

Vinícius Amorim Alves Omena

**Uma abordagem de noções de programação e
simulação computacional para a Física do Ensino
Médio através do software *Scratch*: *gamificando*
órbitas planetárias**

Maceió

2022

Vinícius Amorim Alves Omena

Uma abordagem de noções de programação e simulação computacional para a Física do Ensino Médio através do software *Scratch*: gamificando órbitas planetárias

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Física da Universidade Federal de Alagoas como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Licenciatura em Física.

Maceió
2022

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

- O55a Omena, Vinícius Amorim Alves.
Uma abordagem de noções de programação e simulação computacional para a física do ensino médio através do software *Scratch* : gamificando órbitas planetárias / Vinícius Amorim Alves Omena. – 2022.
54 f. : il.
- Orientador: Sérgio Henrique Albuquerque Lira.
Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Física: licenciatura) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Física. Maceió, 2022.
- Bibliografia: f. 53-54.
1. Física - Estudo e ensino. 2. Jogos para computador. 3. Scratch (Linguagem de programação de computador). I. Título.

CDU: 372.853

Dedico este trabalho a minha família, que sempre me apoiou.

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por mais uma conquista em minha vida. Ao Professor Sérgio Lira, pelas orientações e colaborações no desenvolvimento das minhas ideias. À minha esposa Luana Amorim, por ser companheira, suportando meus estresses e lamentações, nos momentos difíceis. A meus pais, em especial a minha mãe, que sempre motivou e acreditou que seria capaz. Aos meus amigos, colegas do curso e parentes que apoiaram na realização deste trabalho.

"Se a educação não for provocativa, não constrói, não se cria, não se inventa, só se repete."(Mário Sérgio Cortella)

Resumo

Um grande desafio no ensino de Física está no ensino e aprendizagem de fenômenos de difícil visualização no mundo real. O uso de simulações computacionais e laboratórios virtuais são de grande valia no ensino de Física, uma vez que possibilitam a observação, em alguns minutos, de fenômenos que levariam horas, dias, ou anos em tempo real. O presente trabalho apresenta novas metodologias para o ensino de gravitação e órbitas planetárias no Ensino Médio através de uma simulação computacional em forma de um vídeo game batizado de *The Orbit*¹ produzido pelo autor através da plataforma digital *Scratch*. O jogo simula a lei da gravitação universal no espaço sideral com três objetos: uma estrela como o Sol no centro do referencial, um planeta como a Terra capaz de orbitar a estrela e uma nave com propulsão ativada pelo jogador. Ao longo da dissertação são apresentadas as equações, os algoritmos e as propostas metodológicas a serem utilizadas em conjunto com o jogo. Ademais, nenhuma proposta metodológica passou pela etapa de pesquisa educacional, fazendo-se necessário, estudos posteriores.

Palavras-chaves: Ensino de Física, Jogos computadorizados, Scratch, Dinâmica orbital.

¹ Acesse a simulação em: <<https://scratch.mit.edu/projects/754133031>>

Abstract

A major challenge in Physics teaching is to approach phenomena that are difficult to visualize in the real world. The use of computer simulations and virtual laboratories are of great value in Physics teaching, since they allow the observation, in a few minutes, of phenomena that would take hours, days, or years in real time. The present work presents new methodologies for teaching gravitation and planetary orbits in high school classes through a computer simulation in the form of a video game called *The Orbit*² produced by the author through the digital platform *Scratch*. The game simulates the law of universal gravitation in outer space with three objects: a star like the Sun at the center of the frame, an Earth-like planet capable of orbiting the star and a ship with player-activated propulsion. Throughout the dissertation, equations, algorithms and methodological proposals to be used together with the game are presented. Furthermore, no methodological proposal went through the educational research stage, making further studies necessary.

Key-words: Physics teaching, Computational games, Scratch, Orbital dynamics.

² The simulation can be accessed via: <<https://scratch.mit.edu/projects/75413303>>

Lista de ilustrações

Figura 1 – Modelo dos sólidos de Kepler	23
Figura 2 – Órbitas elípticas	24
Figura 3 – Lei das áreas	25
Figura 4 – Órbitas circulares	26
Figura 5 – Painel do programa <i>Scratch</i>	30
Figura 6 – Estruturas de sequência, decisão e iteração (repetição) no <i>Scratch</i>	31
Figura 7 – Scripts de um mesmo programa que serve para calcular a média de dois valores não nulos. Na parte A) é o programa escrito com o <i>Scratch</i> , na parte B) é o mesmo programa elaborado em python.	32
Figura 8 – Principais dificuldades para o entendimento de programação.	32
Figura 9 – Script que força a rotação para $y < 0$	33
Figura 10 – Exemplos de jogos produzidos pelos alunos na oficina realizada em 2022.	33
Figura 11 – Alunos na oficina realizada em 2022.	34
Figura 12 – Loop feito no <i>Scratch</i> para realizar a integração numérica com método de Euler explícito no tempo, equivalente a um MRUV por um intervalo de tempo $dt = 1$	35
Figura 13 – Decomposição do vetor \vec{r}_t e \vec{r}_n para a nave e a Terra e as respectivas forças que agem sobre os objetos.	36
Figura 14 – Script feito no <i>Scratch</i> , para calcular o vetor deslocamento entre o Sol e objeto e as componentes do vetor aceleração.	37
Figura 15 – Script feito no <i>Scratch</i> , para calcular o vetor deslocamento entre os objetos em movimento e as componentes da força que a Terra exerce sobre a nave.	38
Figura 16 – Órbita circular da Terra	40
Figura 17 – Órbitas circulares com valores diferentes de raio obtidas no jogo.	41
Figura 18 – Determinando o período de revolução da órbita circular utilizando a simulação.	43
Figura 19 – Propriedades da elipse.	44
Figura 20 – Utilizando a régua da simulação para encontrar o valor do semi-eixo maior e menor da órbita.	44
Figura 21 – Órbitas elípticas para o cálculo da excentricidade.	45
Figura 22 – Parâmetros para a órbita da nave ao redor da Terra.	46
Figura 23 – Painel de objetos, sprites e cenários, localização e visualização do programa.	47
Figura 24 – A) Painel de configurações das variáveis. B) Configurações de criação das variáveis.	48
Figura 25 – Script da integração numérica usando <i>Scratch</i>	49

Figura 26 – Criação e configuração do bloco Força 1 usado para calcular a aceleração gravitacional.	49
Figura 27 – Algoritmo que calcula as componentes da aceleração gravitacional dentro do programa e o vetor deslocamento.	50
Figura 28 – Adição do bloco que calcula as componentes da aceleração gravitacional na integração numérica	50
Figura 29 – Todos os scripts do Sol e da Terra para o funcionamento do programa.	50

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Uso da programação e simulação no ensino da Física	18
1.2	Apresentação do software <i>Scratch</i>	19
1.3	Trabalhando com gravitação e órbitas.	20
2	GRAVITAÇÃO UNIVERSAL	23
2.1	Kepler	23
2.2	Newton	25
3	UTILIZANDO O SOFTWARE <i>SCRATCH</i>	29
3.1	Princípios de programação utilizando o software <i>Scratch</i>	29
3.2	Estudo de caso: utilizando o <i>Scratch</i> com estudantes do ensino fundamental em Pilar-AL	32
4	SIMULANDO A LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL	35
5	METODOLOGIAS PARA TRABALHAR COM A SIMULAÇÃO.	39
5.1	Órbita circular	39
5.2	Determinação da constante gravitacional	42
5.3	Determinar a excentricidade de órbitas	44
5.4	Determinação dos parâmetros para que a nave orbite por mais tempo a Terra.	45
5.5	Ensino de programação com o <i>Scratch</i>	46
5.5.1	Etapa 1: Criar uma conta no <i>Scratch</i> e conhecer a plataforma.	47
5.5.2	Etapa 2: Configurar e importar os atores "Sun", "Earth" e cenário "Space".	47
5.5.3	Etapa 3: Localizar os objetos no plano cartesiano.	47
5.5.4	Etapa 4: Declarar as variáveis.	48
5.5.5	Etapa 5: Construir o script para integração numérica.	48
5.5.6	Etapa 6: Construir o script da força.	48
5.5.7	Etapa 7: Condição inicial das variáveis.	49
6	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	51
	REFERÊNCIAS	53

1 Introdução

O ensino de Ciências da Natureza no ensino médio deve estar voltado para uma aprendizagem crítica, aplicável e experimentalista, de modo que o aluno consiga aplicar a sua aprendizagem para a solução de problemas no cotidiano. Dessa forma, uma grande desafio atual do ensino de Física está no ensino e aprendizagem de fenômenos abstratos e de difícil visualização no mundo real. Uma alternativa no enfrentamento desta questão é o uso de softwares e aplicativos que permitam a visualização e realização de experimentos através de animações e simulações.

Para (VYGOTSKY, 1988) a interação com o meio é o que promove o desenvolvimento do indivíduo, sendo primordial para a aprendizagem a interação material com o conteúdo através de experimentos e interações. Conceitos como a dinâmica orbital provocada pela gravitação são de grande valia para o entendimento de fenômenos na Terra, mas dificilmente realizada por experimentos simples.

Segundo (RODRIGUES, 2021), "há a necessidade de um ensino para atender aos anseios dos alunos que desde a infância fazem uso das novas tecnologias e necessitam satisfazer plenamente sua cidadania". A utilização das tecnologias da informação e comunicação (TICs) no ensino e pesquisa de Física beneficia o desenvolvimento tecnológico nas suas investigações (RODRIGUES, 2021). Além disso, de acordo com (BRACKMANN et al., 2016), a Sociedade Brasileira de Computação está engajada na introdução do pensamento educacional, propondo novas diretrizes para alinhamento dos currículos de Licenciatura em Computação e da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Dessa forma, uma alternativa tanto para o ensino de Física quanto para o ensino de programação computacional, seria o uso de plataformas que possibilitem o ensino de Física através da lógica de programação.

Esta Dissertação visa mostrar um jogo computacional que utiliza uma simulação feita pelo autor utilizando o software *Scratch*, com a intenção de apresentar novas metodologias para o ensino de gravitação e órbitas planetárias no Ensino Médio através da simulação. Foi também descrito todas as deduções desde Kepler a Newton e os scripts utilizados para realização da simulação no *Scratch*, além de apresentar atividades pedagógicas que possibilitam o ensino de Física através da lógica de programação.

A simulação da lei da Gravitação Universal utilizando o *Scratch* tem o objetivo de contribuir como uma ferramenta para professores, auxiliando na visualização de experimentos no ensino médio. Além disso, o artigo propõe algumas metodologias a serem trabalhadas em sala de aula. A principal vantagem do uso dessa plataforma é a facilidade de criação e visualização das simulações, bem como possibilidade de incluir interatividade

gamificada com o usuário. Além disso, a plataforma é uma grande protagonista quanto ao ensino de lógica de programação para crianças e adolescentes, podendo ser utilizada com essa finalidade pelo professor.

1.1 Uso da programação e simulação no ensino da Física

Um dos grandes desafios no ensino de Física está na compreensão de conceitos matemáticos abstratos e de difícil visualização, tais como as grandezas Físicas que descrevem o movimento de planetas e o comportamento de partículas elementares. Além disso, muitas escolas não dispõem de laboratórios com equipamentos para a realização de experimentos apropriados para a ilustração de tais fenômenos físicos. Segundo (MOREIRA, 2017), neste contexto os laboratórios virtuais são de grande valia para o desenvolvimento de competências científicas e na experimentação sobre fenômenos não observáveis diretamente.

