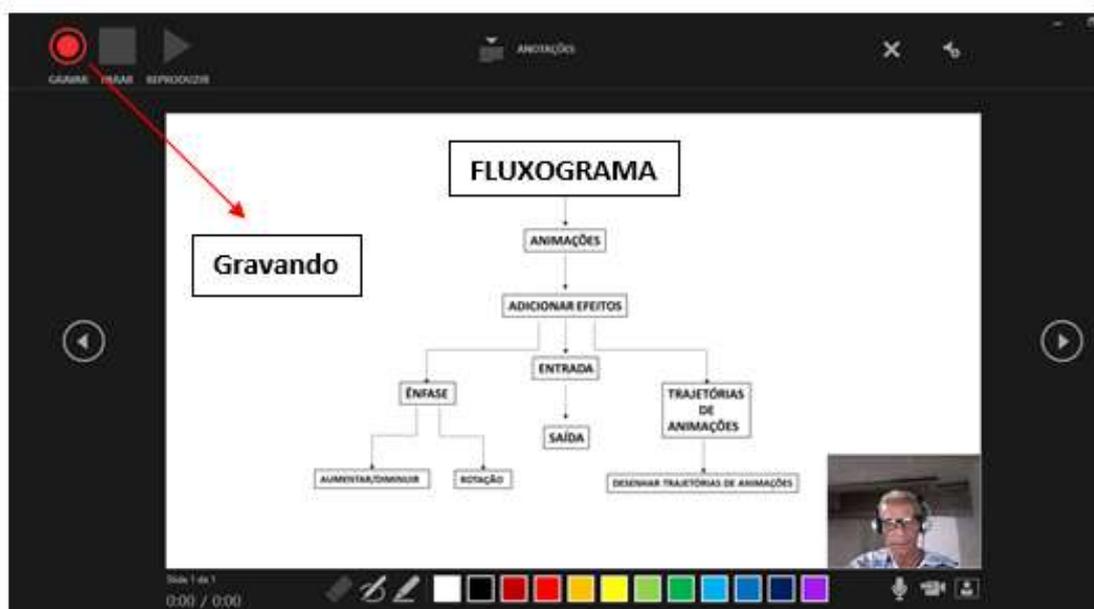
Clique agora em Gravar apresentação de *slides*.

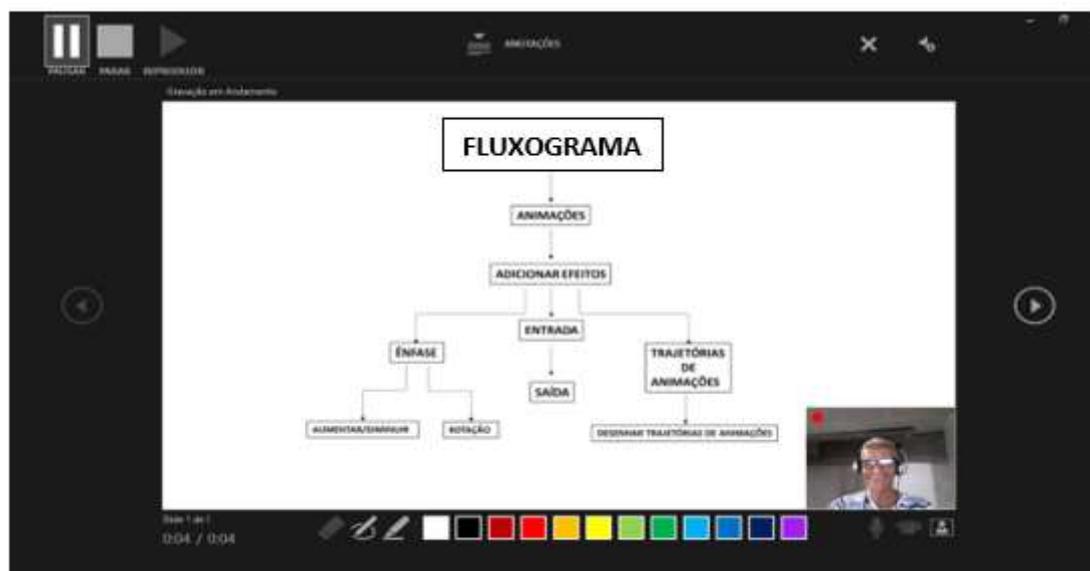


Temos, agora, duas opções: Gravação pelo Slide Atual ou Gravação do Começo:



Escolha uma das duas: Gravação pelo Slide Atual ou Gravação do começo e logo em seguida clique em “gravar”.





