

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS - CAMPUS BAURU

DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO

BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

GABRIEL FRANCISCO SAHM GALLO

**USO DA COMPUTAÇÃO GRÁFICA PARA ENSINO DE
ASTRONOMIA: DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE
EDUCACIONAL UTILIZANDO *UNITY***

BAURU

Janeiro/2023

GABRIEL FRANCISCO SAHM GALLO

**USO DA COMPUTAÇÃO GRÁFICA PARA ENSINO DE
ASTRONOMIA: DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE
EDUCACIONAL UTILIZANDO *UNITY***

Trabalho de Conclusão de Curso do Curso
de Bacharelado em Ciência da Computação
da Universidade Estadual Paulista “Júlio
de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências,
Campus Bauru.

Orientador: Profa. Me. Juliana da Costa Feitosa

BAURU
Janeiro/2023

G172u Gallo, Gabriel
USO DA COMPUTAÇÃO GRÁFICA PARA ENSINO DE
ASTRONOMIA: DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE
EDUCACIONAL UTILIZANDO UNITY / Gabriel Gallo. -- Bauru,
2023
47 f. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciência da
Computação) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de
Ciências, Bauru
Orientador: Juliana Feitosa

1. Astronomia. 2. Ensino. 3. Simulador. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Ciências, Bauru. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Gabriel Francisco Sahm Gallo

USO DA COMPUTAÇÃO GRÁFICA PARA ENSINO DE ASTRONOMIA: DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE EDUCACIONAL UTILIZANDO *UNITY*

Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de
Bacharelado em Ciência da Computação da Uni-
versidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita
Filho", Faculdade de Ciências, Campus Bauru.

Banca Examinadora

Profa. Me. Juliana da Costa Feitosa

Orientadora

Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho"

Faculdade de Ciências

Departamento de Computação

Profa. Dra. Simone Domingues Prado

Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho"

Faculdade de Ciências

Departamento de Computação

**Profa. Dra. Marcia Aparecida Zanoli
Meira e Silva**

Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho"

Faculdade de Ciências

Departamento de Computação

Bauru, _____ de _____ de _____.

Dedico a todos aqueles que me ajudaram nesta jornada.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a três grupos principais que possibilitaram a realização desta graduação. Primeiramente a Deus, por ter me dado forças para que eu pudesse trilhar esta jornada, seguidamente a minha família, por desde sempre terem me dado a possibilidade do acesso a uma educação de qualidade, desde a escola até esta graduação e, finalmente, aos meus amigos, estes me apoiaram e caminharam comigo lado a lado, sem cada um de vocês nada disto seria possível, a todos aqui citados, meu eterno muito obrigado.

Nossas maiores realizações não podem ficar para trás, porque nosso destino está acima de nós.

Cooper, Interestelar, 2014

Resumo

Com o passar do tempo, percebeu-se que os alunos estão cada vez mais tecnológicos, porém o modo de ensinar e as ferramentas utilizadas pelos docentes não estão acompanhando essa mudança, principalmente na área de Astronomia. Durante o ensino de Astronomia, alguns temas são explicados de modo que o aluno consiga entender, porém nos assuntos complexo, tais como a comparação de tamanho dos planetas não é possível ter um total entendimento. Para resolver tal problema, este trabalho apresenta um software educativo que tem o objetivo de simular o Sistema Solar para auxiliar os docentes à explicarem e apresentarem conceitos de Astronomia, tais como as escalas, velocidades, movimentos e órbitas dos objetos celestiais.

Palavras-chave: **Astronomia. Ensino. *Softwares* educativos. Simulador.**

Abstract

Over time, it was noticed that students are increasingly technological, but the way of teaching and the tools used by teachers are not following this change, especially in the area of Astronomy. During the teaching of Astronomy, some topics are explained so that the student can understand, but in the complex subjects mentioned above, such as the comparison of the size of the planets, it is not possible to have a complete understanding. To solve this problem, this work presents an educational software that aims to simulate the Solar System to help teachers to explain and present Astronomy concepts, such as scales, speeds, movements and orbits of celestial objects.

Keywords: Astronomy. Education. Educational Softwares. Simulator.

Lista de figuras

Figura 1 – Primeira foto do buraco negro	18
Figura 2 – Sistema Solar	19
Figura 3 – Asteroide Ceres	20
Figura 4 – Planetas Terrestres	23
Figura 5 – Planetas gasosos	23
Figura 6 – Menu inicial	31
Figura 7 – Menu do simulador	32
Figura 8 – Lista dos planetas	32
Figura 9 – Arquitetura dos assets	33
Figura 10 – Mapa de textura da superfície da Terra	34
Figura 11 – Modelos dos planetas	35
Figura 12 – Céu noturno dividido pelos setores das constelações	35
Figura 13 – Vista da Lua, Terra e do Sol no simulador	36
Figura 14 – Componente <i>transform</i>	36
Figura 15 – Componente <i>Rigidbody</i> e seus atributos	37
Figura 16 – Atributos utilizados para a Terra no <i>script</i> de rotação	38
Figura 17 – Sol iluminando em todas as direções	39
Figura 18 – Mercúrio iluminado pelo Sol	39
Figura 19 – Terra iluminada pelo Sol	40
Figura 20 – Câmera presa em Marte	41
Figura 21 – Câmera livre mostrando Mercúrio e Vênus	41

Lista de quadros

Quadro 1 – Resumo das propriedades dos grupos de planetas	25
---	----

Lista de tabelas

Tabela 1 – Órbitas dos planetas e de Plutão	22
Tabela 2 – Propriedades físicas do Sol, dos planetas e de Plutão	24

Lista de abreviaturas e siglas

API	Interface de Programação de Aplicação
OBA	Olimpíada Brasileira de Astronomia
UAI	União Astronômica Internacional
2D	Duas Dimensões
3D	Três Dimensões

Sumário

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Problema	16
1.2	Justificativa	16
1.3	Objetivos	17
1.3.1	Objetivos Gerais	17
1.3.2	Objetivos Específicos	17
2	FUNDAMENTAÇÃO	18
2.1	Astronomia	18
2.1.1	Sistema Solar	19
2.1.2	Planeta	20
2.1.3	Arquitetura do Sistema Solar	21
2.1.3.1	Dinâmicas	21
2.1.3.2	Natureza e composições	22
2.1.3.3	Satélites	24
2.1.3.4	Anéis	25
2.1.4	Ensino de Astronomia	25
2.2	Softwares educativos	26
2.2.1	Jogos educacionais	27
2.2.2	Simuladores	28
3	FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS	29
3.1	Unity	29
3.1.1	C#	29
3.1.2	Bibliotecas	29
4	ORBIT SIMULATOR	31
4.1	Menus	31
4.2	Universo	33
4.2.1	<i>Planet Earth Free</i>	33
4.2.2	<i>Planets of the Solar System 3D</i>	34
4.2.3	<i>Real Stars Skybox</i>	35
4.3	Planetas	36
4.4	Órbitas	37
4.5	Iluminação	38
4.6	Controle de Câmeras	41

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
5.1	Trabalhos Futuros	43
	REFERÊNCIAS	44

1 Introdução

Ao decorrer dos anos notou-se que os estudantes e os modos de ensino estão mudando, principalmente na questão da tecnologia, tanto que, segundo [Bittencourt e Albino \(2017\)](#), "um garoto de apenas 7 anos consegue facilmente acessar jogos, ensinar outras pessoas a utilizarem tal ambiente virtual, e manipular tais dispositivos de forma mais rápida do que podemos inferir". Apesar desses avanços, os materiais na formação escolar junto com o ensino fundamentado na pedagogia tradicional em relação à Astronomia tem dificultado a propagação dessa ciência ([SANTOS et al., 2019](#)).

Atualmente, alguns conceitos básicos de Astronomia, como movimento e aceleração da gravidade, conseguem ser introduzidos com facilidade na sala de aula ([SANTA; SOBRINHO, 2020](#)). Porém, outros temas, tais como mecânica celeste e astrometria, são considerados muito abstratos e requerem um enorme grau de reflexão e interpretação, gerando certa confusão durante o entendimento ([BATISTA, 2004](#); [CARVALHO; GIL-PEREZ, 2001](#)).

De acordo com [Santos et al. \(2019\)](#),

ensinar Astronomia, neste cenário, se torna uma tarefa duplamente desafiadora, tanto pela variedade de temas, como pela dificuldade em se representar e explicar os fenômenos nesta área de conhecimento.

Para lidar com essa grande adversidade, é necessário o uso de materiais didáticos inovadores e tecnológicos que correspondem ao nível técnico do aluno, como a aplicação da informática, visto que a mesma está integrada na população e pode contribuir para a concretização da transformação educacional ([SOLOWAY; GUZDIAL; HAY, 1994](#)).

Conforme descrito por [Borges \(2007\)](#), a utilização da informática desperta o interesse e a motivação dos alunos durante a aprendizagem, principalmente em temas mais abstratos que são mais complicados de serem entendidos e representados. Além disso, segundo [Silva \(2017\)](#), diversos estudos têm demonstrado que a utilização da informática na educação potencializa o processo de ensino e aprendizagem, a exemplo dos softwares educativos. Porém, é preciso que os objetivos pedagógicos sejam completamente atendidos ([GIRAFFA; MARCZAK; PRIKLADNICKI, 2005](#); [TCHOUNIKINE, 2011](#)).

A simulação no ensino é uma técnica pedagógica que permite aos estudantes experimentar situações ou fenômenos de forma controlada, em um ambiente virtual ou físico. Isso pode ser particularmente útil em disciplinas como matemática, ciência, história e economia, pois permite que os estudantes vejam o impacto de suas ações em um sistema ou processo. Além disso, a simulação pode ajudar os estudantes a desenvolver habilidades práticas, como resolução de problemas, trabalho em equipe e tomada de decisões ([REIS; ALVES, 2018](#); [SILVA; OLIVEIRA, 2017](#)).