Uma vantagem no uso de simulações computacionais no ensino de Física é que "elas possibilitam observar em alguns minutos a evolução temporal de um fenômeno que levaria horas, dias ou anos em tempo real, além de permitir ao estudante repetir a observação sempre que o desejar." (HECKLER; SARAIVA; FILHO, 2007). Além disso, os experimentos virtuais permitem

a visualização de conceitos abstratos; a redução do tempo necessário para a preparação, coleta de dados e execução dos experimentos; possibilitam repetir o mesmo experimento várias vezes; ampliar o número de sujeitos que podem manipular o experimento; realizar experimentos que não podem ser executados em laboratórios convencionais; manipular parâmetros físicos; garantir um feedback imediato; abordar um número maior de fenômenos num intervalo de tempo menor; comumente são interativos, flexíveis, reutilizáveis e interoperáveis; não há restrições de acesso no que diz respeito ao tempo e nem lugar; permitem o desenvolvimento de novas competências; evitam que o aparato experimental seja danificado por mau uso; e favorecem a realização de trabalhos colaborativos a distância, que dificilmente seriam possíveis fora do cenário da experimentação virtual. (SILVA; MERCADO, 2019)

Outra vantagem na utilização de simulações e laboratório virtuais, está na oportunidade dos alunos desenvolverem habilidades interdisciplinares que envolvam a manipulação de recursos computacionais e a aprendizagem de conceitos de lógica de programação. Com a universalização da internet, muitos indivíduos passam a maioria de seu dia em frente a um computador, mas sem fazer a mínima ideia do seu funcionamento. As simulações aliadas ao ensino de lógica de programação dão um caráter de ressignificação a esses recursos.

A desvantagem do seu uso está na dificuldade da criação de programas que re-
flitam a realidade Física dos eventos ali descritos. "Uma animação não é, jamais, uma cópia fiel do real. Toda animação, toda simulação está baseada em uma modelagem do

real."(MEDEIROS; MEDEIROS, 2002). Para isso, o professor deve sempre evidenciar e discutir as limitações que a simulação impõe e que o comportamento ali descrito, dada certas condições, pode ser apenas uma aproximação do real.

No Brasil há um interesse nacional em iniciativas que estimulem o pensamento computacional. De acordo com (ARAUJO; ANDRADE; GUERRERO, 2016) só em 2015 foram publicados 15 artigos que envolvem a discussão de pensamento educacional e programação. Segundo (BRACKMANN et al., 2016), as noções de computação básica ocorre em formato multi e interdisciplinar, as habilidades desenvolvidas trazem grandes benefícios educacionais.

O professor que utiliza simulações com domínio da programação computacional, pode atuar na implementação de aulas que integrem o ensino de ciências e o ensino de computação. Há várias plataformas como *Scratch*, auxiliadoras no ensino de lógica de programação. O professor tanto pode usar as simulações já disponíveis na plataforma como games para os alunos, como construir o seu próprio código junto a eles.

1.2 Apresentação do software *Scratch*

O *Scratch*¹ é uma linguagem gráfica de programação criada pelo Grupo Lifelong Kindergarten no MIT Media Lab, desenvolvido pela *Scratch* Foundation com o objetivo inicial de ensinar introdução à programação para crianças e adolescentes, usado em mais de 150 países. É uma das ferramentas mais populares do mundo no uso da Aprendizagem Criativa. Na plataforma, além de criar seus próprios projetos, também é possível compartilhar com a comunidade online de milhões de usuários. A plataforma conta com mais de 28 milhões de projetos públicos criados por sua comunidade.

No software é possível a criação de scripts através de uma plataforma de programação em blocos que contêm comandos específicos próprios, dessa forma não é necessário dominar uma linguagem de programação para montar projetos, apenas entender o funcionamento simples de cada script. O próprio ambiente é propício para desenvolvimento do pensamento computacional e a lógica de programação, já que não há tanta ênfase em sintaxe de uma linguagem computacional, mas sim, na montagem dos blocos que compõem os scripts.

Segundo (ARAUJO; ANDRADE; GUERRERO, 2016) "No Brasil a programação é a abordagem mais empregada para estimular o pensamento computacional. O *Scratch* é a ferramenta mais utilizada tanto para oficinas de introdução à programação como para o desenvolvimento de jogos". De acordo com (GERALDES; MARTINS; AFONSECA, 2019) isso se deve a "sintaxe simples e comum a outras linguagens de programação, bem avaliada

¹ <https://scratch.mit.edu>

quanto a sua usabilidade". Sua interface gráfica é baseada em encaixes de blocos, inspirada no sistema LEGO de montagem.

1.3 Trabalhando com gravitação e órbitas.

De acordo com (ARAÚJO; VEIT, 2004), os conteúdos que têm sido trabalhados com computadores, assim como as diferentes aplicações do computador, no ensino de Física em nível universitário e médio, estão concentrados em tópicos relacionados à Mecânica Newtoniana.

Segundo (OLIVEIRA, 2000), uma das principais vantagens do ensino de astronomia e conseqüentemente de gravitação está na presença dessa ciência em nossas vidas e experiências cotidianas. Vários dos conceitos como o suceder dos dias e das noites, a divisão do tempo em horas, minutos e segundos, o calendário com o ano de 365, seus meses e semanas, as estações do ano, as marés, as auroras polares, e até mesmo a vida em nosso planeta, são trabalhados na astronomia, e afetam diretamente o cotidiano da população, despertando curiosidade e interesse por esse conhecimento.

Para (BRASIL, 2018) na área de ciências e suas tecnologias, propõe ampliar os conhecimentos obtidos no ensino fundamental e em primeiro lugar, focalizar a interpretação de fenômenos naturais e processos tecnológicos de modo que os alunos façam a apropriação dos conceitos. O que significa que o papel do professor, nesse cenário, está em guiar os alunos ao enfrentamento de problemas ou situações que reflitam a realidade, ampliando sua capacidade no enfrentamento dos desafios da contemporaneidade. As disciplinas dessas áreas têm um papel fundamental no desenvolvimento de pensamento científico, que permite ao aluno analisar e interpretar problemas e fenômenos naturais.

As habilidades que visamos desenvolver com os alunos do ensino médio estão harmoniosamente conforme as habilidades da BNCC (BRASIL, 2018) para as áreas de conhecimento de matemática e suas tecnologias e ciências da natureza e suas tecnologias. Elas são:

(EM13MAT405) Utilizar conceitos iniciais de uma linguagem de programação na implementação de algoritmos escritos em linguagem corrente e/ou matemática.

(EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica. (BRASIL, 2018)

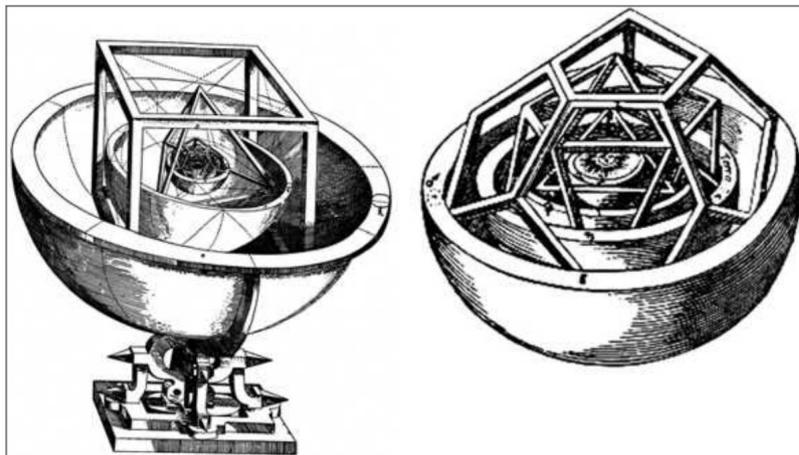
2 Gravitação Universal

Nesse capítulo daremos uma breve introdução teórica e histórica acerca das equações fundamentais para o funcionamento da simulação. Assim, abordaremos os principais conceitos de dinâmica orbital clássica, com o intuito de embasar fisicamente a simulação computacional apresentada no capítulo 4. Apresentaremos brevemente tópicos históricos e conceituais sobre as leis de Kepler e Newton para as órbitas planetárias.

2.1 Kepler

Kepler, assistente e sucessor de Tycho Brahe do grande observatório de Uraniborg, guiado pela ideia do universo perfeito criacionista, acreditava que deveria haver alguma explicação geométrico-mística para o movimento do sistema Solar. Em seu livro “Mysterim Cosmo Graphicum”, Kepler construiu um modelo influenciado pelas ideias de Tycho Brahe, que acreditava em um modelo intermediário entre Ptolomeu e Copérnico com os planetas orbitando o Sol e o Sol orbitando a Terra. No modelo de Kepler foram utilizados sólidos platônicos inscritos e circunscritos em esferas para explicar as 5 distâncias (figura entre os planetas 1). Porém, as proporções entre os raios das órbitas planetárias obtidas com o modelo era inconsistente com as medidas de Copérnico.

Figura 1 – Modelo dos sólidos de Kepler



Modificado de ([NUSSENZVEIG, 2013](#))

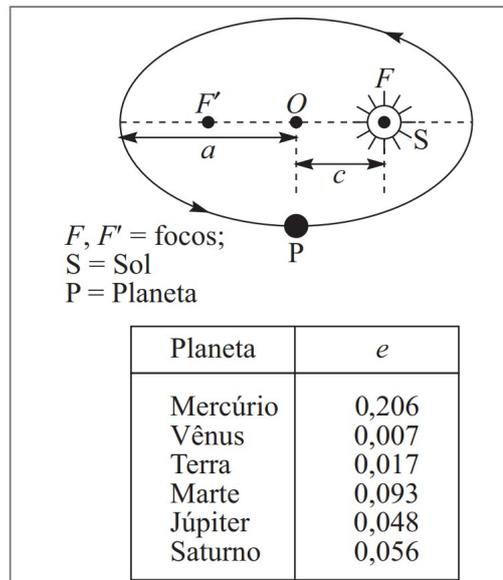
Tentando salvar seu modelo, Kepler se questionou se a Terra se moveria em torno do Sol conforme Copérnico havia proposto. Depois da morte de Tycho Brahe, Kepler conseguiu mostrar que corrigindo a posição central do Sol no modelo Copérnico obtinha-se melhores resultados. Porém, para a órbita de Marte havia um desvio de 8 minutos de arco

que era incompatível com as observações de Tycho Brahe que eram confiáveis dentro de 4 minutos de arco. Kepler construiu um modelo baseado nessa discrepância de 8 minutos de arco, porém teve de abandonar ideias preconcebidas, principalmente no que se refere ao perfeccionismo do pensamento platônico. Em seu novo modelo as órbitas dos planetas eram descritas por uma elipse, com o Sol em um dos focos, o que deu origem à primeira lei de Kepler.