No término de cada *slide* ou no término do vídeo todo, clique em “parar”. Para assistir ao vídeo, clique em “reproduzir”.

Vejamos, agora, um trecho de uma aula gravada sobre Eletromagnetismo.

Quando a partícula é lançada obliquamente as linhas de indução

Movimento: Helicoidal e Uniforme
Trajetória : Hélice Cilíndrica

MCU

MRU

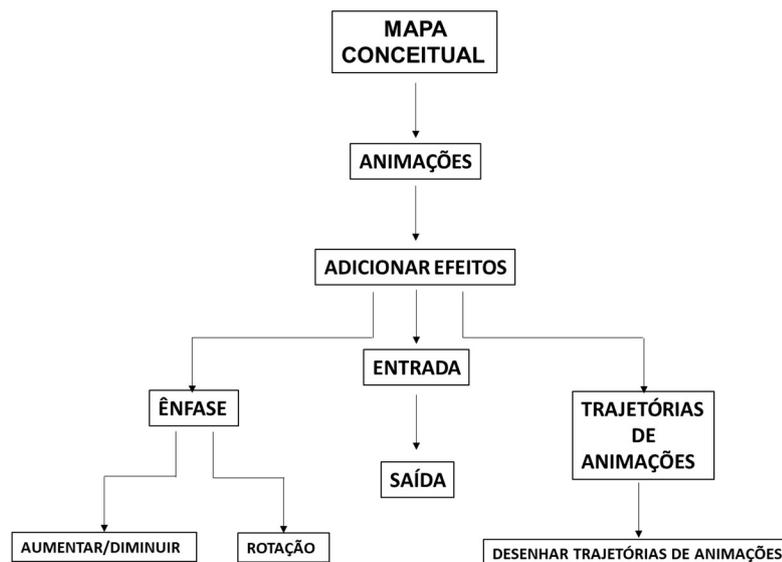
\vec{B}

\vec{v}_x , \vec{v}_y , \vec{v}

A captura de tela mostra uma apresentação de PowerPoint sobre física. O slide principal contém um diagrama de um campo magnético \vec{B} representado por linhas horizontais. Uma partícula é lançada obliquamente, com velocidade inicial \vec{v} decomposta em componentes \vec{v}_x e \vec{v}_y . A trajetória resultante é uma hélice cilíndrica. O movimento é descrito como helicoidal e uniforme. À esquerda, há uma seta vertical rotulada 'MCU' (Movimento Circular Uniforme) e uma seta horizontal rotulada 'MRU' (Movimento Retilíneo Uniforme). À direita, há um texto em um fundo amarelo: 'Movimento: Helicoidal e Uniforme' e 'Trajetória : Hélice Cilíndrica'. O slide também mostra uma mini-câmera de uma pessoa no canto inferior direito e uma barra de controle de vídeo.

8. Fluxograma dos Comandos Gerais do PowerPoint para Construir Animações em PowerPoint

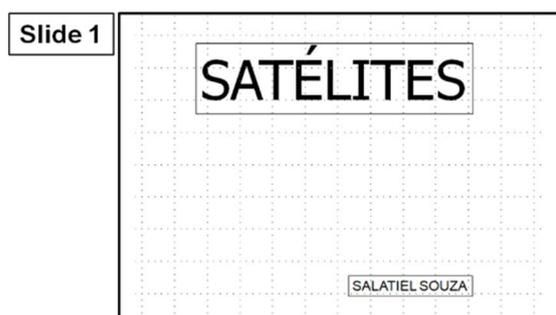
A figura abaixo mostra o Fluxograma dos comandos mais gerais para construir animações em PowerPoint.



Este produto educacional compreende a descrição de uma sequência de *slides* que mostra os comandos necessários a fim de fazer animações em PowerPoint para construção de uma aula de Física.