Softwares educativos são uma ótima maneira de implementar simulações no ensino. Eles permitem que os estudantes experimentem diferentes situações em um ambiente virtual, o que pode ser mais seguro e menos custoso do que realizar experimentos ou atividades práticas na vida real ([OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2016](#); [PEREIRA; PARTEZANI, 2015](#); [OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2014](#)). Visto isso, foi estruturado um software educativo em relação ao tema de Astronomia com o objetivo de auxiliar o aprendizado dessa ciência no que se refere ao sistema solar, apresentando tanto os conceitos de velocidade e o efeito da gravidade dos planetas, quanto a exibição de suas orbitas em relação ao restante do universo

1.1 Problema

De acordo com [Campos \(2004\)](#), [Santos et al. \(2019\)](#), a principal dificuldade do ensinamento das disciplinas relacionadas à Astronomia é a necessidade da observação de objetos e fenômenos astronômicos, que dependem de instrumentos de observações e das condições meteorológicas locais. Além de que, geralmente as aulas ocorrem no período diurno, impossibilitando a análise de muitos corpos celestes como, estrelas, constelações e planetas.

Outros problemas relacionados ao ensino desta ciência referem-se ao fato desta apresentar diversos temas abstratos e que são de difícil compreensão e representação durante uma aula. Visto isso, foi proposto uma solução por meio de um software educativo que é capaz de exibir o Sistema Solar independentemente do ambiente em que o aluno esteja.

1.2 Justificativa

Os estudantes têm estado cada vez mais imersos aos novos meios de sistema de informação, tanto que, [Bittencourt e Albino \(2017\)](#) reforçam que a todo instante que nos defrontamos com a tecnologia, observamos adolescentes com dispositivos móveis, jogando ou digitando rapidamente mensagens. Isso faz com que o uso de aplicativos chame a atenção dos alunos nas aulas, tornando-as mais descontraídas e significativas.

De acordo com [Santa e Sobrinho \(2020\)](#) o uso da tecnologia proporciona um novo jeito de apresentar e explicar conteúdos, trazendo inovação e facilitando a aprendizagem do estudante. Sendo assim, é de extrema importância que o professor consiga acompanhar o avanço das ferramentas e reforme as práticas pedagógicas, ensinando por meio de novas formas de ensino ([KOCH, 2013](#)).

Visto que alguns conceitos são complicados de serem explicados, são necessários mais recursos didáticos que auxiliem no processo de ensino e construção do conhecimento, tais como softwares educativos. Porém é importante lembrar que esses softwares educativos são auxiliares de aprendizagem e não soluções completas que irão substituir todo o método de ensino.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos Gerais

Desenvolver um software educativo que auxilie no aprendizado de Astronomia.

1.3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Simular o universo;
- Demonstrar a astronomia de um modo interessante ao aluno;
- Exibir os impactos de forças maiores como gravidade e velocidade nos planetas;
- Exibir como são os planetas presentes no sistema solar e seus funcionamentos no mesmo;
- Auxiliar no entendimento do sistema solar.

2 Fundamentação

Nesta seção serão apresentados alguns conceitos relacionados à Astronomia e também ao uso de softwares educativos, com o objetivo de fornecer materiais para uma compreensão mais profunda sobre o assunto e justificar as escolhas desse trabalho.

2.1 Astronomia

Desde o começo da humanidade, o encantamento pelo céu motivou o homem à observá-lo e entendê-lo, e, a partir dessa curiosidade, surgiu a Astronomia ([DARROZ; HEINECK; PÉREZ, 2011](#); [LEITE; HOSOUME, 2007](#)).

A Astronomia é considerada a ciência mais antiga do mundo e começou por meio da observação do comportamento dos astros e das estrelas do céu, por motivos práticos, espirituais ou por simplesmente curiosidade. Antigamente as estrelas e planetas eram vistas como deuses, havendo muitas lendas que explicavam a origem dos astros e atribuindo poderes à eles. Com o passar do tempo, principalmente durante o renascimento científico, a humanidade passou a ter uma visão mais detalhada e científica do universo, agregando importantes contribuições nessa área por nomes como Nicolau Copérnico e Galileu Galilei ([SCARINCI; LOUISE AND PACCA, 2006](#); [GUITARRARA, 2019](#)). Atualmente foram desenvolvidas diversas tecnologias e ferramentas que auxiliam no estudo da Astronomia, tais como telescópios, observatórios, radiotelescópios e outros projetos que proporcionam novos materiais e evidências sobre o universo, como a primeira imagem real de um buraco negro feito por [Collaboration \(2022\)](#) e exibida na Figura 1.

Figura 1 – Primeira foto do buraco negro



Fonte: [Collaboration \(2022\)](#)

Ao longo do tempo, é possível perceber que a Astronomia deu grandes saltos durante sua evolução, visto que começou com a contagem de estrelas e mapeamento de constelações

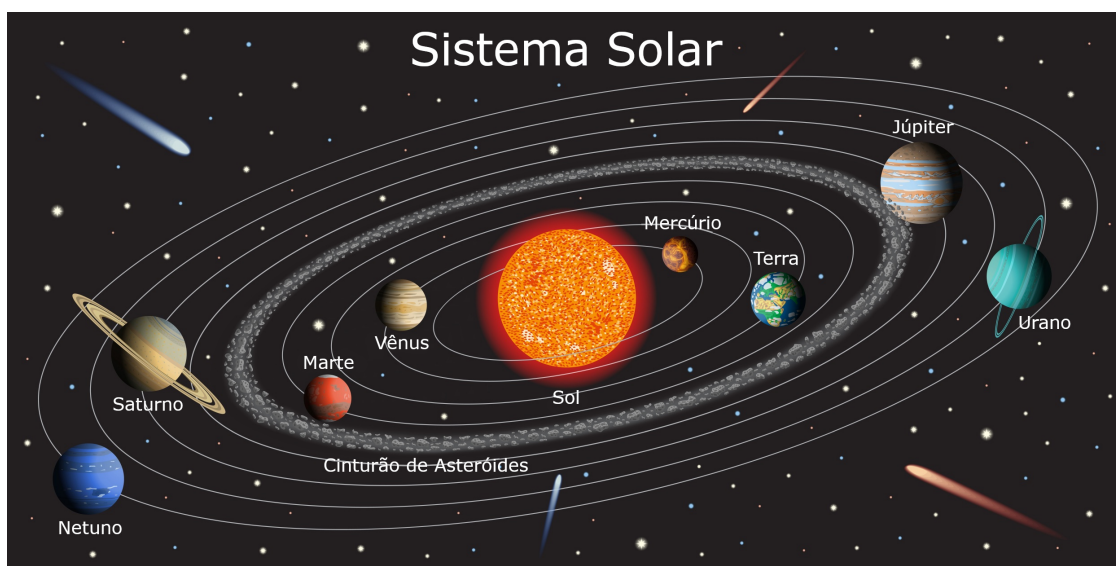
à olho nu e agora conta com tecnologias impressionantes que conseguem ver muito além do nosso céu ([CARTER, 2022](#)).

Sendo assim, a Astronomia tem o objetivo de entender por completo o universo em que vivemos, estudando e evidenciando, por meio de bases e teorias científicas, a composição e a formação dos corpos celestes e os fenômenos que acontecem no mesmo. Segundo [GUITARRARA \(2019\)](#) os astros e objetos celestes que mais se destacam são: estrelas, luas, aglomerados de estrelas, planetas e galáxias. Com isso um dos temas estudados pela Astronomia é o Sistema Solar.

2.1.1 Sistema Solar

O Sistema Solar é um conjunto formado por uma estrela central e objetos que a orbitam atraídos por sua força gravitacional. O nosso Sistema Solar é feito pelo Sol, que é a estrela central, e pelo conjunto de corpos celestes que o orbitam, que no caso são os oito planetas, cinco planetas anões, vários satélites naturais e outros objetos como asteroides e cometas. Ele pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Sistema Solar



Fonte: [Monteiro \(2019\)](#)

De acordo com [Azevedo \(2020\)](#), o Sistema Solar foi formado há aproximadamente 4,7 bilhões de anos, sendo que a teoria da nebulosa Solar é a mais aceita entre os cientistas e astrônomos. Esta teoria diz que o Sol foi formado a partir da rotação de uma nuvem que, ao sofrer uma contração impulsionada pela gravidade, entrou em colapso por causa de sua velocidade. Ela também diz que os planetas são o resultado das partículas que sobraram desta nuvem em colapso.

A história do descobrimento dos planetas que formam o Sistema Solar e suas definições são apresentados na seção a seguir.

2.1.2 Planeta

Primeiramente foram reconhecidos cinco planetas que podiam ser vistos a olho nu: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno, além da Terra. Outros dois planetas gigantes, Urano e Saturno, foram descobertos por telescópios em 1781 e 1846, respectivamente (SPOHN; BREUER; JOHNSON, 2014).

O maior asteroide, chamado de Ceres, foi descoberto em 1801 entre as órbitas de Marte e Júpiter e, na época, foi reconhecido como um planeta, visto que se encaixava na lei de Bode, que define muito aproximadamente as distâncias planetárias. Após algumas análises, descobriu-se que Ceres era muito menor que os planetas conhecidos e que haviam diversos asteroides em órbitas similares entre Marte e Júpiter, chamado atualmente de cinturão de asteroides. Com isso, foi criado o termo “planeta menor” para descrever esses corpos celestes (SPOHN; BREUER; JOHNSON, 2014). Este asteroide é representado pela Figura 3.

Figura 3 – Asteroide Ceres



Fonte: Fioratti (2020)

A busca por planetas continuou e resultou na descoberta de Plutão em 1930, que, assim como Ceres, é muito menor que os planetas gigantes vizinhos. Após o mensuramento do diâmetro de Plutão, foi visto também que ele era menor que qualquer planeta terrestre e

até menor do que a lua da Terra, fazendo com que seu título de planeta fosse questionado (SPOHN; BREUER; JOHNSON, 2014).

Nas décadas de 1980 e 1990 foram encontrados mais de 1500 corpos celestes na região trans-netuniana e eles são coletivamente reconhecidos como cinturão de Kuiper. Em 2006 a União Astronômica Internacional (UAI), órgão responsável pelas classificações, definições e regulamentações das nomenclaturas na Astronomia, apresentou um novo conceito de planeta que resultou no "rebaixamento" de Plutão para a categoria de planeta anão (SPOHN; BREUER; JOHNSON, 2014).