A 1ª lei ou lei das órbitas, diz respeito às órbitas elípticas dos planetas com o Sol em um dos focos (figura 2). O achatamento da elipse é conhecido como excentricidade e da elipse e pode ser obtida pela razão entre a semidistância focal c e o semieixo maior a .

$$e = \frac{c}{a} \quad (2.1)$$

Figura 2 – Órbitas elípticas

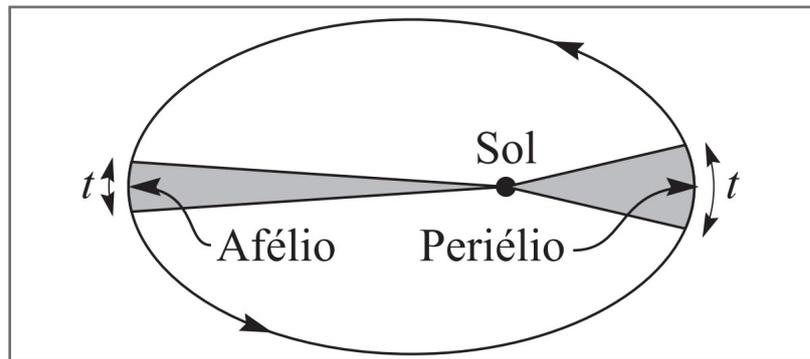


Modificado de (NUSSENZVEIG, 2013)

Através das observações dos planetas percebeu que a velocidade do movimento dos planetas ao longo de sua trajetória é maior quando mais próxima do Sol e concluiu que o Sol é a causa do movimento dos planetas. Ele imaginou que o Sol teria uma rotação em seu eixo e emitiria raios que movem os planetas em torno de suas órbitas. Kepler deduziu uma força equivocada que estaria confinada ao plano da órbita e essa força era inversamente proporcional à distância. Porém, através do erro no cálculo das áreas varridas pelo vetor pelo raio do vetor, chegou em sua segunda lei.

A 2ª lei de Kepler, conhecida como lei das áreas, afirma que o raio que liga o planeta ao Sol descreve áreas iguais em tempos iguais. Em um intervalo t devido à excentricidade da elipse, no periélio o planeta se move uma distância maior do que no afélio, porém as áreas varridas nesse tem t são iguais (figura 3).

Figura 3 – Lei das áreas



Modificado de (NUSSENZVEIG, 2013)

Kepler buscou uma lei que correlacionam as órbitas planetárias, por meio de seus períodos e raios médios das órbitas. Em sua velhice, após vários erros, foi descoberto uma relação entre o período e o raio das órbitas, o que ficou conhecido como lei dos períodos ou a 3ª lei de Kepler.

De acordo com sua 3ª lei, a razão entre o quadrado dos períodos de revolução de dois planetas é proporcional ao cubo da razão entre seus raios.

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3 \quad (2.2)$$

2.2 Newton

No mesmo ano da morte de Galileu, em 1642, em dia de natal, nasceu um filho de fazendeiro considerado por Hume como o maior gênio da espécie humana. Isaac Newton entrou na universidade de Cambridge em 1661.

Devido à avassaladora peste que acometeu a Londres no ano de 1665, matando cerca de um sétimo da população e o fechamento das universidades, Newton se viu obrigado a ter de ir para sua fazenda em Woolsthorpe, lugar onde se dedicou aos estudos da óptica, matemática e gravitação. A história apócrifa conta que um dia Newton, vendo uma fruta cair de uma árvore, começou a meditar sobre a causa que atrai os corpos em direção ao centro da Terra e assim surgiu a lei da gravitação.

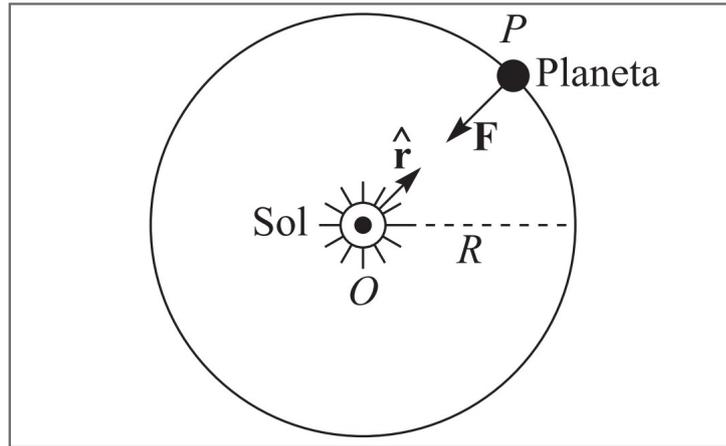
Em uma órbita circular, o movimento do planeta é descrito como uniforme onde a aceleração centrípeta é voltada para o centro da órbita. Tendo a órbita raio R e período T .

$$\vec{a} = -\omega^2 R \hat{r} = -4\pi^2 m \frac{R}{T^2} \hat{r} \quad (2.3)$$

Sendo \hat{r} vetor unitário e m a massa do planeta. Pela 2ª lei de Newton, a força resultante em $\vec{F} = m\vec{a}$ aponta para o centro da órbita do planeta, o Sol (figura 4).

$$\vec{F} = m\vec{a} = -4\pi^2 m \frac{R}{T^2} \hat{r} \quad (2.4)$$

Figura 4 – Órbitas circulares



Modificado de (NUSSENZVEIG, 2013)

Utilizando a equação (2.2):

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3 = \frac{(T_1)^2}{(R_1)^3} = \frac{(T_2)^2}{(R_2)^3} = C \quad (2.5)$$

A razão entre o período de revolução ao quadrado de um planeta T^2 e o raio da órbita ao cubo de mesmo planeta R^3 é uma constante C . Substituindo na equação (2.7):

$$\vec{F} = -4\pi^2 C \frac{m}{R^2} \hat{r} \quad (2.6)$$

Assim, é possível observar que a força que atua sobre o planeta é diretamente proporcional a sua massa m e inversamente proporcional ao quadrado do seu raio R . Como Kepler bem percebeu o Sol exerce influência sobre o planeta, com isso, a massa do Sol M deve influenciar na força:

$$\vec{F} = -G \frac{mM}{R^2} \hat{r} \quad (2.7)$$

Essa equação, conhecida com *lei de Newton da gravitação universal*, explica a interação gravitacional entre a matéria. Essa equação, tanto pode ser utilizada para o entendimento astronômico do movimento dos planetas, como para partículas de massa conhecida.

A constante G é conhecida como *constante gravitacional* com seu valor no SI:

$$G = 6,67 \times 10^{-11} N \cdot m^2/kg^2. \quad (2.8)$$

3 Utilizando o software *Scratch*

Nesse capítulo, abordaremos as principais vantagens e desvantagens da utilização do *Scratch* no ensino de lógica de programação, além de um estudo de caso sobre a utilização do software com alunos do ensino fundamental.

3.1 Princípios de programação utilizando o software *Scratch*

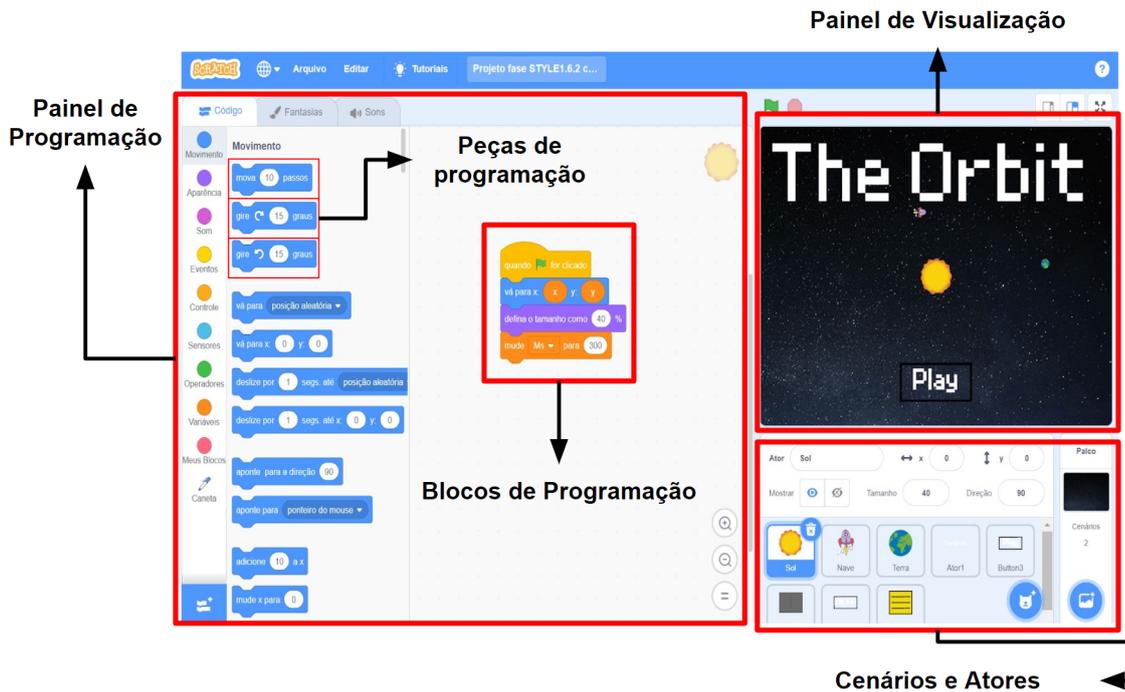
O *Scratch* é uma linguagem de programação orientada a objetos (POO), um paradigma que visa a manipulação de objetos. Esse paradigma de linguagem se utiliza de conceitos da programação estruturada, porém, seu diferencial é a caracterização de objetos por meio de classes que descreve todos os serviços disponíveis por seus objetos e quais informações podem ser armazenadas.

Sobre a adesão da linguagem de programação orientada a objetos podemos afirmar que:

Uma das razões pelas quais POO tornou-se largamente aceita é que os conceitos de OO são parecidos com as nossas percepções naturais do mundo real. O principal fundamento da POO é fazer com que os programas refletem ao máximo a realidade que será tratada. Deste modo, torna-se mais fácil entender o que está descrito nos programas. Isto se deve ao fato de que os seres humanos são, desde o princípio, acostumados e treinados na percepção do que está acontecendo no mundo real. (FEITOSA; COMARELLA, 2020)

Na (figura 5) é possível observar o painel do software, nele há 3 telas principais, uma com o painel de visualização, onde é possível observar o que está sendo feito no programa em tempo real e seu funcionamento, outra com os cenário e atores, os objetos da linguagem de programação, e por fim, o painel de programação onde é possível adicionar os parâmetros de cada objeto, definição de variáveis e construir os algoritmos do programa. A programação é toda feita por meio de peças como se fossem um quebra cabeça ou peças de LEGO, a montagem de cada programa se dá pela formação de blocos de programação por meio do encaixe de cada peça. As peças de programação são classificadas de acordo com sua funcionalidade.

As peças de programação são baseadas nas estruturas e comandos básicos (figure 6) da programação convencional, dessa forma é possível identificar comandos da programação estruturada como o *else*, *while*, *for* e estrutura de *loop*. Além disso, o programa dispõe de outras funcionalidades como operadores lógicos, sensores, funções entre outros comandos disponíveis na plataforma. Ademais, é possível adicionar extensões com compatibilidade

Figura 5 – Painel do programa *Scratch*

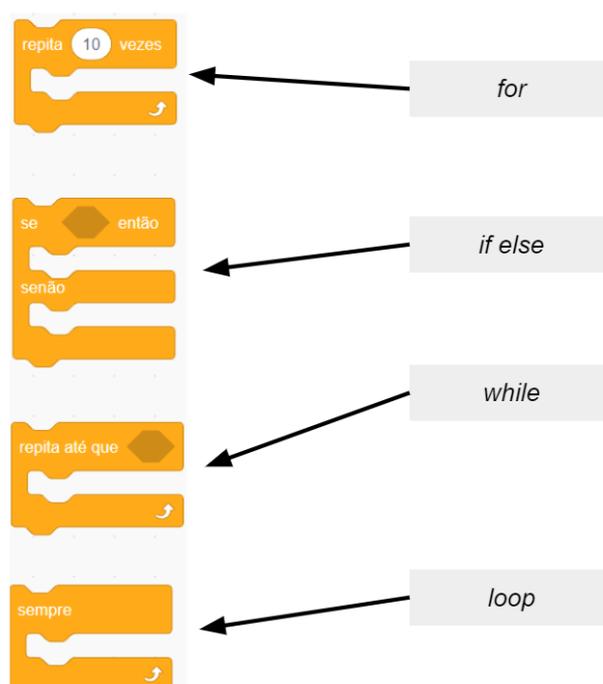
Fonte: Autor 2022

com dispositivos da LEGO education e Arduíno que permitem a programação e manipulação de robôs.