Produto educacional

Sequência dos *Slides*:

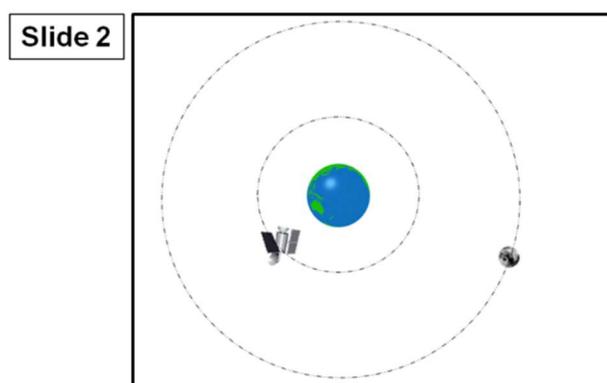


No primeiro *slide*, fez-se a apresentação do tema escolhido com o nome do professor. A fonte escolhida para essa apresentação foi Arial. Sugerimos também a Tahoma e o tamanho da fonte 32 para o tema e 20 para o nome do professor.

Contudo, vale salientar que:

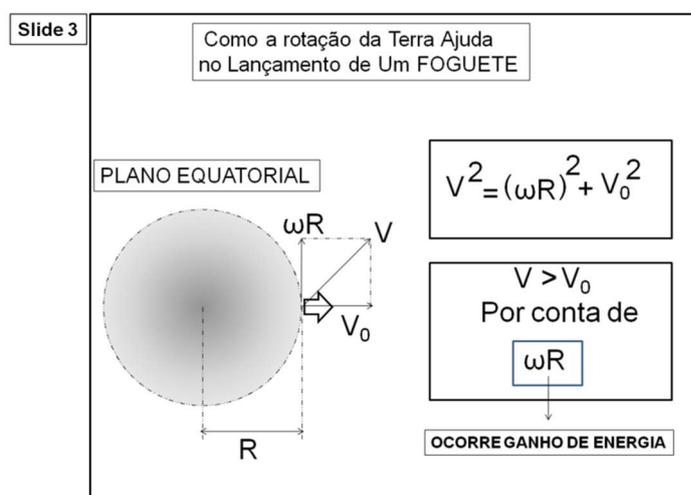
- Tanto a fonte escolhida como o seu tamanho são importantes para uma boa apresentação;
- Use sempre a mesma fonte numa apresentação;

- Deve-se sempre evitar uma quantidade exagerada de informações em cada *slide*, coloque apenas as figuras e animações indispensáveis para cada *slide*. Lembre-se: PowerPoint não é Word.
- Para interagir melhor com a turma, é importante começar o *slide* sem que apareça a animação. Daí a importância do uso dos comandos ao Clicar, com Anterior e após Anterior, já mencionado no capítulo 3, indispensáveis para boas apresentações.



Para produção deste *slide*

- 1º) Inseriu-se um *gif* animado da Terra girando em torno de seu próprio eixo.
- 2º) Inseriu-se um *gif* animado de um satélite artificial e utilizamos os comandos Rotação e com Anterior para que ele já apareça girando em torno da Terra;
- 3º) Inseriu-se um *gif* animado da Lua e utilizamos os comandos Rotação e com Anterior para que ele já apareça girando em torno da Terra.



Uma limitação do PowerPoint é que ele não disponibiliza o comando rotacionar numa direção perpendicular ao *slide* (figura 1). Por exemplo, não tem como fazer uma esfera, como o globo terrestre, por exemplo, girar em torno do plano equatorial. Apenas, no plano do *slide* (figura 2), no sentido horário ou anti-horário.