Nesse novo conceito, para um objeto ser considerado um planeta ele precisa ter três qualidades:

1. Deve ser redondo, indicando que o interior está em equilíbrio hidrostático;
2. Deve orbitar o Sol;
3. Deve ter limpado gravitacionalmente a sua zona de outros detritos.

2.1.3 Arquitetura do Sistema Solar

Segundo Spohn, Breuer e Johnson (2014), o Sistema Solar consiste no Sol como o centro, oito planetas, cinco planetas anões, 173 satélites naturais de planetas conhecidos, quatro sistemas de anéis, aproximadamente um milhão de asteroides e um trilhão de cometas, o vento solar e uma larga nuvem de poeira interplanetária. O seu arranjo e a natureza de seus corpos celestes são resultado de seus processos dinâmicos durante a origem e evolução, além de suas interações com os outros objetos.

2.1.3.1 Dinâmicas

Todos os planetas orbitam em volta do Sol em um mesmo plano, chamado de plano da Eclíptica, que é o plano da órbita da Terra ao redor do Sol, e na mesma direção. Por conta dos torques gravitacionais de outros planetas, esse plano não é fixo no espaço, e, com isso, durante os cálculos é usado o plano invariável que é definido pelo momento angular dos planetas (SPOHN; BREUER; JOHNSON, 2014).

O movimento de todos os corpos sob o Sol é descrito pelas leis de Kepler sobre movimento planetário. Essas leis descrevem que:

1. Cada planeta move-se sob o Sol em uma órbita que tem a forma de uma elipse, com o Sol em um dos focos;
2. O raio vetor que liga entre um planeta e o Sol descreve áreas iguais em intervalo de tempo iguais;

3. Os quadrados dos períodos de translação dos planetas são proporcionais aos cubos dos semi-eixos maiores de suas órbitas.

Como os planetas interagem entre si, por conta de suas gravidades, as suas órbitas não são elipses perfeitas. Outros efeitos dessas interações são oscilações na excentricidade e inclinação em cada órbita e na inclinação do eixo de rotação de cada planeta (SPOHN; BREUER; JOHNSON, 2014). Os parâmetros das órbitas dos oito planetas e de plutão são descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Órbitas dos planetas e de Plutão

Nome	Semi-Eixo maior (AU)	Excentricidade	Inclinação(°)	Período (Anos)
Mercúrio	0.38710	0.205631	7.0049	0.2408
Vênus	0.72333	0.006773	3.3947	0.6152
Terra	1	0.016710	0	1
Marte	1.52366	0.093412	1.8506	1.8808
Júpiter	5.20336	0.048393	1.3053	11.862
Saturno	9.53707	0.054151	2.4845	29.457
Urano	19.1913	0.047168	0.7699	84.018
Netuno	30.0690	0.008586	1.7692	165.78
Plutão	39.4817	0.0248808	17.1417	248.4

Fonte: Adaptado de Spohn, Breuer e Johnson (2014)

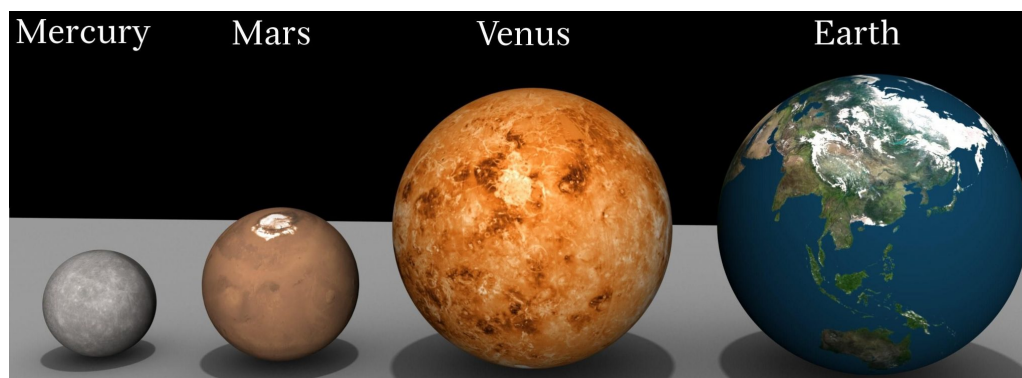
2.1.3.2 Natureza e composições

Em relação à composição, os planetas se agrupam em dois grupos: os terrestres ou rochosos, e os gigantes ou gasosos.

O grupo dos terrestres é formado por Mercúrio, Vênus, Terra e Marte e são predominantemente compostos por silicato e núcleos de ferro, ou seja, rochas e minerais. A energia potencial gravitacional foi responsável por aquecer esses planetas conforme se formavam, resultando em suas diferenciações químicas. A parte volátil de suas composições, tais como oceanos e atmosferas, podem ter surgido com o sólido ou adicionadas por meio da queda de asteroides e cometas.

Além disso, todos esses planetas contém superfícies sólidas que são modificadas em diversos graus por alguns fatores como o clima, a presença das placas tectônicas, entre outros. Por fim, esse grupo não possui gases advindos da nebulosa solar por conta de seus solos e pelo fato de estarem próximos ao sol (SPOHN; BREUER; JOHNSON, 2014). Este grupo pode ser observado na Figura 4.

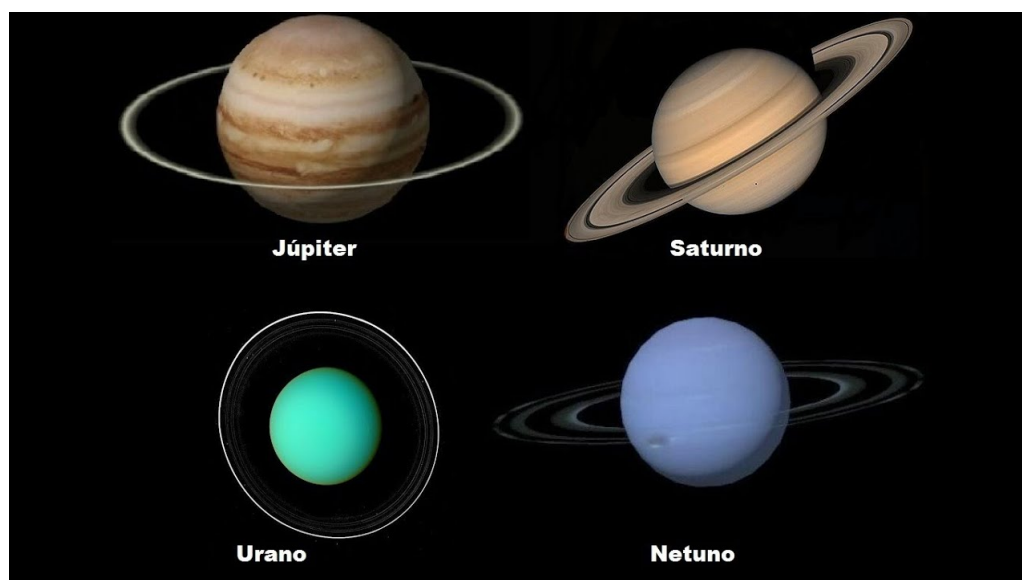
Figura 4 – Planetas Terrestres



Fonte: [Andrade \(2020\)](#)

O outro grupo, dos planetas gigantes ou gasosos, é composto por Júpiter, Saturno, Urano e Netuno. Eles são caracterizados por terem densidades médias baixas e grossas atmosferas, compostas por hidrogênio e hélio, provindas da nebulosa solar durante as suas formações. A composição desses planetas é semelhante com o Sol, porém eles contêm mais elementos pesados. Devido à presença de gases e de possuírem altas temperaturas e com elevadas pressões, esse grupo não possui superfícies sólidas, mas podem ter a presença de diversos núcleos de silicato de ferro de toneladas de massas terrestres ([SPOHN; BREUER; JOHNSON, 2014](#)). Esses planetas são representados na Figura 5.

Figura 5 – Planetas gasosos



Fonte: [Enrique \(2020\)](#)

As propriedades físicas do Sol, dos planetas e de Plutão estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Propriedades físicas do Sol, dos planetas e de Plutão

Nome	Massa (Kg)	Raio (Km)	Densidade	Período de rotação	Velocidade
Sol	1.989×10^{30}	695,508	1.41	25.4-35. d	617.7
Mercúrio	3.302×10^{23}	2440	5.43	56.646 d	4.25
Vênus	4.869×10^{24}	6052	5.24	243.018 d	10.36
Terra	5.974×10^{24}	6378	5.52	23.934 h	11.18
Marte	6.519×10^{23}	3397	3.94	24.623 h	5.02
Júpiter	1.8999×10^{27}	71,492	1.33	9.925 h	59.54
Saturno	5.685×10^{26}	60,268	0.70	10.656 h	35.49
Urano	8.662×10^{25}	25,559	1.30	17.24 h	21.26
Netuno	1.028×10^{26}	24,764	1.76	16.11 h	23.53
Plutão	1.314×10^{22}	1151	2.0	6.387 d	1.23

Fonte: Adaptado de [Spohn, Breuer e Johnson \(2014\)](#)

2.1.3.3 Satélites

Entre os planetas terrestres só são conhecidos três satélites naturais, que são a lua da terra e as duas pequenas luas de Marte, Phobos e Deimos. Como a grande maioria dos satélites naturais, a Lua evoluiu gradativamente para o ponto em que o seu período de rotação está sincronizado com o seu período de órbita, e , devido à essa sincronização nas rotações, a Lua apresenta sempre a mesma “face” à Terra ([SPOHN; BREUER; JOHNSON, 2014](#)).

Diferentemente dos satélites dos planetas terrestres, os satélites dos planetas gigantes são numerosos e combinados em um sistema complexo. Júpiter possui quatro satélites principais, conhecidos como Luas de Galileu, facilmente visíveis por telescópios da Terra, e outros 63 satélites pequenos ([SPOHN; BREUER; JOHNSON, 2014](#)).