Esse tipo de linguagem em blocos é uma grande ferramenta para o ensino de lógica de programação, para sua utilização não é necessário saber a sintaxe, apenas entender o funcionamento de cada peça. O apelo visual proporcionado por esse tipo de linguagem difere dos métodos tradicionais de programação, que necessitam da compreensão de conceitos abstratos para o entendimento dos algoritmos que serão construídos. Essa abstração é facilmente resolvida com esse tipo de linguagem devido a seu apelo visual e a tradução em português. Na figura 7 é possível observar essa diferença nos dois scripts, na parte A) está o script escrito com o *Scratch* e na parte B) encontra-se o mesmo programa elaborado em Python.

Conforme a pesquisa feita por (MOREIRA et al., 2018) com alunos do ensino médio, conclui que as principais dificuldades dos alunos de um modo geral está no que diz respeito ao aprendizado de programação introdutória. Segundo o gráfico da (figura 8), a maioria dos estudantes afirmou ter dificuldade no desenvolvimento da lógica de programação e no entendimento da sintaxe. Assim, pelo *Scratch* ser uma ferramenta baseada em blocos, além de ter sua linguagem traduzida para português, se mostra um ótimo instrumento para superação desses desafios no ensino de programação.

Uma das grandes vantagens da utilização do *Scratch* está no compartilhamento de projetos com a comunidade. Isso permite que qualquer usuário da plataforma realize cópias

Figura 6 – Estruturas de sequência, decisão e iteração (repetição) no *Scratch*

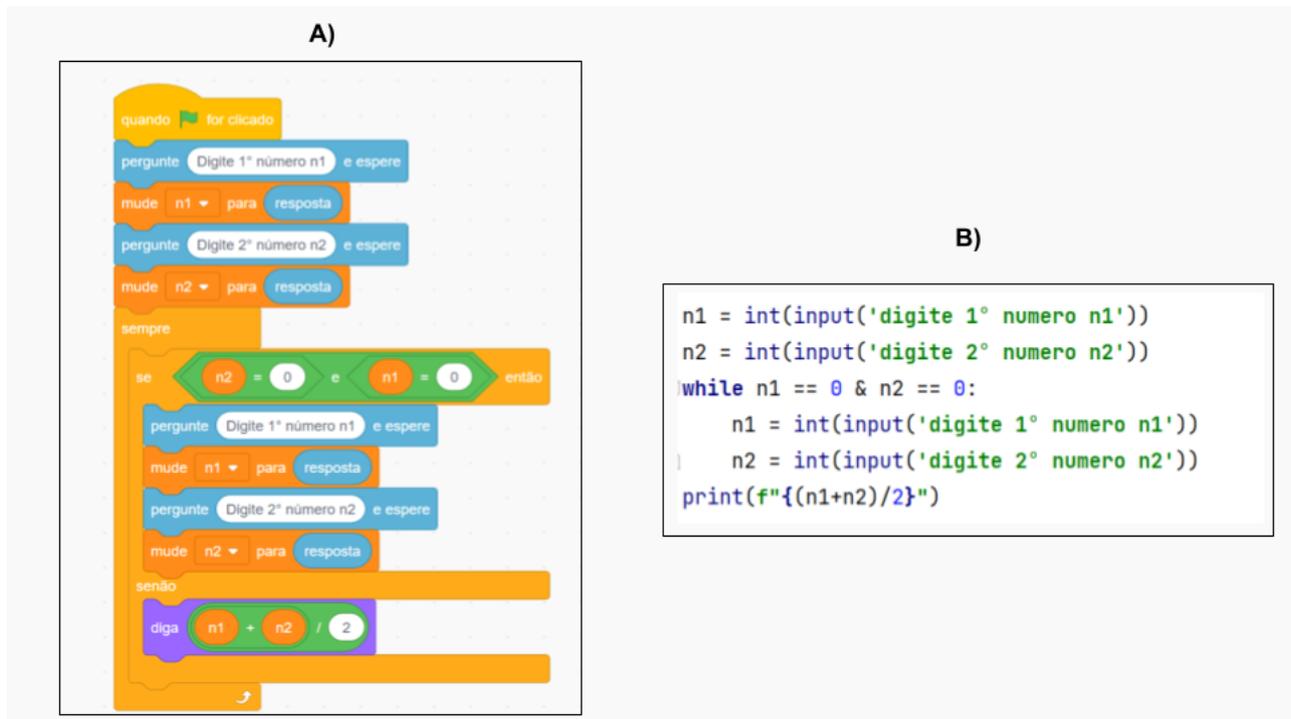
Fonte: Autor 2022

de um mesmo projeto, podendo fazer suas próprias modificações, o que dá ao professor a liberdade de realizar suas adaptações de acordo com seu planejamento e objetivo.

Uma desvantagem do software se deve a sua simplicidade e os poucos comandos e funções que a plataforma dispõe, dificultando na produção dos scripts. É até possível criar funções com a plataforma, mas como há poucas funções no programa, isso deixa o processo de criação mais lento, pois é necessário criá-las, diferente das linguagens de programação convencionais que já dispõem de recursos e funções mais avançadas. Dessa forma, o tempo para a criação de uma simulação é maior com o uso do *Scratch*, quando comparado com uma linguagem convencional como python.

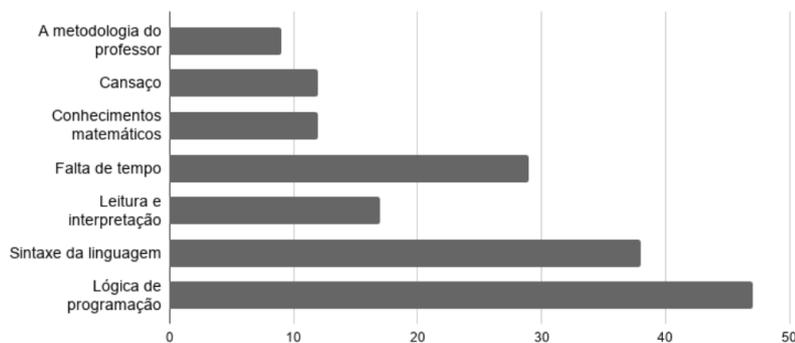
Uma dificuldade apresentada pelo software é o uso das funções trigonométricas inversas que agem diferentemente do convencional, sem seguir o sinal correto da variável no quadrante. Quando denominador da função $\arctan(x/y)$ é $y < 0$, o eixo de coordenadas inverte, sendo antes 0° com relação ao eixo y das coordenadas cartesianas. Uma das soluções para sanar esse problema, é forçar o ângulo para o sinal correto quando $y < 0$ com um script (figura 9).

Figura 7 – Scripts de um mesmo programa que serve para calcular a média de dois valores não nulos. Na parte A) é o programa escrito com o *Scratch*, na parte B) é o mesmo programa elaborado em python.



Fonte: Autor 2022

Figura 8 – Principais dificuldades para o entendimento de programação.



Fonte: (MOREIRA et al., 2018)

3.2 Estudo de caso: utilizando o *Scratch* com estudantes do ensino fundamental em Pilar-AL

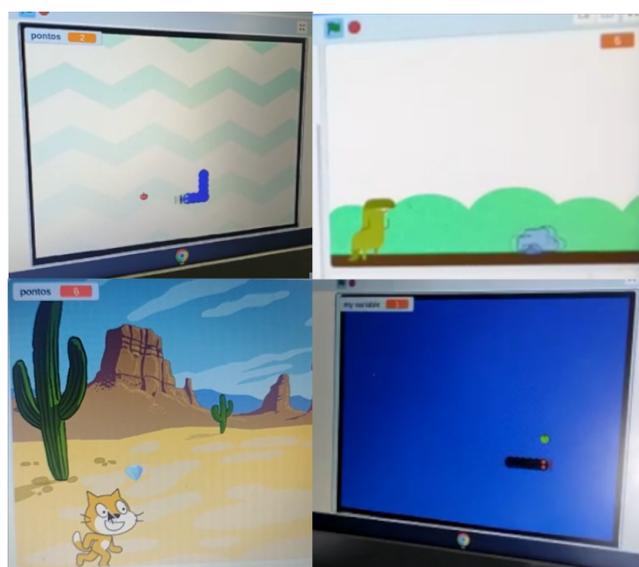
Em 2022, na escola municipal Embaixador Renato de Mendonça de Pilar-AL, tive a experiência de ministrar uma oficina de Introdução à Lógica de Programação com o *Scratch*, visando ensinar os alunos do 8º ano do ensino fundamental a criar mini-games pela plataforma. Ao todo foram 1 mês de experiência de encontros online aos sábados às

Figura 9 – Script que força a rotação para $y < 0$ 

Fonte: Autor 2022

10:00 horas e de tutoria pelo WhatsApp. Durante os encontros era ensinado aos alunos conceitos de lógica de programação, o funcionamento do software e como produzir os jogos utilizando a plataforma (figura 10). Ademais, durante a semana os alunos tinham de realizar atividades e práticas no contraturno de suas aulas. Para esse fim, a escola disponibilizou os computadores para que os alunos praticassem a programação nesse período na escola.

Figura 10 – Exemplos de jogos produzidos pelos alunos na oficina realizada em 2022.



Fonte: Autor 2022

A oficina se mostrou um sucesso, pois a experiência ali obtida foi fundamental para a prática pedagógica na sala de aula. Os alunos estavam empenhados em aprender a criar jogos e entender o funcionamento dos programas utilizados no dia a dia por eles

(figura 11). Os jogos consistiam em fazer com que personagens se movessem de acordo com comandos do teclado e fossem capazes de realizar saltos na presença da gravidade uniforme. Também foi possível observar uma melhora nas notas e no comportamento dos alunos que participaram da disciplina. Isso se deu tanto pela escolha do software, que facilitou a aprendizagem dos alunos, quanto pela escolha do tema de produção de jogos digitais, a qual é de grande interesse por parte dos alunos.

Figura 11 – Alunos na oficina realizada em 2022.



Fonte: Autor 2022

Nesse contexto, foi oportuno para trabalhar além da lógica de programação conceitos com variáveis, plano cartesiano, velocidade, vetores, gravidade e operações matemáticas.