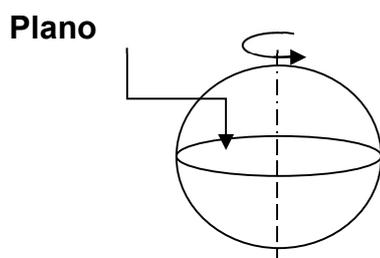


Figura 1

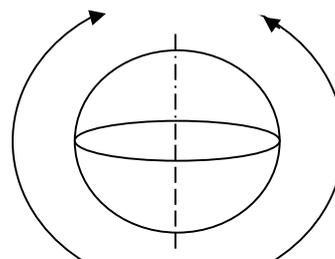
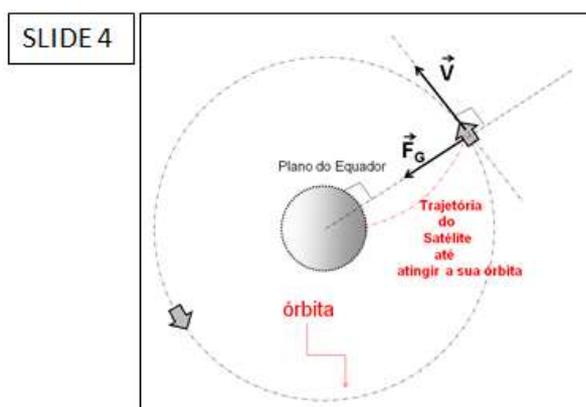


Figura 2

Por isso, para simular a Terra girando, podemos visualizar o disco do plano equatorial girando no plano do *slide*. Foi o que fizemos neste *slide*.

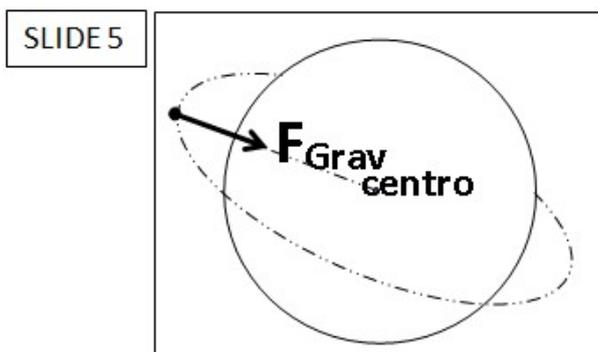
Para produção deste *slide*:

- 1º) Utilizou-se o comando rotacionar no disco polar;
- 2º) Representou-se o satélite por uma seta, conforme mostra a figura e logo em seguida demos o comando ao Clicar para as equações irem aparecendo a cada clique.

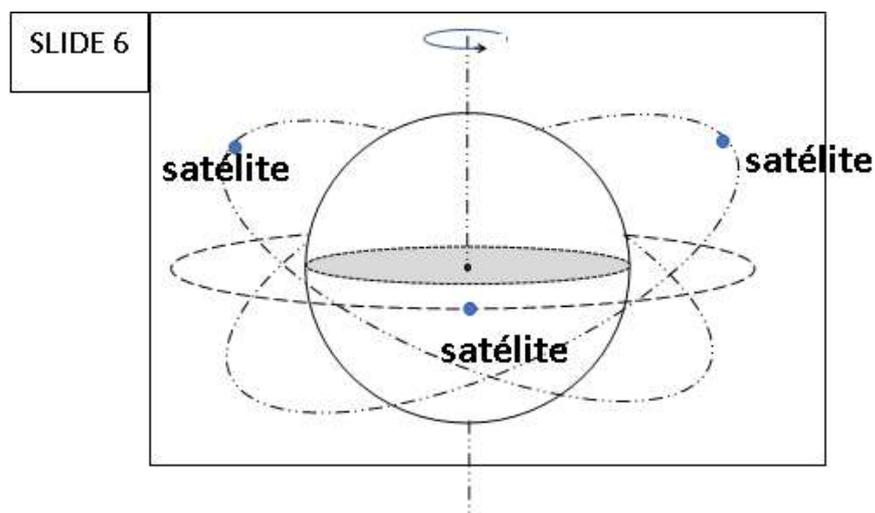


Para produção deste *slide*:

- 1º) Para deslocar o foguete (representado pelo próprio satélite com a intenção de facilitar a animação) da sua base de lançamento até a sua órbita utilizou-se o comando trajetórias animadas (curva);
- 2º) Utilizou-se o comando Rotação para o satélite ficar em sua órbita;
- 3º) Utilizou-se o comando ao Clicar para aparecer os vetores e as palavras.