O sistema de satélites de Saturno é bem diferente de Júpiter, pois só possui um satélite grande, chamado de Titã, sendo este o único satélite no sistema solar com a atmosfera substancial, que é uma camada densa e espessa de gás ou líquido ao redor do mesmo além de sua atmosfera tradicional, e outros 54 satélites pequenos ([SPOHN; BREUER; JOHNSON, 2014](#)).

Urano possui cinco satélites de tamanho intermediário e 22 menores, sendo que todos são glaciais. Em relação aos satélites menores, 13 estão incluídos no sistema de anel de Urano, enquanto os outros nove estão distantes e em órbita retrógrada ([SPOHN; BREUER; JOHNSON, 2014](#)).

O sistema de satélites de Netuno consiste em um satélite grande e outros 13 satélites pequenos, sendo que o satélite grande é glacial e maior que Plutão ([SPOHN; BREUER; JOHNSON, 2014](#)).

2.1.3.4 Anéis

Todos os planetas gigantes possuem um sistema de anel, sendo que cada um possui suas diferenças. Júpiter possui um único anel que contém diversos componentes e é relacionado com quatro satélites pequenos que estão dentro ou perto do anel.

O sistema de anel de Saturno é largo e imenso, podendo ser visualizado por um pequeno telescópio da Terra. O sistema consiste em três anéis maiores, um anel difuso, no anel maior que está mais perto do planeta, e que se estende até a atmosfera saturniana, e outros anéis estreitos que são “individuais” (SPOHN; BREUER; JOHNSON, 2014).

O sistema anular de Urano é formado por treze anéis diferentes e pode ser dividido em três grupos: os nove anéis estreitos principais, dois anéis de poeira e dois exteriores.

Por fim o sistema de anéis de Netuno são tênues e com coloração rala. Este sistema possui cinco anéis estreitos e brilhantes que são compostos de partículas de pó e que, antigamente, pensava-se que eram meteoritos minúsculos que esmagaram-se nas luas do próprio planeta (SPOHN; BREUER; JOHNSON, 2014).

Em suma, pode-se resumir as propriedades de acordo com o Quadro 1 feito por Riffel (2015).

Quadro 1 – Resumo das propriedades dos grupos de planetas

Parâmetro	Terrestres	Gasosos
Massa	pequena	grande
Tamanho	pequeno	grande
Densidade	grande	pequena
Distância ao Sol	pequena	grande
Composição Química	rochas e metais pesados: silicatos, óxidos, Ni, Fe	Elementos leves: H, He, H ₂ O, CO ₂ , CH ₄ , NH ₃
Número de Satélites	poucos ou nenhum	muitos

Fonte: Adaptado de Riffel (2015)

2.1.4 Ensino de Astronomia

Segundo Mourao (1982) a Astronomia é “na sua essência, a ciência da observação dos astros. Seu objetivo é situá-los, no espaço e no tempo, explicar os seus movimentos e as suas origens, descobrir a sua natureza e as suas características”. O seu estudo portanto é algo essencial para a formação dos jovens visto que ela permite a contextualização do conteúdo de Física, fazendo com que o aluno entenda o mundo físico que o cerca.

A importância do ensino desse tema é tão grande que diversos países possuem a Astronomia em seu currículo de ciências devido à sua função de despertar o interesse dos

estudantes ([ATAIDE; OLIVEIRA, 2015](#)). Porém, apesar deste grande interesse, as dificuldades no ensino de astronomia na educação básica são evidentes.

Uma das principais dificuldades no ensino é causada pela falta de formação adequada do professor, levando insegurança e fazendo com que o livro seja a única fonte de conhecimento, que, apesar de serem importantes no ensino, apresentam diversos problemas conceituais em suas descrições e ilustrações. Essa formação inadequada se dá ao fato de que os docentes dos anos fundamentais geralmente são graduados em pedagogia e ciências biológicas, cursos que não apresentam temas fundamentais de Astronomia ([LANGHI; NARDI, 2009](#)).

O docente não preparado para ensinar Astronomia pode basear o seu trabalho educacional em fontes instáveis, como a mídia sensacionalista ou livros didáticos com erros conceituais. Isso pode levar à propagação de concepções alternativas incorretas para as crianças. É importante que os docentes tenham uma boa formação em Astronomia e utilizem fontes confiáveis para garantir que estão transmitindo conhecimento correto e preciso para os seus alunos ([FERREIRA; MEGLHIORATTI, 2008](#)).

Somado ao contexto descrito vem o fato do ensino ser pelo modo tradicional, geralmente praticado apenas com a lousa e o giz, transformando a aula cada vez mais em uma rotina monótona que não atrai a atenção do aluno ([NICOLA; PANIZ, 2016](#)).

Outro fator que dificulta o ensino são os exemplos empregados para a explicação de temas como a Escalas Astronômicas, que contém assuntos relacionados ao tamanho dos objetos astronômicos e das distâncias relativas, levando a uma visão errônea do conteúdo. Além disso a compreensão de escalas vem sendo considerada como um marcador das dificuldades enfrentadas pelos estudantes. Visto isso, segundo [Leite \(2006\)](#), a construção de um modelo do Sistema Solar em escala, torna possível a visualização dos tamanhos dos objetos celestes e das distâncias presentes entre si.

Em prol de resolver os problemas citados anteriormente, surgiram algumas abordagens como a adequação da metodologia de ensino que facilite a aprendizagem; utilização de feiras de ciências para complementar o ensino-aprendizagem; o uso de novas tecnologias como computadores possibilitando o uso de simuladores; e por meio de olimpíadas, tal como a Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA), que incentiva e recompensa o estudo de astronomia nas escolas, entre outros.

2.2 Softwares educativos

Os softwares educacionais são programas desenvolvidos especialmente para atividades de ensino com o objetivo de auxiliar nos processos de aprendizagem de um determinado tema, diferenciando esse tipo dos outros softwares ([COSTA; OLIVEIRA, 2004](#)).

Os softwares educacionais possibilitam a representação de diversos tipos de conhecimento

de maneiras diferentes, sendo que eles são divididos, segundo [Freire e Valente \(2001\)](#), conforme seus objetivos pedagógicos nas seguintes categorias: tutoriais, exercício e prática, simuladores, jogos educacionais e software de autoria. Essas categorias são descritas a seguir.

- Tutoriais: O usuário acessa um conteúdo predefinido e seleciona o que quer assistir, sendo que após o consumo do conteúdo, podem ser questionados sobre o mesmo para verificar se o usuário obteve o conhecimento necessário para continuar;
- Exercício e prática: São atividades com o objetivo de revisar e memorizar conteúdos;
- Simuladores: Sugerem a aplicação do conteúdo em modelos dinâmicos e simplificados do mundo real, onde os usuários podem testar as alternativas, elaborar hipóteses para a resolução dos problemas, analisar resultados obtidos e redefinir conceitos;
- Jogos educacionais: Apresentam elementos lúdicos e divertidos para a resolução de situações diárias;
- software de autoria: Possibilita aos usuários a construção de soluções por meio das ferramentas disponibilizadas no software.

De acordo com [Burd \(1999\)](#), para que o software educacional consiga cumprir seu objetivo é preciso que ele siga “uma abordagem baseada nas teorias educacionais vigentes, que considere o potencial e as limitações da utilização do computador na educação e que trabalhe em cima das condições técnicas, culturais e econômicas da realidade a que se dirige”. [Santarosa et al. \(2010\)](#) acredita que por meio de uma abordagem correta, é possível tornar a tarefa de aprender inovadora, dinâmica, participativa e interativa, deixando claro que o software educacional pode ser uma grande ferramenta no ensino, caso seja bem feito e bem utilizado.

2.2.1 Jogos educacionais

Os Jogos educacionais podem ser definidos como um software cujo objetivos sejam motivar e promover a aprendizagem do aluno por meio de atividades prazerosas e desafiadoras e que cumpram a resolução de problemas diários.

De acordo com [Connolly et al. \(2012\)](#) “as teorias contemporâneas educacionais eficazes sugerem que a aprendizagem é mais efetiva quando é ativa, experiencial, contextualizada, baseada em problemas e provê feedback imediato. E jogos oferecem atividades que têm todas estas características”. Os jogos são importantes e capazes de desenvolver habilidades essenciais ao processo de aprendizagem, tais como concentração, tomada de decisões, criatividade, resolução de problemas e outros.

Porém, [Mendes \(2011\)](#), [Connolly et al. \(2012\)](#) alegam que jogos educacionais não têm sido projetados usando abordagens científico-metodológicas apropriadas, demonstrando

que existem vários erros ao tentar equilibrar educação com diversão. De acordo com [Mendes \(2011\)](#), um dos principais erros está na projeção do jogo, onde, durante o design do mesmo, há a prioridade para a diversão e a jogabilidade, deixando os materiais educativos em segundo plano e ocasionando deficit no estímulo ao aprendizado.

2.2.2 Simuladores

Um simulador é um software ou sistema que imita o comportamento de outro sistema. Eles são usados para prever como um sistema real irá se comportar em determinadas condições, permitindo que os usuários testem cenários diferentes sem afetar o sistema real ([CHAISSON; MCMILLAN, 2016](#)).

Os simuladores são projetados para serem tão realistas quanto possível, mas é importante lembrar que ainda são apenas modelos. Eles podem não capturar todas as nuances e detalhes do sistema real, e os resultados obtidos a partir de um simulador devem ser interpretados com cuidado. No entanto, quando usados corretamente, os simuladores podem ser uma ferramenta valiosa para ajudar a entender como sistemas reais se comportam e como podem ser melhorados ([ARNY, 2000](#)).

Os simuladores são amplamente utilizados em várias disciplinas, como ciência, tecnologia, engenharia e matemática. Por exemplo, os simuladores de física podem ajudar os estudantes a entender os conceitos de movimento, força e energia. Os simuladores de química podem ajudar os estudantes a visualizar reações químicas e entender os princípios subjacentes. Além disso, os simuladores de astronomia podem ajudar os estudantes a entender os conceitos fundamentais da astronomia, como o movimento dos corpos celestes, as leis de Kepler e a teoria da relatividade ([BENNETT et al., 2014](#)).