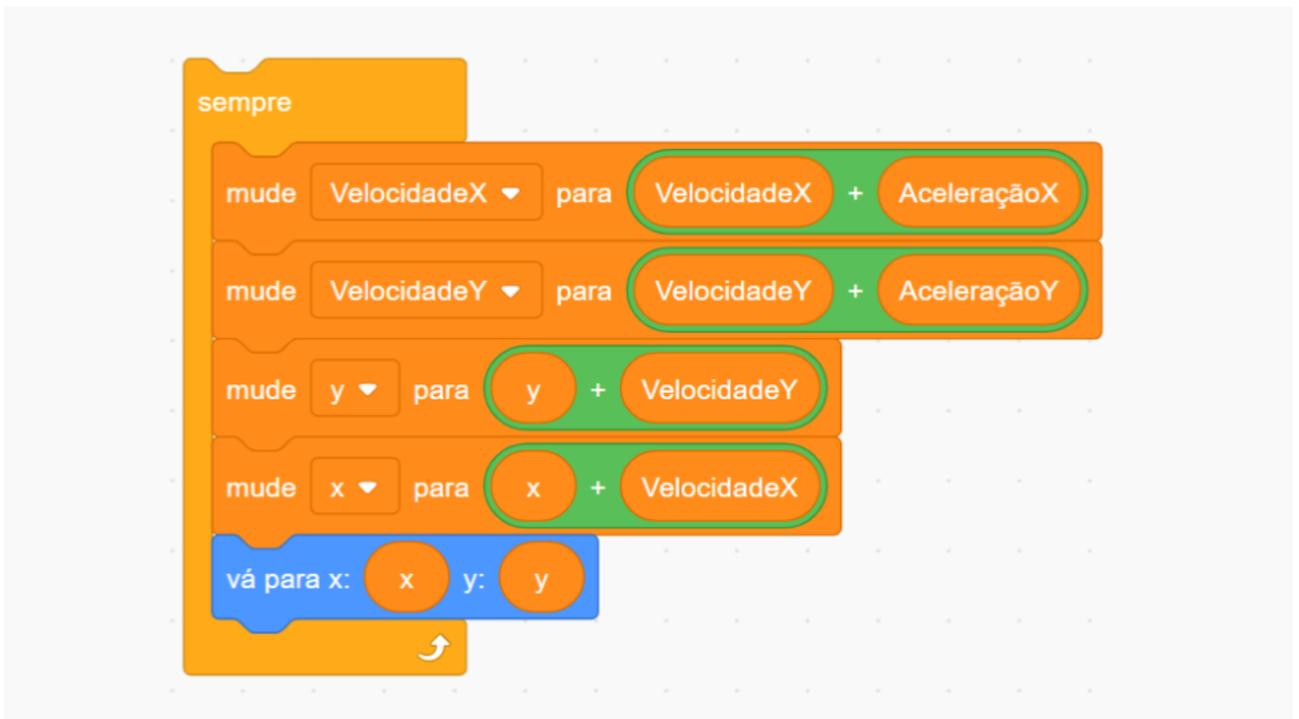
Tal fato evidencia a importância de inserir na escola estímulos diferentes e que sejam da realidade e interesse dos alunos. Assim, a decisão da (BRASIL, 2018) de possibilitar a criação de oficinas e disciplinas eletivas para o ensino médio é de grande oportunidade para este fim. Portanto, a criação de disciplinas com esse objetivo, não deve ser pensada como um aprofundamento nos conhecimentos, mas deve contemplar os interesses e demandas dos alunos.

O software foi um grande aliado para a realização dessa oficina, devido a sua facilidade na construção dos scripts e na grande comunidade do YouTube, tornou a aprendizagem fácil para os alunos que conseguiram criar os jogos e entender conceitos de programação estruturada.

4 Simulando a lei da Gravitação Universal

O maior desafio para a criação da simulação está em torno de dois aspectos: a movimentação dos objetos consoante a segunda lei de Newton e a atração gravitacional conforme a lei da Gravitação Universal. Para calcular a próxima posição e velocidade dos Sprites¹ é necessário realizar uma pequena integração numérica (figura 12), equivalente a considerar que o corpo realiza um movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV) por um intervalo de tempo curto $\Delta t = 1$. O tempo de movimentação no *Scratch* é conforme a atualização do programa, assim adotamos o passo de tempo $dt = 1$ sendo o intervalo de tempo decorrido entre cada atualização de posição e velocidade.

Figura 12 – Loop feito no *Scratch* para realizar a integração numérica com método de Euler explícito no tempo, equivalente a um MRUV por um intervalo de tempo $dt = 1$.



Fonte: Autor 2022.

Sabendo que a próxima posição em um intervalo $dt = 1$ é a própria posição inicial mais incremento vdt , o mesmo serve para a aceleração:

$$v_x(t + dt) = v_x(t) + a_x(t) dt. \quad (4.1)$$

¹ Sprites em computação gráfica são objetos ou personagens bidimensionais, ou tridimensionais

Substituindo a aceleração gravitacional pela 2ª lei de Newton e pela equação 2.7:

$$v_x(t + dt) = v_x(t) + \frac{-GMx(t)}{r(t)^3}dt. \quad (4.2)$$

Em um tempo de intervalo $t + dt$, a posição pode ser escrita como:

$$x(t + dt) = x(t) + v_x(t)dt. \quad (4.3)$$

Como $dt = 1$ as equações se resumem em:

$$x^{n+1} = x^n + v_x^n \quad (4.4)$$

$$v_x^{n+1} = v_x^n + a_x^n, \quad (4.5)$$

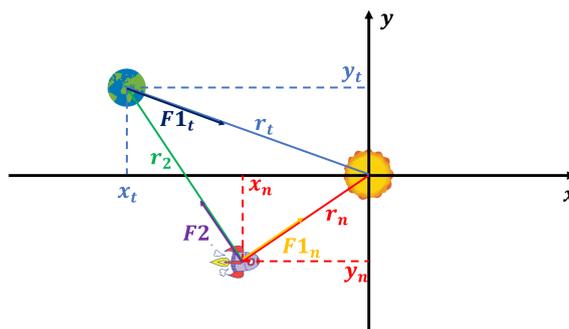
onde x^n e v_x^n correspondem aos valores numéricos de posição e velocidade no tempo $t = n$, respectivamente. Analogamente, para a direção y temos:

$$y^{n+1} = y^n + v_y^n \quad (4.6)$$

$$v_y^{n+1} = v_y^n + a_y^n. \quad (4.7)$$

Para calcular a força gravitacional, foi definido uma função chamada Força 1, que para o caso do planeta é a força que o Sol exerce nele (figura 13) e (figura 14). Como o Sol está fixo na origem do plano cartesiano, os vetores que descrevem as forças no planeta Terra e na nave estão ilustrados na (Figura 13).

Figura 13 – Decomposição do vetor \vec{r}_t e \vec{r}_n para a nave e a Terra e as respectivas forças que agem sobre os objetos.



Fonte: Autor 2022

Utilizando coordenadas cartesianas para a Terra, sendo m_t a massa da Terra e M a massa do Sol, temos:

$$F_x = m_t a_x \Rightarrow -|F|\cos\theta = m_t a_x \Rightarrow a_x = -\frac{|F|\cos\theta}{m_t}, \quad (4.8)$$

$$F_y = m_t a_y \Rightarrow -|F|\sen\theta = m_t a_y \Rightarrow a_y = -\frac{|F|\sen\theta}{m_t}. \quad (4.9)$$

Podemos substituir $\sin \theta = \frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}}$ e $\cos \theta = \frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}}$ nas equações (4.8) e (4.9):

$$a_x = -\frac{|F|}{m_t} \cdot \frac{x}{(x^2 + y^2)^{1/2}}, \quad (4.10)$$

$$a_y = -\frac{|F|}{m_t} \cdot \frac{y}{(x^2 + y^2)^{1/2}}. \quad (4.11)$$

Substituindo o valor $|F| = \frac{Gm_t M}{r^2}$, sendo $r = \sqrt{x^2 + y^2}$:

$$a_x = -\frac{\frac{Gm_t M}{r^2}}{m_t} \cdot \frac{x}{(x^2 + y^2)^{1/2}} = -\frac{GMx}{r^3}, \quad (4.12)$$

$$a_y = -\frac{\frac{Gm_t M}{r^2}}{m_t} \cdot \frac{y}{(x^2 + y^2)^{1/2}} = -\frac{GM y}{r^3}, \quad (4.13)$$

sendo o módulo do vetor posição $r = |\vec{r}| = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Figura 14 – Script feito no *Scratch*, para calcular o vetor deslocamento entre o Sol e objeto e as componentes do vetor aceleração.



Fonte: Autor 2022

Para o caso da nave há duas forças que agem sobre o personagem, uma força que o Sol faz na nave, seu script é o mesmo que foi utilizado na Terra F_1 (figura 14) e a força F_2 (figura 15) sendo a força que a Terra exerce sobre a nave (figura 13). As componentes dessa força são dadas pelas equações:

$$F_{2x} = \frac{GM_t m_n (x_t - x_n)}{r_2^3} \quad (4.14)$$

$$F_{2y} = \frac{GM_t m_n (y_t - y_n)}{r_2^3} \quad (4.15)$$

Figura 15 – Script feito no *Scratch*, para calcular o vetor deslocamento entre os objetos em movimento e as componentes da força que a Terra exerce sobre a nave.



Fonte: Autor 2022

De modo que r_2 é a distância entre a nave e a Terra. $r_2 = \sqrt{(x_t - x_n)^2 + (y_t - y_n)^2}$

Tanto Força 1, quanto Força 2, devem ser definidas no loop que realiza a integração numérica (figura 12).

5 Metodologias para trabalhar com a simulação.

A simulação produzida neste trabalho e implementada no jogo batizado de *The Orbit*¹ consiste na utilização da lei da gravitação universal para a computação das órbitas dos corpos celestes. Assim, foi usado como modelo três objetos: uma estrela como o Sol no centro do referencial, um planeta como a Terra e uma nave com propulsão interativa. Através do menu é possível selecionar os parâmetros iniciais como massa, posição e velocidade de cada objeto. Consideramos que na nave atuam forças gravitacionais causadas pela Terra e pelo Sol, mas na Terra consideramos apenas a atração produzida pelo Sol.

Há várias metodologias de atividades pedagógicas que o professor pode utilizar em sala de aula com a simulação: como um jogo lúdico para que os alunos criem uma intuição com a gravitação; como uma ferramenta de experimentação para os alunos exercitarem os conhecimentos sobre gravitação; ou como ensino de lógica de programação com a aplicação da gravitação, que envolve o ensino da linguagem do *Scratch* para o desenvolvimento de simulações. Nas próximas seções exemplificamos algumas destas atividades.

5.1 Órbita circular

A proposta dessa atividade é a utilização das equações da aceleração centrípeta e a força gravitacional para encontrar analiticamente os valores da velocidade V_y para diferentes valores de r e verificar o resultado na simulação.

Para encontrar uma órbita circular é necessário impor uma velocidade adequada ao projétil que órbita um astro de acordo distância entre estes corpos. Como os dados da constante gravitacional G e a massa do Sol M são conhecidos, é possível encontrar a velocidade necessária para que o objeto exiba uma órbita circular (figura 16), mudando os valores da distância entre os corpos.