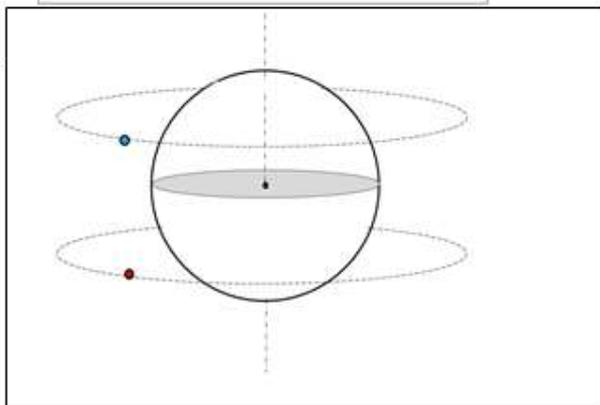
Para produção deste *slide*, utilizou-se o comando ao Clicar para aparecer o vetor e depois para aparecer uma possível órbita do satélite.



Para produção deste *slide*, utilizaram-se o comando desenhar trajetória de animação e com Anterior. Em particular, nele, as animações já aparecem inicialmente, pois, a explicação já foi dada no *slide* anterior.

ÓRBITAS NÃO PERMITIDAS

SLIDE 7

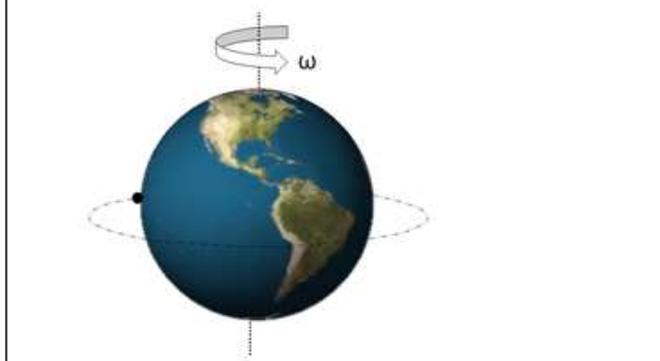


Para produção deste *slide*, utilizou-se o comando desenhar trajetória de animação e com Anterior. Em particular, neste *slide*, as animações já aparecem inicialmente, pois a explicação já foi dada no *slide* anterior.

Para produção deste *slide*, utilizaram-se os comandos Rotação, ao Clicar, após Anterior e com Anterior.

SLIDE 9

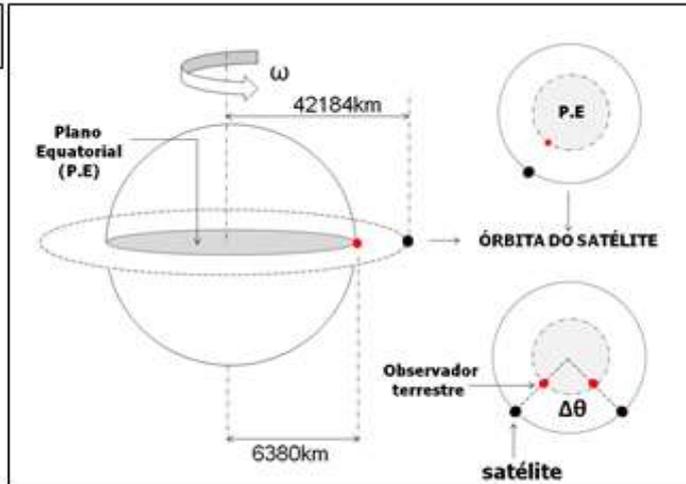
SATÉLITE GEOESTACIONÁRIO



Para produção deste *slide*:

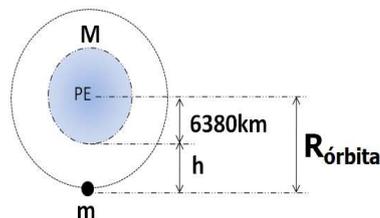
- 1º) insere-se um gif animado da Terra girando em torno de seu próprio eixo;
- 2º) Utilizou-se os comandos Rotação, ao Clicar, após anterior e com anterior.

SLIDE 10



Para produção deste *slide*, utilizaram-se os comandos Rotação, ao Clicar, após anterior e com Anterior.