Os simuladores também podem ser usados para treinar professores e orientá-los sobre como usar a tecnologia de forma eficaz em suas aulas. Por exemplo, os simuladores de ensino de idiomas podem ajudar os professores a criar aulas mais interativas e eficazes. Em geral, os simuladores são uma ferramenta valiosa no ensino, pois permitem que os estudantes experimentem e aprendam de forma interativa, e criam cenários que seriam difíceis ou impossíveis de reproduzir na vida real.

3 Ferramentas e Tecnologias

Nessa seção são apresentadas as ferramentas e tecnologias que foram utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho, e elencadas algumas vantagens da utilização das mesmas.

3.1 *Unity*

Unity é uma plataforma de desenvolvimento projetada para facilitar a criação de conteúdos interativos, tais como jogos, simulações e outras aplicações. Ela contém uma poderosa *engine* de jogo e um ambiente de desenvolvimento integrado que oferece várias ferramentas para o desenvolvimento de jogos, incluindo codificação visual, depuração de *script* e gerenciamento de *assets*. Esta plataforma também é extensível, ou seja, ela permite que os desenvolvedores adicionem funcionalidades personalizadas por meio de *plugins* e *scripts* ([UNITY, 2022](#)).

Por seu uso ser descomplicado e por oferecer diversos recursos, como suporte para gráficos 2D e 3D, física, áudio, animação, IA e outros, esta plataforma se tornou uma escolha popular para o desenvolvimento de jogos, principalmente entre estúdios menores e desenvolvedores independentes, contendo uma grande comunidade de usuários. Além de possibilitar programação lógica através da linguagem C#.

3.1.1 C#

C# é uma linguagem de programação orientada a objeto desenvolvida pela *Microsoft*. Ela é uma linguagem de alto nível, ou seja, é mais fácil de ler e escrever do que linguagens de baixo nível, como *assembly* ou código de máquina, e é usada para uma grande gama de aplicações para computadores e celulares ([MICROSOFT, 2022](#)).

Um dos principais benefícios desta linguagem é a sua simplicidade, que a torna fácil de usar e de aprender. Outro fator importante é que ela consegue tratar exceções e criar bibliotecas e estruturas personalizadas, recursos que tornam o desenvolvimento mais fácil.

3.1.2 Bibliotecas

Dentro desta plataforma existem recursos que tem o objetivo de auxiliar na funcionalidade das aplicações desenvolvidas, como bibliotecas para gráficos, física, áudio, animação, IA e rede.

Para auxiliar graficamente a *Unity* inclui suportes para renderização de gráficos 2D e 3D, incluindo gráficos de API como DirectX e OpenGL, além de disponibilizar recursos como

sombras, iluminação e sistema de partículas ([UNITY, 2022](#)). Em relação à física da aplicação, existem recursos de detecção de colisão, dinâmica dos objetos da aplicação e controle de personagens. O Unity inclui suporte para reprodução e mixagem de áudio, além de ter suporte para áudio 3D e integração com *middleware* de áudio ([UNITY, 2022](#)).

No quesito de animação, o *Unity* possui suporte para animação de quadro chave, cinemática inversa e, principalmente, a mistura de animações, que é comumente usada, por exemplo, na animação de andar e correr de acordo com a velocidade do personagem ([UNITY, 2022](#)).

Em relação à Inteligência Artificial, o *Unity* contém recursos como escolhas de caminho, malhas de navegação e tomada de decisão ([UNITY, 2022](#)).

Por fim, o *Unity* possibilita a aplicação em rede e multijogador, incluindo suporte para cliente-servidor e arquiteturas *peer-to-peer*, que funciona fazendo com que cada um dos nós da rede funcione tanto como cliente quanto servidor ([UNITY, 2022](#)).

4 *Orbit Simulator*

O Orbit Simulator é um aplicativo feito em *unity* que possui a funcionalidade de um simulador que visa auxiliar o entendimento da Astronomia por meio da reprodução do Sistema Solar.

Esta aplicação inicialmente conta com um menu de escolhas para o usuário decidir se deseja iniciar a representação do Sistema Solar ou sair da aplicação. Esta representação começa com a câmera presa em Mercúrio, que é o planeta mais próximo do Sol, representando tanto a sua rota no Sistema Solar, quanto seus movimentos, como rotação e translação, além de sua aparência. Durante a simulação é possível mudar a câmera para outro planeta, para visualizá-lo no Sistema Solar, e também é possível colocar no modo de câmera livre, que possibilita a vista por diferentes ângulos daquele específico momento.

4.1 Menus

O menu inicial é feito por um *Canvas* 2D, painel que possibilita a interação com o usuário, e possui dois botões, um para iniciar o simulador e outro para sair do mesmo. Este menu é representado pela Figura 6.

Figura 6 – Menu inicial

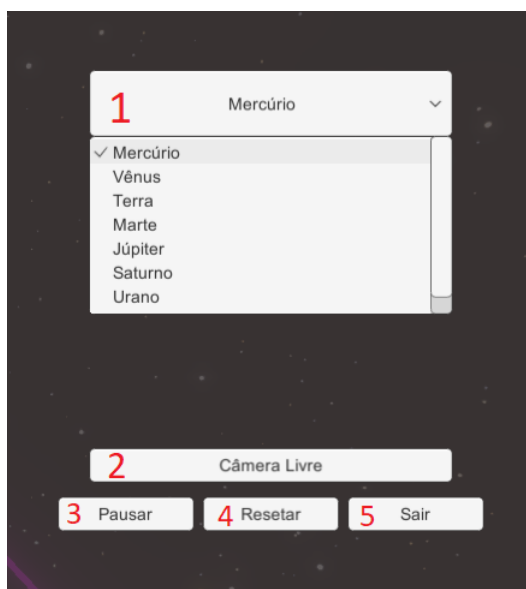


Fonte: Elaborada pelo Autor

Outro menu deste projeto, que age como um painel de controle, está presente durante

toda a trajetória do usuário no Sistema Solar e é composto por quatro botões e uma lista, indicados na Figura 7.

Figura 7 – Menu do simulador



Fonte: Elaborada pelo Autor

A lista, indicada com o número um, oferece as opções de planetas a serem seguidos pela câmera, que ocorre quando um elemento desta lista é selecionado. Esta lista completa pode ser observada na Figura 8.

Figura 8 – Lista dos planetas



Fonte: Elaborada pelo Autor

O botão indicado pelo número dois é responsável pelo controle da câmera. Através dele é permitido a alteração do tipo de câmera entre livre e seguindo um planeta, que no caso é o planeta que está selecionado pela lista.

O botão indicado pelo número três possui a função de pausar o tempo na simulação, possibilitando ao usuário a vista do momento exato, tanto do planeta, com a câmera presa a ele, quanto do restante do Sistema Solar, utilizando a câmera livre.

Indicado pelo número quatro, esse botão consegue "resetar" o cenário que está sendo visto, ou seja, ele consegue reiniciar o simulador sem que o usuário precise sair do mesmo.

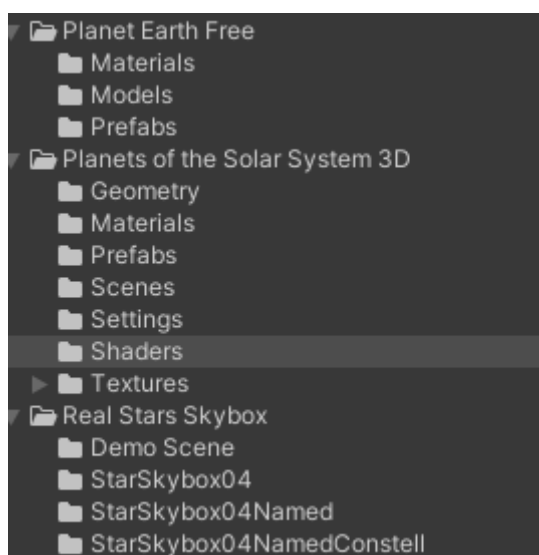
Por fim, o botão apontado pelo número cinco permite a saída do usuário do simulador, acabando com a atual sessão da aplicação.

4.2 Universo

O Universo desse simulador é composto pelos planetas do Sistema Solar, juntamente com o Sol e as estrelas, sendo que todos os *designs* e as texturas desses objetos foram obtidos da loja de *assets* da *unity* ¹. Além de designs e texturas, esses *assets* também possuem alguns recursos relacionados a geometria, materiais e sombreamento dos mesmos. Os *assets* utilizados foram *Planet Earth Free*, *Planets of the Solar System 3D* e *Real Stars Skybox*.

A arquitetura desses *assets* é demonstrada na Figura 9.