Considerando o sistema Terra-Sol: sendo a massa do Sol $M = 300$, massa da Terra m_t , a constante gravitacional $G = 0.1$, a distância entre os corpos r e a velocidade da Terra V , temos:

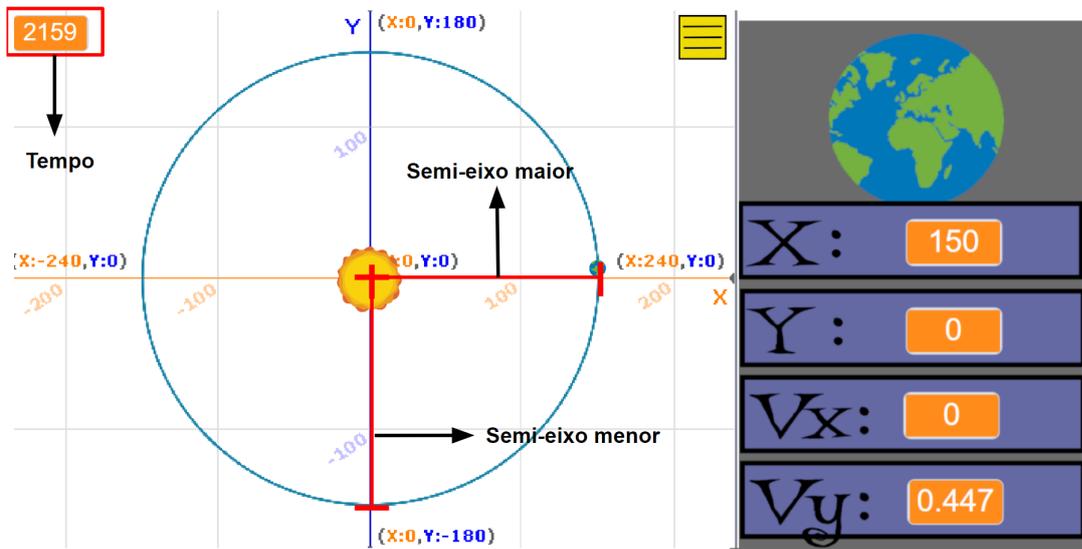
$$F = \frac{GMm_t}{r^2}. \quad (5.1)$$

Pela 2ª lei de Newton aplicada à Terra temos:

$$F = m_t a, \quad (5.2)$$

¹ Acesse a simulação em: <<https://scratch.mit.edu/projects/75413303>>

Figura 16 – Órbita circular da Terra



Fonte: Autor 2022

$$a = \frac{F}{m_t}. \quad (5.3)$$

Então podemos substituir a equação (5.1) na equação (5.3) :

$$a = \frac{GMm_t}{r^2} = \frac{GM}{r^2}. \quad (5.4)$$

Para o caso de uma órbita circular a aceleração centrípeta de um corpo é dada pela expressão:

$$a = \frac{V^2}{r}, \quad (5.5)$$

sendo a velocidade V a velocidade tangencial da Terra.

Para o caso de uma órbita circular a aceleração centrípeta é a mesma que a aceleração gravitacional, com isso podemos igualar a aceleração gravitacional equação (5.4) com a aceleração centrípeta equação (5.5).

$$\frac{GM}{r^2} = \frac{V^2}{r}. \quad (5.6)$$

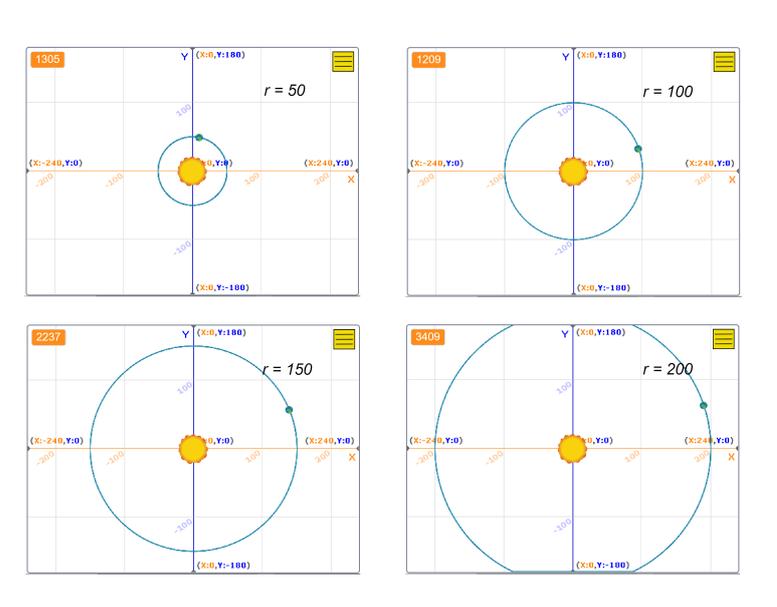
Colocando a velocidade em evidência:

$$V = \sqrt{\frac{GMr}{r^2}} \quad (5.7)$$

$$V = \sqrt{\frac{GM}{r}}. \quad (5.8)$$

Dessa forma encontramos uma expressão que diz que a velocidade de um corpo celeste em órbita circular, é inversamente proporcional à raiz da distância entre esses dois corpos. Essa equação pode ser utilizada para a realização de experimentos com a simulação, o professor pode pedir aos grupos alunos que encontrem órbitas circulares escolhendo como condições iniciais valores de V_y para $r = x = 50$, $r = x = 100$, $r = x = 150$ e $r = x = 200$ com $y = 0$ e $V_x = 0$ (figura 17). Com a equação (5.8) e o auxílio de uma calculadora, é possível encontrar valores para o qual a órbita do planeta seja circular e comparar esses valores com os resultados do experimento. Os valores foram calculados e estão disponíveis na tabela 1.

Figura 17 – Órbitas circulares com valores diferentes de raio obtidas no jogo.



Fonte: Autor 2022

Tabela 1 – Velocidades calculadas para as órbitas circulares correspondentes.

Raio ($r = x$)	Velocidade (V_y)
50	0.77459
100	0.54772
150	0.44721
200	0.38729

De posse dos valores encontrados analiticamente, o grupo deve substituir os parâmetros na simulação e verificar o padrão orbital esperado. Caso os valores estejam corretos, o padrão esperado é (figura 17), pelo contrário, é necessário refazer os cálculos.

O professor deve considerar para o caso de $r = 200$ que não é possível ver a trajetória completa da órbita da Terra na tela do jogo. Com isso, o professor pode pedir

para cada grupo elaborar uma hipótese de como podemos comprovar que a órbita da Terra é realmente circular para $r = 200$.

5.2 Determinação da constante gravitacional

Outra forma de realizar experimentos com a simulação é a determinação da constante gravitacional G . É importante ressaltar que os parâmetros físicos utilizados na simulação (G , m_t , M , distâncias) são arbitrários, e suas unidades não correspondem ao sistema internacional. A fórmula para calcular o valor de G pode ser encontrada através da terceira lei de Kepler, na equação (2.2). Apesar dessa lei ter sido descoberta por Kepler, quem deu esta interpretação foi Newton por meio da gravitação universal (equação (2.7)). Assim temos:

$$\frac{T^2}{R^3} = k \quad (5.9)$$

Pela equação (5.9) o período de revolução ao quadrado dividido pelo semi-eixo maior ao cubo é igual a uma constante. Para o caso de uma órbita circular o semi-eixo maior $a = R$ sendo $R =$ raio da órbita.

Se o movimento é circular a força gravitacional exercida sobre o planeta é a mesma que a força centrípeta, assim temos:

$$F_{centripeta} = F_{gravitacional} \quad (5.10)$$

$$\frac{m_t V^2}{R} = \frac{G m_t M}{R^2} \quad (5.11)$$

Simplificando as equações:

$$V^2 = \frac{GM}{R} \quad (5.12)$$

A velocidade é centrípeta é dada pela equação:

$$V = \frac{2\pi R}{T} \quad (5.13)$$

Substituindo a equação (5.13) na equação (5.12).

$$\left(\frac{2\pi R}{T}\right)^2 = \frac{GM}{R} \quad (5.14)$$

Simplificando as equações teremos a seguinte relação:

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM} \quad (5.15)$$

Assim, comparando a equação (5.9) com a equação (5.17) é possível observar que a constante observada por Kepler é, na verdade, um conjunto de constantes:

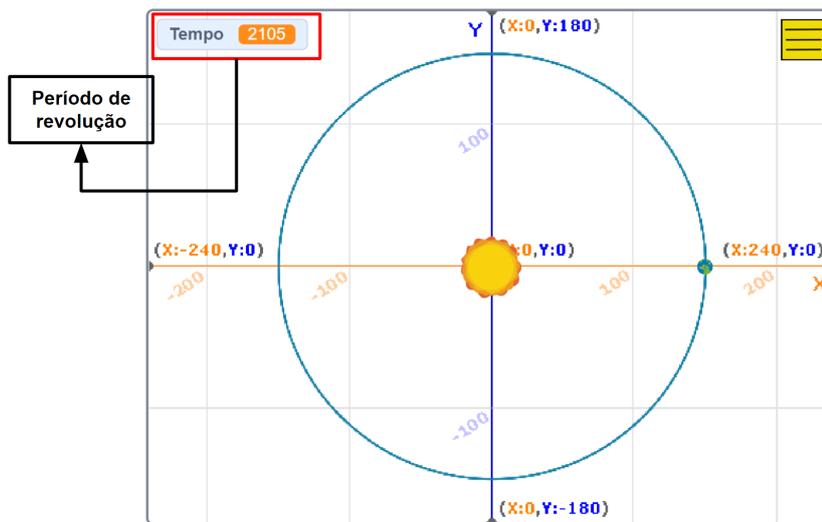
$$k = \frac{4\pi^2}{GM}. \quad (5.16)$$

Com a equação (5.14) é possível determinar o valor da constante gravitacional, isolando o termo.

$$G = \frac{4\pi^2}{M} \cdot \frac{R^3}{T^2}. \quad (5.17)$$

Com essa equação é possível determinar o valor estimado da constante gravitacional, sabendo do tempo de revolução (figura 18). O professor pode pedir para o grupo de alunos para determinarem através da simulação o valor do período de revolução (utilizando o cronômetro que aparece na tela do jogo), de posse dos valores de T usar a equação (5.17) para estimar valores de G .

Figura 18 – Determinando o período de revolução da órbita circular utilizando a simulação.



Fonte: Autor 2022

O professor pode pedir ao grupo para calcular valores de T para $r = 50$, $r = 100$, $r = 150$ e $r = 200$ e construir uma tabela como na tabela (2).

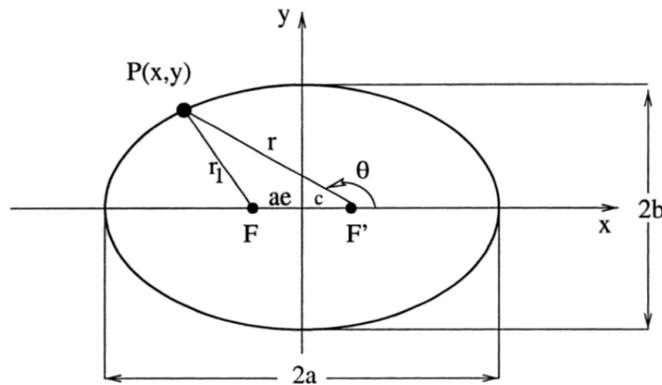
Tabela 2 – Período e constante gravitacional G .

Raio (r)	Período (T)	Constante G
50	405	0.1002855703
100	1147	0.1000257108
150	2107	0.1000421895
200	3243	0.1001001139

5.3 Determinar a excentricidade de órbitas

Nessa atividade o professor pode dividir a sala em grupos e pedir para que o grupo calcule a excentricidade das órbitas do planeta utilizando as equações da elipse (figura 19).

Figura 19 – Propriedades da elipse.