SLIDE 11

Cálculo do raio da órbita de um **SATÉLITE ESTACIONÁRIO**

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

$$M = 5,98 \cdot 10^{24} \text{Kg}$$

$$T = 24\text{h} = 86400\text{s}$$

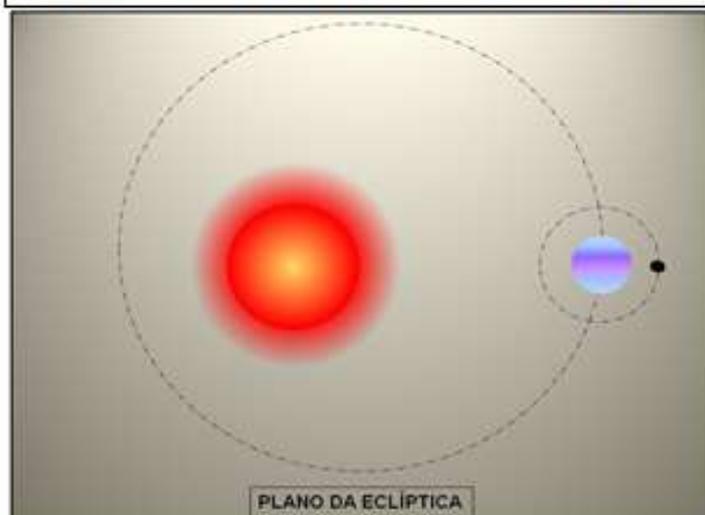
$$\frac{4\pi^2}{GM} = \frac{T^2}{R^3} \rightarrow R = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$$

$$R = 42184\text{km}$$

$$h = 42184 - 6380 = 35804\text{km}$$

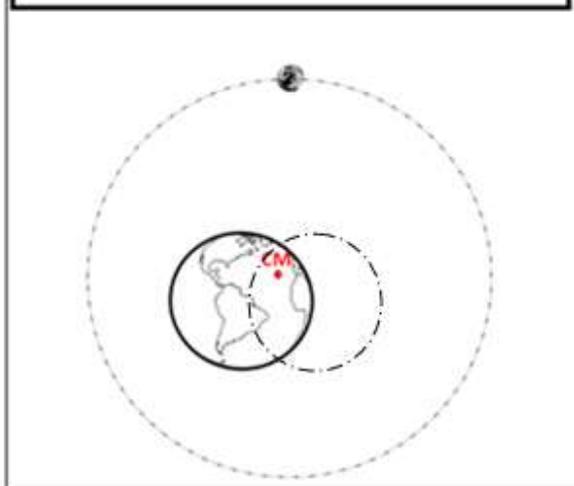
Para produção deste *slide*, utilizaram-se os comandos Rotação, ao Clicar, após Anterior e com Anterior.

SLIDE 12

A lua: Nosso Satélite Natural

Para produção deste *slide*, utilizaram-se os comandos Rotação, ao Clicar, após Anterior e com Anterior.