Figura 9 – Arquitetura dos assets



Fonte: Elaborada pelo Autor

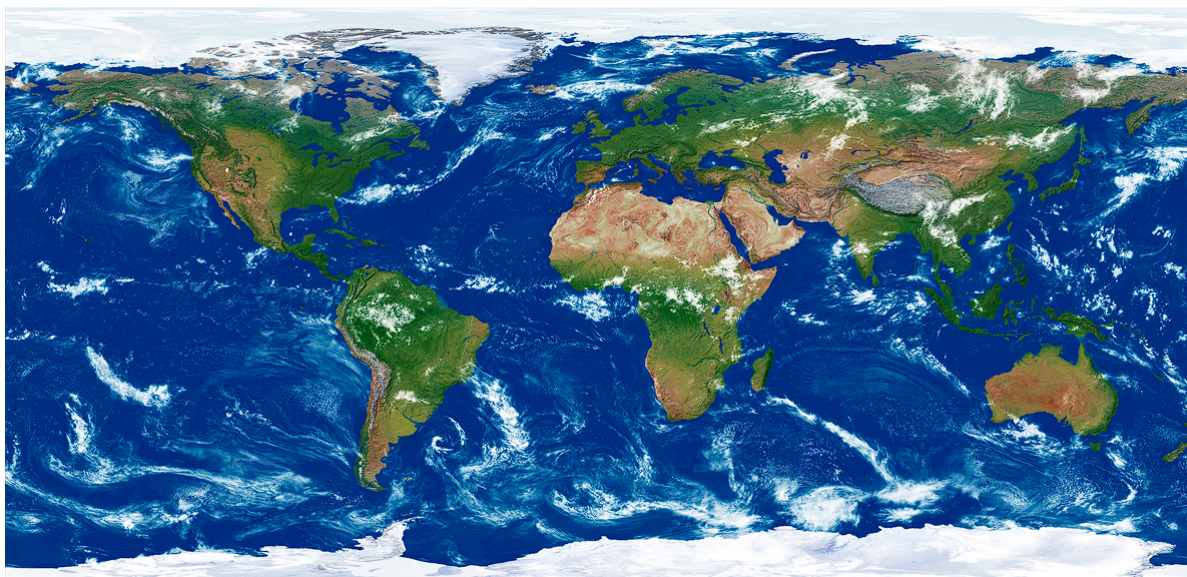
4.2.1 Planet Earth Free

O *asset Planet Earth Free* é um modelo 3D da Terra criado para *Unity* (STORE, 2018a). Ele é um modelo de baixa poligonal, o que significa que tem um número relativamente baixo de polígonos e não é altamente detalhado. No entanto, ele inclui um mapa de textura que permite aplicar diferentes texturas à superfície da Terra, como uma imagem de satélite ou um mapa da topografia da Terra. Isso torna possível criar representações realistas da Terra em diferentes contextos. Este mapa de textura está representado na Figura 10.

¹ Acesso em: 04/01/2023. Disponível em <https://assetstore.unity.com/>

Além disso, o modelo inclui um *script* simples que pode ser usado para fazer a Terra girar em seu eixo e orbitar em torno de um ponto central (STORE, 2018a). Isso pode ser útil para simular o movimento da Terra em relação ao Sol ou para criar efeitos visuais interessantes. Este *asset* pode ser utilizado para criar uma variedade de experiências interativas, como um globo virtual ou um jogo de exploração planetária. Ele é uma ferramenta útil para qualquer pessoa interessada em criar aplicações interativas relacionadas à Terra.

Figura 10 – Mapa de textura da superfície da Terra



Fonte: Store (2018a)

4.2.2 *Planets of the Solar System 3D*

Planets of the Solar System 3D é um *asset* para *Unity* que fornece modelos tridimensionais de alta qualidade dos planetas do sistema solar, bem como de alguns corpos celestes menores, como a lua e os asteroides. Ele é projetado para ser utilizado em aplicativos interativos, como jogos ou aplicativos educativos (STORE, 2018b).

O *asset* inclui uma textura detalhada para cada um dos modelos, permitindo que sejam criadas representações realistas dos planetas e outros corpos celestes. Além disso, ele inclui *scripts* que permitem fazer os planetas girar em seus eixos e orbitar em torno do Sol, assim como simular o movimento dos corpos celestes em relação um ao outro (STORE, 2018b). Este *asset* é uma ferramenta útil para qualquer pessoa interessada em criar experiências interativas relacionadas ao sistema solar. Os modelos dos planetas podem ser vistos na Figura 11.

Figura 11 – Modelos dos planetas



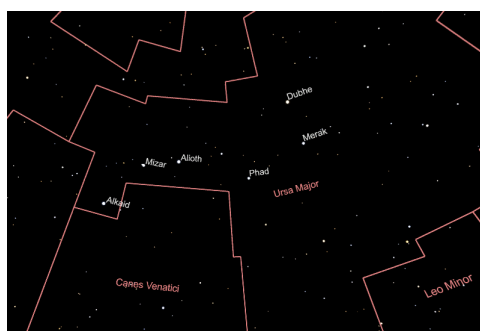
Fonte: [Store \(2018b\)](#)

4.2.3 *Real Stars Skybox*

Real Stars Skybox é um *asset* que oferece um conjunto de texturas de alta qualidade que podem ser utilizadas como uma caixa de céu (*skybox*) em jogos ou aplicativos. Uma caixa de céu é uma representação tridimensional do céu que é utilizada como fundo para a cena de um jogo. Ela é denominada “caixa” porque é projetada para se encaixar em volta do jogador, criando a ilusão de que ele está olhando para um céu real ([BRYANT, 2017](#)). Uma parte desse conjunto de estrelas está representada na Figura 12.

O *Real Stars Skybox* inclui texturas que mostram o céu noturno com as estrelas visíveis. As texturas foram criadas a partir de imagens de satélite de alta resolução da Terra, garantindo que as estrelas sejam exibidas de maneira precisa e realista ([STORE, 2018c](#)). Além disso, o *asset* inclui *scripts* que permitem fazer as estrelas girarem em torno do jogador conforme ele se move, criando a ilusão de que ele está realmente olhando para o céu noturno. *Real Stars Skybox* é uma ferramenta útil para qualquer pessoa interessada em adicionar um céu noturno realista ao seu jogo ou aplicativo.

Figura 12 – Céu noturno dividido pelos setores das constelações



Fonte: [Store \(2018c\)](#)

4.3 Planetas

Os planetas nessa aplicação possuem os atributos de escala, massa e velocidade. A escala é atribuída de acordo com o comprimento dos planetas no mundo real em relação à Terra, por exemplo, o tamanho de Júpiter na realidade é aproximadamente 11 vezes o comprimento da Terra, então, no simulador, o tamanho atribuído à ele também seguirá essa razão. O mesmo preceito é utilizado durante a atribuição de massa e da localização dos objetos celestes, sendo que o Sol está disposto no ponto (0,0) do plano. Na Figura 13 é possível observar a diferença dos tamanhos entre a Terra, a Lua e o Sol pelo Simulador.

Figura 13 – Vista da Lua, Terra e do Sol no simulador



Fonte: Elaborada pelo Autor

Os atributos de escala, posição e rotação estão presentes no componente *transform* de cada objeto e podem ser visualizados ao inspecionar o elemento durante a execução do simulador. Este componente é representado pela Figura 14.

Figura 14 – Componente *transform*

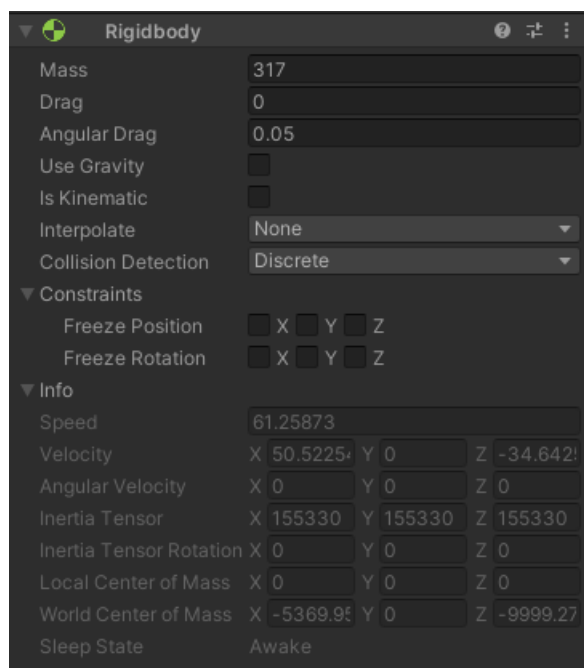
Transform						
Position	X	1110.256	Y	0	Z	7461.526
Rotation	X	0	Y	113.623	Z	0
Scale	X	70	Y	70	Z	70

Fonte: Elaborada pelo Autor

Os valores da massa e da velocidade também podem ser observados e estão presentes respectivamente no componente de *Rigidbody*. O *Rigidbody* contém outros atributos tais como

ângulo, localização global do centro da massa, velocidade em cada orientação, entre outros. Estes são ilustrados na Figura 15.

Figura 15 – Componente *Rigidbody* e seus atributos



Fonte: Elaborada pelo Autor

4.4 Órbitas

As órbitas de cada planeta foram calculadas por meio da fórmula de Newton sobre a Força Gravitacional, representada na Fórmula 4.1, sendo que esse cálculo foi feito entre todos os objetos, visto que todos se influenciam.

$$F = \frac{G(Mm)}{d^2} \quad (4.1)$$

F - Força Gravitacional

G - Constante de Gravitação Universal que vale $6,67 \cdot 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$

M e m - Massas dos corpos envolvidos

d - Distância entre o centro dos corpos

O cálculo da velocidade em que os planetas se translocam no espaço foram feitos com base na fórmula da velocidade de escape, representada na Fórmula 4.2, que, de acordo com

Bate, Mueller e White (1971), “é a mínima rapidez que algum objeto sem propulsão necessita para que possa escapar da atração gravitacional de corpos massivos”.

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \quad (4.2)$$

v - Velocidade de escape (m/s)

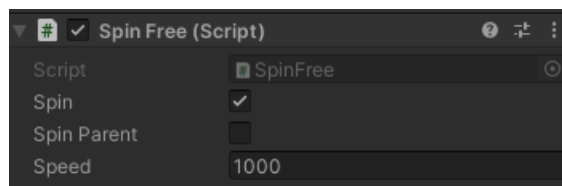
G - Constante de Gravitação Universal que vale: $G = 6,67.10^{-11} N.m^2/kg^2$

M - Massa do planeta (kg)

R - Distância em relação ao centro do planeta (m)

O movimento de rotação foi realizado com a ajuda de um *script* chamado *spin free*, do *asset Planet Earth Free*, que permite a rotação do objeto desejado, sendo necessário apenas indicar o lado pretendido e sua velocidade. Como todos os planetas e objetos celestes giram no sentido anti-horário, esse atributo é deixado como fixo. Na Figura 16 é representado a velocidade de giro da Terra usado no *script*.