Fonte: Modificado de (SARAIVA, 2004)

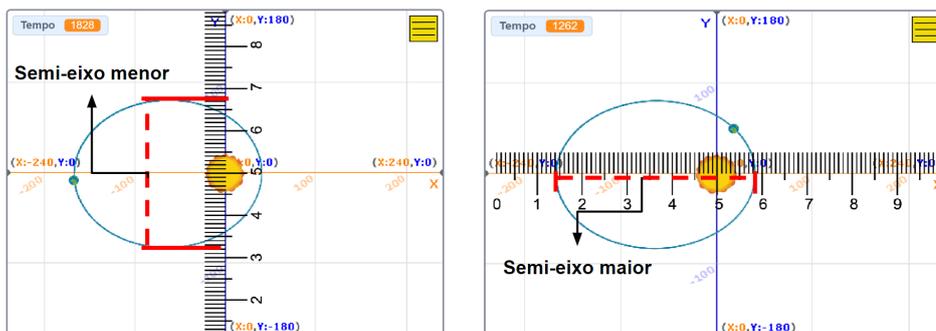
Utilizando a equação de Pitágoras, $a^2 = b^2 + c^2$, temos:

$$e = \frac{c}{a} = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2}, \quad (5.18)$$

sendo e a excentricidade, c a distância do centro ao foco, a o semi-eixo maior e b o semi-eixo menor.

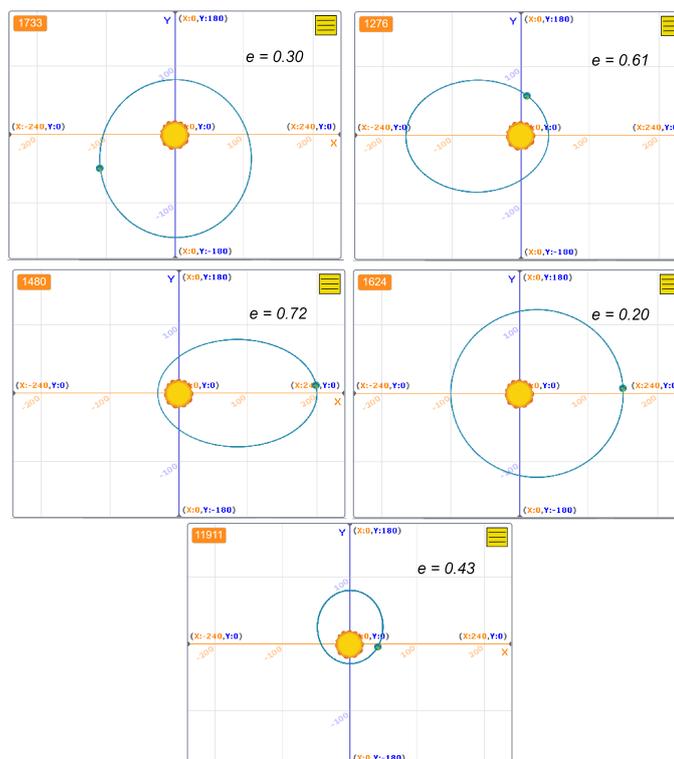
Com auxílio da régua do programa e a equação (5.18) é possível encontrar o semi-eixo maior e o semi-eixo menor das órbitas e sua excentricidade (figura 20). Cada órbita (figura 21) será calculada conforme os parâmetros da posição e velocidade disponíveis na tabela (3).

Figura 20 – Utilizando a régua da simulação para encontra o valor do semi-eixo maior e menor da órbita.



Fonte: Autor 2022

Figura 21 – Órbitas elípticas para o cálculo da excentricidade.



Fonte: Autor 2022

Tabela 3 – Cálculo da excentricidade.

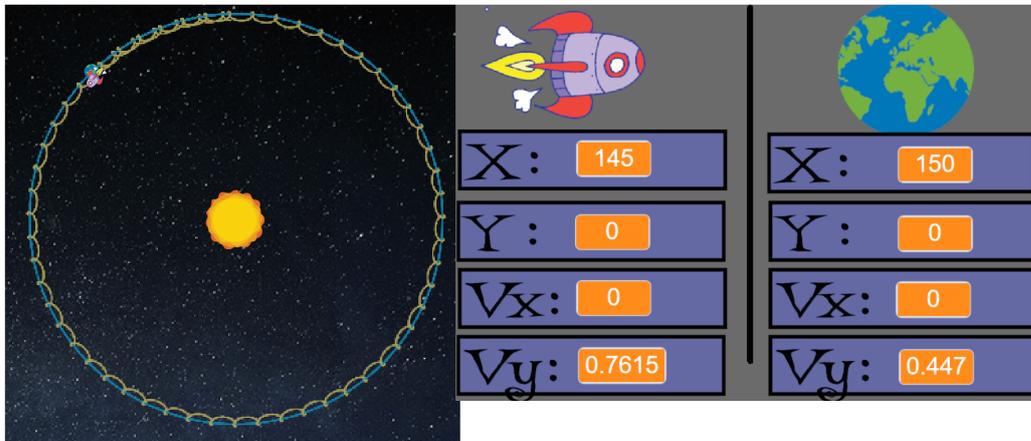
x	y	V_x	V_y	e
40	0	0	1.1	0.61
0	80	-0.7	0	0.30
150	0	0	0.4	0.20
200	0	0	0.2	0.72
0	80	-0.45	0	0.43

5.4 Determinação dos parâmetros para que a nave orbite por mais tempo a Terra.

Nessa atividade trabalharemos com o sistema de três corpos: nave, Terra e Sol. O objetivo é encontrar parâmetros para que a nave possa orbitar a Terra enquanto esta órbita o Sol (figura 22). No primeiro momento o professor deve pedir aos alunos que façam isso manualmente, utilizando as setas do teclado para controlar a nave e colocá-la em órbita. Esse passo é importante para os alunos criarem uma familiaridade e intuição do movimento que estão buscando encontrar. Na etapa seguinte os alunos deverão colocar a nave em órbita da Terra utilizando apenas os parâmetros iniciais de velocidade e posição

da nave. Feito isso, eles devem medir a situação inicial para o qual a nave passa mais tempo orbitando a Terra.

Figura 22 – Parâmetros para a órbita da nave ao redor da Terra.



Fonte: Autor 2022

Para que isso aconteça é importante que a força que a Terra exerce sobre a nave, força F_2 na equação (15), seja suficiente para não deixar a nave se desprender da Terra. Para isso, é necessário diminuir a distância entre a nave e a Terra.

Outro fato importante é a velocidade que a nave deve ter, ela deve ser suficiente para acompanhar o movimento da Terra, porém não pode ser maior que a velocidade de escape equação:

$$V_{escape} = \sqrt{\frac{2GM}{r}}. \quad (5.19)$$

5.5 Ensino de programação com o *Scratch*

Outra abordagem possível de se trabalhar com software *Scratch*, é o ensino de lógica de programação. Assim, o professor pode utilizar os scripts para ensinar os alunos a criarem uma simulação² simples utilizando a gravitação universal em um sistema Terra e Sol. Essa proposta possibilita a interdisciplinaridade entre ensino de gravitação e a aprendizagem de lógica de programação.

Com essa finalidade, o professor que dispõe de uma sala de computação e auxílio de um projetor pode pedir aos alunos que o acompanhem na montagem dos scripts da simulação. Assim, conforme o professor for realizando a montagem dos scripts, ele deve explicar o funcionamento de cada comando. Vale salientar que os alunos deverão ter conhecimentos prévios de gravitação.

Essa atividade pode ser dividida nas seguintes etapas:

² Acesse a simulação em: <<https://scratch.mit.edu/projects/728861318>>

5.5.1 Etapa 1: Criar uma conta no *Scratch* e conhecer a plataforma.

O professor deve iniciar mostrando aos alunos o passo a passo de como criar uma conta na plataforma e como confirmar essa conta pelo e-mail.

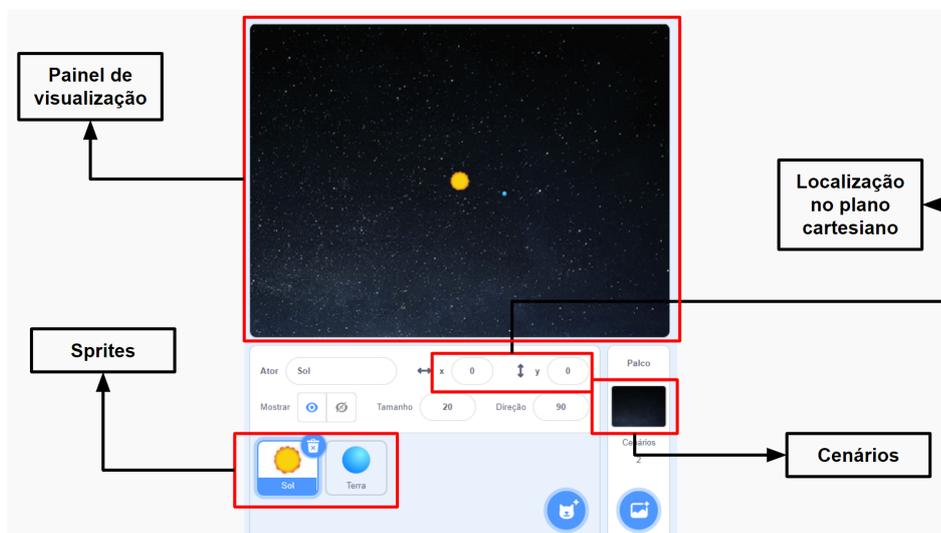
Nessa etapa é importante o professor mostrar a comunidade do *Scratch* aos alunos e explicar o funcionamento da plataforma, como e onde os alunos podem acessar os projetos da comunidade. Além disso, é nessa etapa que o professor irá demonstrar a simulação a ser trabalhada em sala.

5.5.2 Etapa 2: Configurar e importar os atores "Sun", "Earth" e cenário "Space".

Nessa etapa o professor deve configurar o ambiente de programação do *Scratch* para o aluno, colocando o software em português e explicando as funcionalidades de cada painel.

Além disso, é necessário mostrar aos alunos, como importar os sprites e o cenário que serão utilizados na simulação conforme a figura 23.

Figura 23 – Painel de objetos, sprites e cenários, localização e visualização do programa.



Fonte: Autor 2022

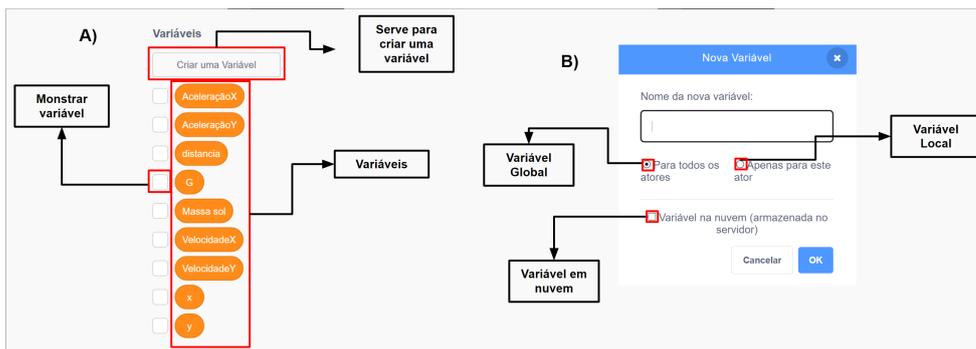
5.5.3 Etapa 3: Localizar os objetos no plano cartesiano.