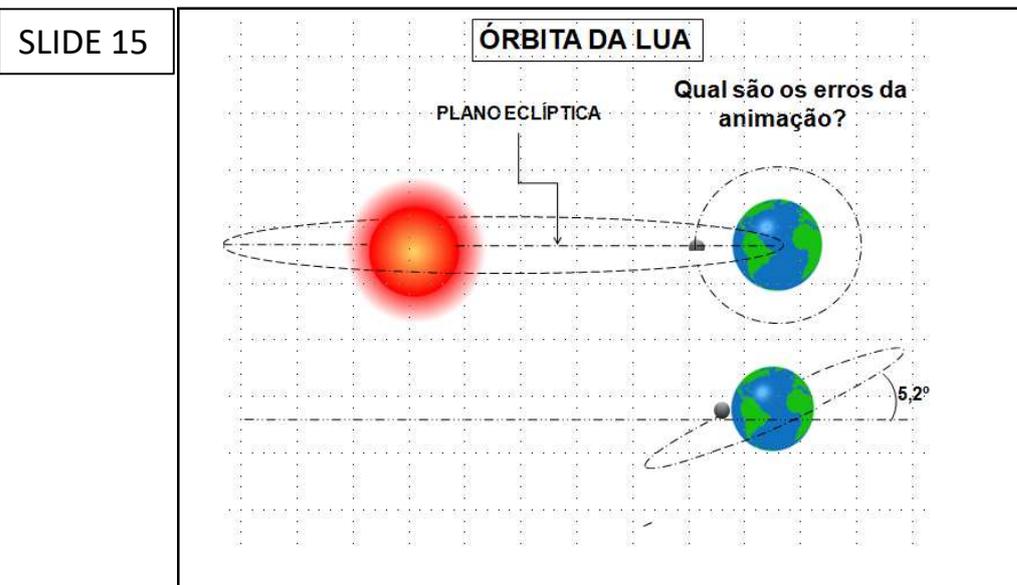
SLIDE 13

ÓRBITA TERRA-LUA

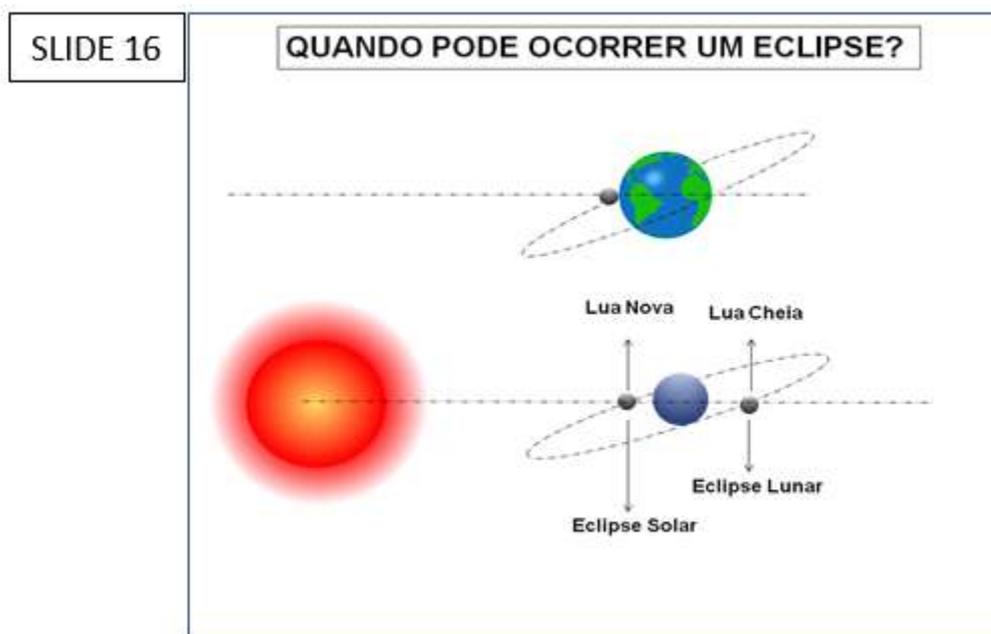
Para produção deste *slide*, utilizaram-se os comandos Rotação, ao Clicar, após Anterior e com Anterior.



Para produção deste *slide*, utilizaram-se os comandos Rotação, ao Clicar, após Anterior e com Anterior.



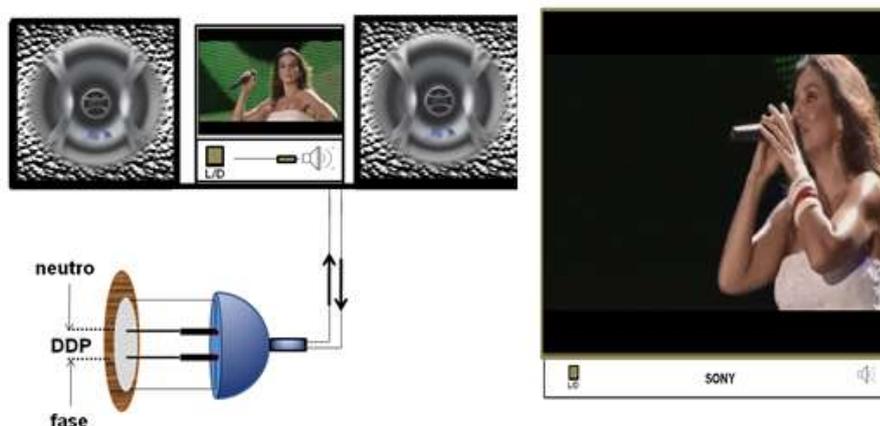
Para produção deste *slide*, utilizaram-se os comandos Rotação, ao Clicar, após Anterior e com Anterior:



Para produção deste *slide*, utilizaram-se os comandos Rotação, ao Clicar, após Anterior e com Anterior.