Figura 16 – Atributos utilizados para a Terra no *script* de rotação

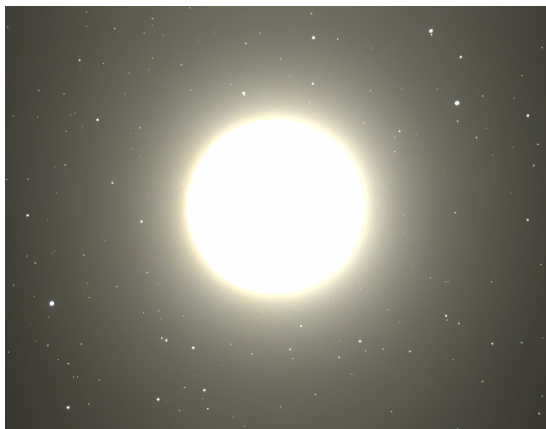


Fonte: Elaborada pelo Autor

4.5 Iluminação

A iluminação de todo cenário é feita pelo Sol, que possui dois centros de iluminação, um para seu lado direito e outro para o lado esquerdo, fazendo com que toda a volta do material seja aclarado, ou seja, a luminosidade produzida pelo Sol para o Sistema Solar é uma luz *omni*, como pode ser visto na Figura 17. Vale a pena ressaltar que esta luz, para os outros planetas e objetos celestiais, é considerada direcional pois vem de uma única direção.

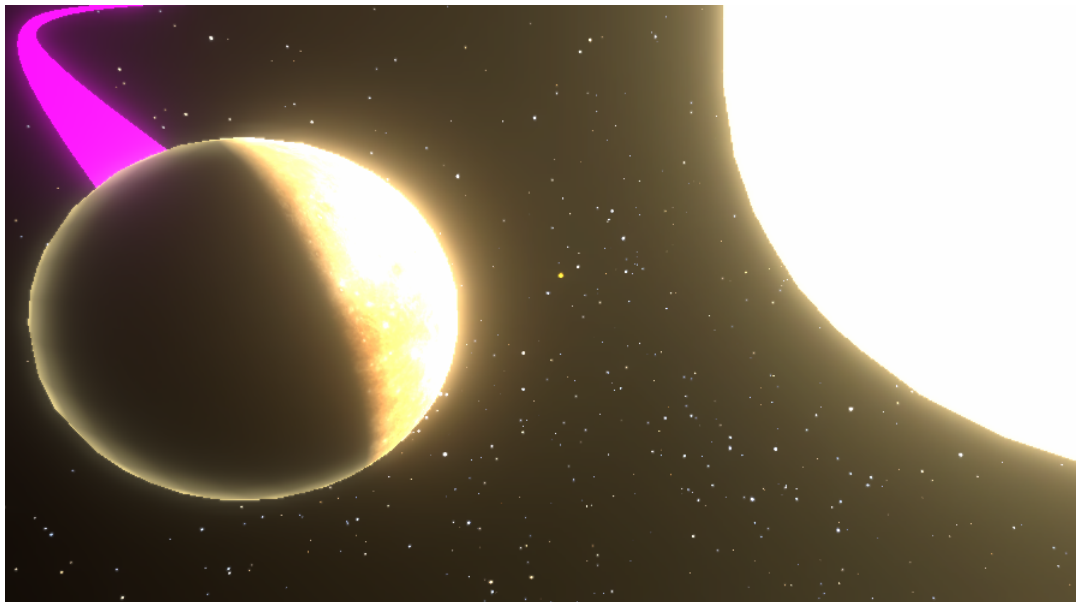
Figura 17 – Sol iluminando em todas as direções



Fonte: Elaborada pelo Autor

Na simulação de um sistema planetário, é importante considerar a diferença de intensidade de luz que chega a cada planeta devido à sua distância do Sol. Alguns planetas podem estar mais próximos do Sol e, portanto, recebem uma quantidade maior de luz, enquanto outros podem estar mais distantes e recebem menos luz, como pode ser visto nas Figuras 18 e 19.

Figura 18 – Mercúrio iluminado pelo Sol

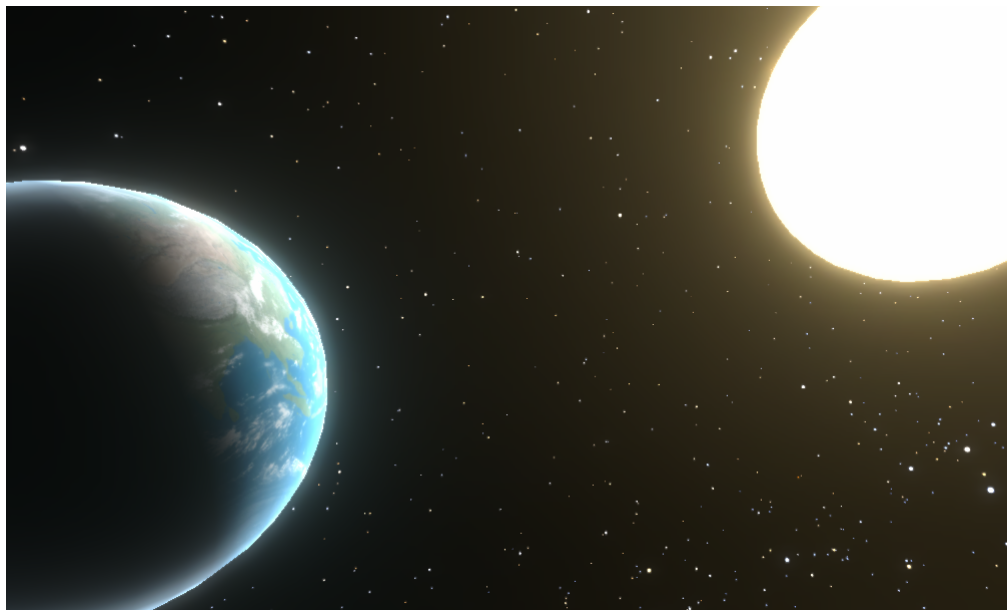


Fonte: Elaborada pelo Autor

Para garantir que todos os planetas possam ser vistos e reconhecidos durante a simulação, a intensidade das luzes pode ser alterada de acordo com o planeta que está sendo seguido pela câmera. Isso pode ser feito por meio de código, acessando e alterando os parâmetros das luzes da cena de acordo com a distância do planeta em questão ao Sol.

Por exemplo, quando a câmera estiver seguindo um planeta próximo ao Sol, a intensidade

Figura 19 – Terra iluminada pelo Sol



Fonte: Elaborada pelo Autor

das luzes da cena pode ser aumentada para simular a maior quantidade de luz que esse planeta recebe. Quando a câmera estiver seguindo um planeta mais distante do Sol, a intensidade das luzes pode ser diminuída para simular a menor quantidade de luz que esse planeta recebe.

Para que todos os planetas possam ser vistos e reconhecidos durante a simulação, a intensidade das luzes são alteradas de acordo com o planeta que está sendo seguido pela câmera, visando solucionar o problema de que os planetas próximos do Sol ficam muito iluminados e os distantes encontram-se escuros, e isso é feito pelo Código 1.

Código 1 – Atribuição da intensidade do sol e de propriedades da câmera na Terra e em Marte

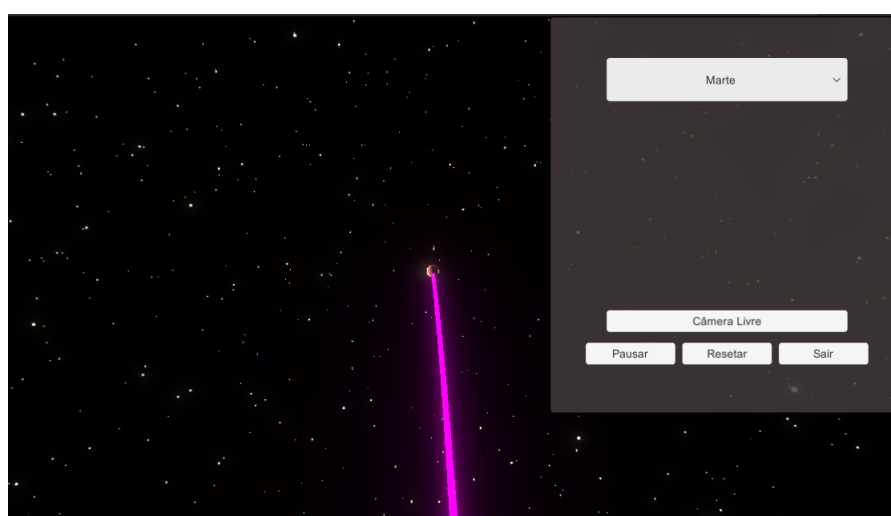
```
1  case 2:
2      luz1.intensity = 4000000;
3      luz2.intensity = 4000000;
4      camera.offset.y = 50;
5      camera.followSpeed = 1;
6      camera.objectToFollow = terra;
7      break;
8  case 3:
9      luz1.intensity = 10000000;
10     luz2.intensity = 10000000;
11     camera.offset.y = 50;
12     camera.followSpeed = 1;
13     camera.objectToFollow = marte;
14     break;
```

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.6 Controle de Câmeras

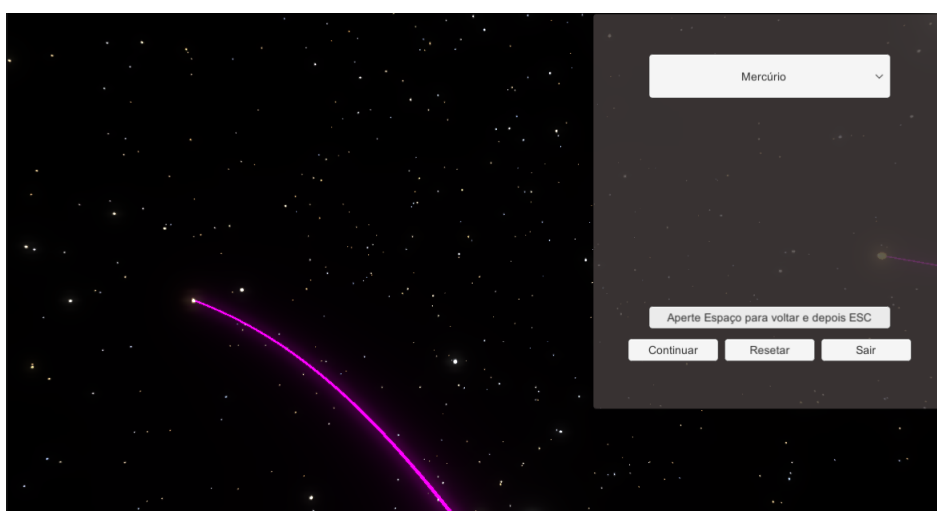
Este simulador contém uma câmera principal que possui dois modos: Câmera livre e Câmera presa. A Câmera livre possibilita o usuário a locomover-se pelo universo, fazendo-o olhar este instante por uma visão mais personalizada. A Câmera presa está atrelada ao planeta escolhido pelo usuário e é capaz de mostrar o planeta e sua órbita, representada por uma linha roxa, além de evidenciar as distâncias para com os outros objetos celestiais e evidenciar a diferença de tamanho entre os mesmos. As câmeras são representadas respectivamente pelas Figuras 20 e 21.