O professor pode trabalhar com os alunos noções de plano cartesiano e vetores, conceitos importantes para os alunos saberem antes de utilizar a plataforma. A própria plataforma é propícia para essa aprendizagem, nessa simulação é necessário localizar a posição do Sol no centro do plano cartesiano, ou seja, na posição (0,0) conforme a (figura 23).

5.5.4 Etapa 4: Declarar as variáveis.

O professor deve ensinar aos alunos a como adicionar variáveis, explicando a diferença entre variável global e local ³. Dessa forma, as seguintes variáveis devem ser adicionadas na simulação (figura 24)

Figura 24 – A) Painel de configurações das variáveis. B) Configurações de criação das variáveis.



Fonte: Autor 2022

5.5.5 Etapa 5: Construir o script para integração numérica.

Nessa etapa é fundamental que os alunos acompanhem o professor na construção do script. Assim, o professor deve explicar o passo a passo e o porquê da utilização de cada bloco.

O professor pode aproveitar para explicar os comandos básicos de programação com o *Scratch*, como sequência, decisão e iteração (figura 6).

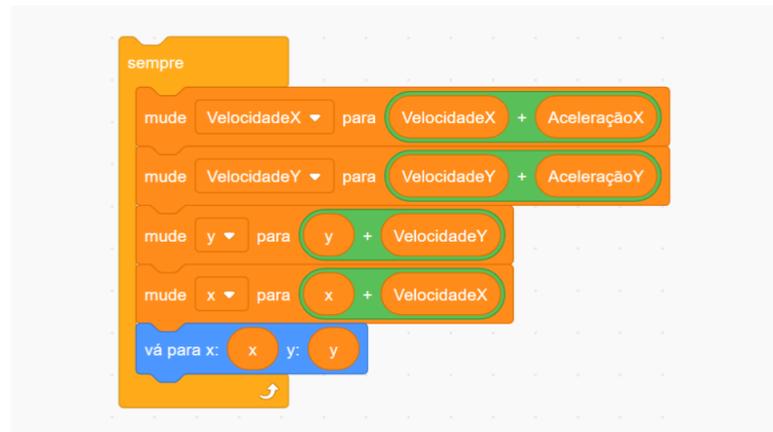
5.5.6 Etapa 6: Construir o script da força.

Para a criação do algoritmo da força é necessário criar um bloco chamado Força 1 (figure 26).

A definição desse bloco é dada pelos scripts que utilizam a equação (4.12) e (4.13) para calcular a aceleração nas componentes a_x e a_y da Terra (figura 27).

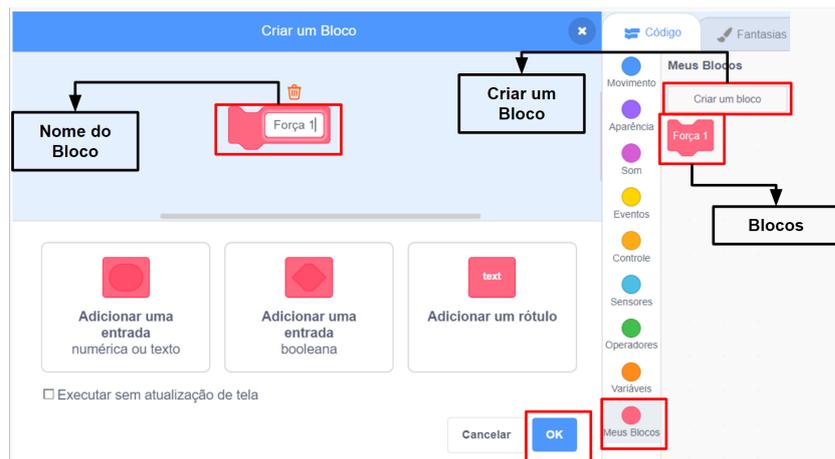
Além disso, é necessário a colocar o bloco no script que realiza a integração numérica (figura 25).

³ Variável local só tem validade no bloco onde foi declarada. Variável Global tem validade em todos os blocos.

Figura 25 – Script da integração numérica usando *Scratch*.

Fonte: Autor 2022

Figura 26 – Criação e configuração do bloco Força 1 usado para calcular a aceleração gravitacional.



Fonte: Autor 2022

5.5.7 Etapa 7: Condição inicial das variáveis.

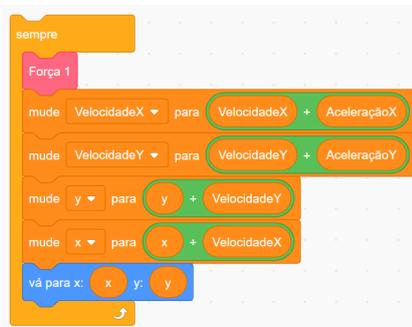
Para que o programa funcione corretamente é necessário definindo os parâmetros iniciais como $x = 55$, $y = 0$, $v_x = 0$ e $v_y = 0.5$, além das constantes $G = 0.1$ e $M = 300$ (massa do Sol). Dessa forma o programa completo está contido nos três scripts aqui descritos (figura 29).

Figura 27 – Algoritmo que calcula as componentes da aceleração gravitacional dentro do programa e o vetor deslocamento.



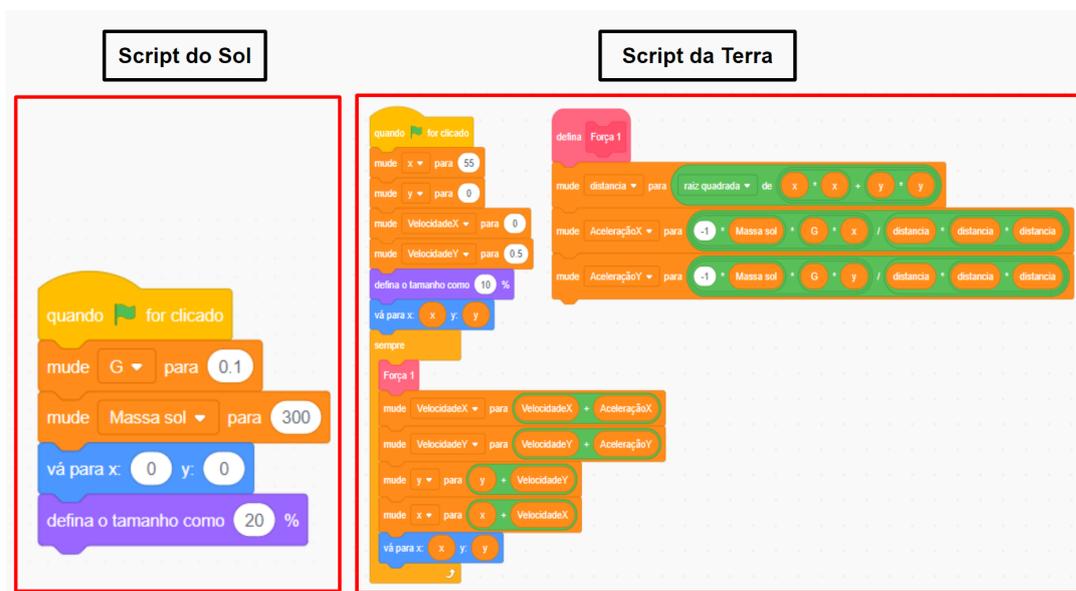
Fonte: Autor 2022

Figura 28 – Adição do bloco que calcula as componentes da aceleração gravitacional na integração numérica



Fonte: Autor 2022

Figura 29 – Todos os scripts do Sol e da Terra para o funcionamento do programa.



Fonte: Autor 2022

6 Conclusões e perspectivas

Concluimos que o uso de simulações computacionais no ensino de Física é uma ferramenta importante para a aprendizagem, principalmente para conceitos de difícil observação como órbitas astronômicas e aceleração gravitacional.

Softwares como o *Scratch* são grandes aliados na construção e realização de experimentos numéricos com simulações. Tal fato se deve tanto a facilidade no entendimento da sintaxe dessa linguagem como na aproximação que o paradigma de linguagem tem com o mundo real.

Vale salientar que nenhuma proposta metodológica aqui desenvolvida passou ainda por uma etapa de pesquisa educacional. Assim, se faz necessário estudos educacionais posteriores na aplicação das metodologias aqui propostas. No futuro, o autor cogita realizar uma pesquisa educacional utilizando a simulação aqui descrita para a criação de uma disciplina eletiva no ensino médio, com o tema “criação de jogos e simulações utilizando o *Scratch*” que será tema de um próximo trabalho.

Referências

ARAUJO, A. L.; ANDRADE, W.; GUERRERO, D. Um mapeamento sistemático sobre a avaliação do pensamento computacional no brasil. In: *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*. [S.l.: s.n.], 2016. v. 5, n. 1, p. 1147. Citado na página 19.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 4, n. 3, 2004. Citado na página 20.

BRACKMANN, C. P. et al. Pensamento computacional: Panorama nas américas. *XVIII Simpósio Internacional de Informática Educativa, SIIE*, v. 2016, p. 197, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 19.

BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. [S.l.]: Ministério da Educação, 2018. v. 3. Citado 3 vezes nas páginas 20, 21 e 34.

FEITOSA, S. da S.; COMARELLA, R. L. Aprendendo conceitos de orientação a objetos usando as ferramentas scratch e snap! *Anais do Computer on the Beach*, v. 11, n. 1, p. 490–496, 2020. Citado na página 29.

GERALDES, W. B.; MARTINS, E. R.; AFONSECA, U. R. Avaliação da usabilidade do scratch utilizando o método system usability scale (sus). In: SBC. *Anais da X Escola Regional de Informática de Mato Grosso*. [S.l.], 2019. p. 25–30. Citado na página 19.

HECKLER, V.; SARAIVA, M. d. F. O.; FILHO, K. d. S. O. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, SciELO Brasil, v. 29, p. 267–273, 2007. Citado na página 18.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. d. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, SciELO Brasil, v. 24, p. 77–86, 2002. Citado na página 19.

MOREIRA, G. L. et al. Desafios na aprendizagem de programação introdutória em cursos de ti da ufersa, campus pau dos ferros: um estudo exploratório. *Anais do Encontro de Computação do Oeste Potiguar ECOP/UFERSA (ISSN 2526-7574)*, n. 2, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 32.

MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. *Revista do Professor de Física*, v. 1, n. 1, p. 1–13, 2017. Citado na página 18.

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de física básica: Mecânica (vol. 1)*. [S.l.]: Editora Blucher, 2013. v. 394. Citado 4 vezes nas páginas 23, 24, 25 e 26.

OLIVEIRA, R. da S. *ASTRONOMIA NO ENSINO FUNDAMENTA*. 2000. Disponível em: <www.gta.ufrj.br/grad/09_1/versao-final/virtualizacao/>. Citado na página 20.

RODRIGUES, R. L. O uso do scratch como ferramenta de apoio ao currículo paulista na criação de uma sequência didática com o desenvolvimento de simuladores e animações. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2021. Citado na página 17.

SARAIVA, M. d. F. O. *Astronomia & Astrofísica*. [S.l.]: Editora Livraria da Física, 2004. Citado na página 44.

SILVA, I. P. da; MERCADO, L. P. L. Revisão sistemática de literatura acerca da experimentação virtual no ensino de física. *Ensino & Pesquisa*, 2019. Citado na página 18.

VYGOTSKY, L. S. *A Formação Social da Mente: O Desenvolvimento dos Processos Psicológicos Superiores*. [S.l.: s.n.], 1988. v. 4. Citado na página 17.