Percebam que foram utilizados praticamente os mesmos comandos para produção dessas animações, mas, podem-se fazer outras animações utilizando outros comandos. Mostrar-se-ão, apenas a título de curiosidade, duas outras animações que requerem outros comandos e que deixarão a aula bem atraente. Vejamos:

As animações abaixo fazem parte do conteúdo de corrente elétrica. Nele, inserimos um vídeo que estava numa pasta do computador e ele só aparece quando é solicitado, isto é, ao clicar, por ser o efeito desejado nessa animação:



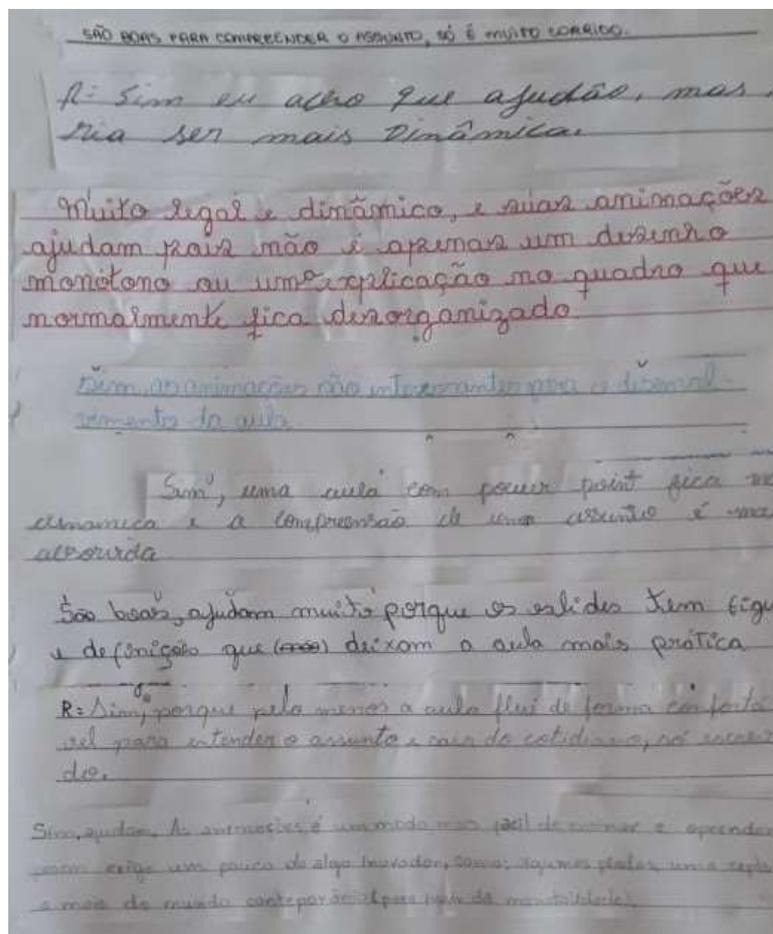
Já, na animação abaixo, foi inserido um gif animado na figura (televisão).



Vale apenas salientar que essas animações foram apresentadas no capítulo 4 desta dissertação e estamos apresentando novamente para o leitor que pretende apenas ver este produto educacional.

Anexo

Resultado da pesquisa qualitativa



R: Sim, pois visualizar o que está sendo dito me ajuda a absorver o que está sendo ensinado em aula.

Sim, pois mostra "na prática" como as coisas funcionam, por isso, me ajudam a compreender melhor o assunto.

R: Eu acho que as aulas são bem explicadas, e os vídeos e gifs são muito bem feitos.

Acredito que não se eu consigo entender com mais facilidade os assuntos com os slides. Entretanto, ainda acho que uma aula mais interativa seria muito bem vinda e melhor no entendimento das aulas.

Eu acho muito melhor compreender o assunto (independentemente da matéria, se possível), por animações e vídeos. Professor, você se planeja bastante para ensinar de uma maneira mais didática, e isto é muito bom.