Figura 20 – Câmera presa em Marte



Fonte: Elaborada pelo Autor

Figura 21 – Câmera livre mostrando Mercúrio e Vênus



Fonte: Elaborada pelo Autor

Visto que cada planeta possui uma velocidade, a câmera, assim como a intensidade de

iluminação do Sol, altera a sua velocidade de acordo com o planeta que está mantendo sempre a mesma distância, e isto é realizado no Código [1](#).

5 Considerações Finais

De acordo com os objetivos propostos, esta aplicação consegue simular o universo, deixando este tema mais interessante de ser estudado por alunos. Os movimentos dos planetas, tais como translação e rotação, além dos efeitos da gravidade e de suas próprias velocidades, podem ser identificados conforme os planetas vão realizando a sua órbita em volta do Sol, fazendo com que este assunto torne-se mais concreto.

A plataforma escolhida para o desenvolvimento deste projeto foi adequada e facilitou muito a evolução do mesmo, pois, além de sua linguagem raiz ser C#, que é considerada fácil, pelo público de desenvolvedores, a *Unity* possibilitou o uso de recursos já confeccionados, como o *design* dos planetas e das estrelas, tornando possível o foco da programação apenas nas funções dos objetos e nas funcionalidades do programa.

Tendo em vista alguns problemas reais relacionadas à luminosidade do simulador, como a iluminação de planetas distantes, a abordagem de aumentar ou diminuir a iluminação realizada pelo Sol, de acordo com o planeta selecionado pelo usuário, foi tida como essencial, pois possibilitou a vista aperfeiçoada dos mesmos, que costuma ser um pouco sombria.

O desenvolvimento deste projeto proporcionou a aquisição de conhecimentos relacionados às áreas de Astronomia e educação. Por outro lado, as maiores dificuldades foram em relação à elaboração do Sistema Solar completo, visto que ele detém muitos objetos celestiais, além de que o posicionamento e talvez até o tamanho dos mesmos, se alterem frequentemente, tornando bem complexa a representação perfeita deste sistema. Outro fator atrelado ao anterior é o fato de que o computador em que foi desenvolvido o projeto, devido às suas propriedades de *hardware*, não suportar uma aplicação que exige tamanho processamento gráfico, tornando lenta a execução da aplicação.

5.1 Trabalhos Futuros

Para trabalhos futuros propõe-se a adição de todos os satélites de todos os planetas, para que a representação do Sistema Solar torne-se mais autêntica. Além disso, seria interessante a visualização dos atributos do planeta selecionado e a alteração das propriedades dos objetos celestiais, como massa, velocidade, gravidade, entre outros, para que se possa verificar os impactos destas mudanças, tais como a mudança do trajeto de órbita juntamente com o seu tempo de translação.

Outra sugestão seria possibilitar a vista de eventos cósmicos, como por exemplo os eclipses, chuvas de meteoros e a lua contornando Saturno, transformando a aplicação em um projeto mais interessante e informativo.

Referências

ANDRADE, D. Mercúrio e suas surpresas. *Meteoríticas*, 2020. Acesso em: 20 de Dezembro 2022.

ARNY, T. *Explorations: An Introduction to Astronomy*. McGraw-Hill, 2000. ISBN 9780072282498. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=pAUbAQAAIAAJ>.

ATAIDE, A. R. P. d.; OLIVEIRA, P. R. L. d. A temática astronomia nas publicações da área de ensino de ciências: um olhar sobre a abordagem histórica. *CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO*, 2015.

AZEVEDO, J. Tudo o que você precisa saber sobre o sistema solar. 2020. Acesso em: 20 de Dezembro 2022.

BATE, R. R.; MUELLER, D. D.; WHITE, J. E. *Fundamentals of Astrodynamics*. New York: Dover Publications, 1971.

BATISTA, I. L. O ensino de teorias físicas mediante uma estrutura histórico filosófica. *Ciência e Educação*, p. 461–476, 2004.

BENNETT, J.; DONAHUE, M.; SCHNEIDER, N.; VOIT, M. *The Cosmic Perspective*. Pearson, 2014. ISBN 9780321839558. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=KrFuMAEACAAJ>.

BITTENCOURT, P. A. S.; ALBINO, J. P. O uso das tecnologias digitais na educação do século xxi. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, p. 205–214, jan. 2017. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/iberoamericana/article/view/9433>.

BORGES, M. K. Educação e cibercultura: perspectivas para a emergência de novos paradigmas educacionais. *Sociedade da informação, educação digital e informação*, p. 55–86, 2007.

BRYANT, J. *Virtual Reality: A Beginner's Guide*. London, UK: Beginner's Guide, 2017.

BURD, L. Desenvolvimento de software para atividades educacionais. 1999. Acesso em: 20 de Dezembro 2022.

CAMPOS, J. A. S. d. Um estudo exploratório sobre o uso de ambientes virtuais não imersivos em 3d no ensino de astronomia. 2004.

CARTER, J. Astronomy: The oldest scientific discipline. *Space*, 2022. Acesso em: 20 de Dezembro 2022.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PEREZ, D. Formação de professores de ciências. 2001.

CHAISSON, E.; MCMILLAN, S. *Astronomy: A Beginner's Guide to the Universe*. Pearson Education, 2016. ISBN 9780134241210. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=7FFAjgEACAAJ>.

COLLABORATION, E. H. T. Astronomers reveal first image of the black hole at the heart of our galaxy. 2022. Acesso em: 20 de Dezembro 2022.

CONNOLLY, T. M.; BOYLE, E.; MACARTHUR, E.; HAINEY, T.; BOYLE, J. M. A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers Education*, p. 661–686, 2012.

COSTA, J. W. D.; OLIVEIRA, M. A. M. Novas linguagens e novas tecnologias: educação e sociabilidade. *Petrópolis: Vozes*, 2004.

DARROZ, L. M.; HEINECK, R.; PÉREZ, C. A. S. Conceitos básicos de astronomia: Uma proposta metodológica. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, n. 12, p. 57–69, dez. 2011. Disponível em: <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/163>.

ENRIQUE. Qual é o planeta gasoso muito conhecido pelos seus anéis? *Blog Espacial*, 2020. Acesso em: 20 de Dezembro 2022.

FERREIRA, D.; MEGLHIORATTI, F. A. Desafios e possibilidades no ensino de astronomia. *Cadernos PDE. Paraná*, v. 1, p. 2356–8, 2008.

FIORATTI, C. Planeta anão ceres pode ter água sob sua superfície. *Super Interessante*, 2020. Acesso em: 20 de Dezembro 2022.

FREIRE, F. M. P.; VALENTE, J. A. *Aprendendo pra a vida: os computadores na sala de aula*. [S.l.]: Cortez, 2001.

GIRAFFA, L.; MARCZAK, S.; PRIKLADNICKI, R. Em direção a um processo para desenvolvimento de software educacional. *Workshop de Informática na Escola*, p. 2833–2841, 2005.

GUIARRARA, P. Astronomia. *Brasil Escola*, 2019. Acesso em: 20 de Dezembro 2022.

KOCH, M. Z. As tecnologias no cotidiano escolar: Uma ferramenta facilitadora no processo ensino- aprendizagem. 2013.

LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino de astronomia no brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, p. 1–9, 2009.

LEITE, C. A formação de professor de ciências em astronomia: uma proposta com enfoque na espacialidade. 2006.

LEITE, C.; HOSOUME, Y. Os professores de ciências e suas formas de pensar a astronomia. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, n. 4, p. 47–68, dez. 2007. Disponível em: <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/99>.

MENDES, T. G. Jogos digitais como objetos de aprendizagem: Apontamentos para uma metodologia de desenvolvimento. *Anais do X Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital - SBGames2011*, p. 1–8, 2011.

MICROSOFT. Documentação do c. 2022. Acesso em: 15 de Dezembro 2022.

MONTEIRO, F. V. de M. Planetas do sistema solar. *InfoEscola*, 2019. Acesso em: 20 de Dezembro 2022.

LOURAO, R. R. de F. Da terra às galáxias. uma introdução à astrofísica. *Da Terra às Galáxias. Uma Introdução à Astrofísica.. RR de Freitas Mourão. Third edition. Editora Vozes Ltda. Rua Frei Luís*, 1982.

- NICOLA, J. A.; PANIZ, C. M. A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no ensino de biologia. *Rev. NEaD-Unesp*, p. 355–381, 2016.
- OLIVEIRA, D. C. d.; OLIVEIRA, M. A. d. Simulação no ensino de economia: uma revisão de literatura. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, v. 22, p. 201–212, 2014.
- OLIVEIRA, P. C. d.; OLIVEIRA, M. C. d. Utilização de softwares educativos no ensino de matemática: um estudo sobre sua eficácia. *Educação e Pesquisa*, v. 42, p. 907–923, 2016.
- PEREIRA, M. J.; PARTEZANI, M. d. R. O uso de simulações no ensino de história: um estudo sobre sua eficácia. *Educação e Pesquisa*, v. 41, p. 935–946, 2015.
- REIS, A. M. d.; ALVES, M. d. G. A. Simulação no ensino: um estudo sobre sua utilização no ensino de ciências. *Investigación en Educación*, v. 9, p. 61–70, 2018.
- RIFFEL, R. A. Planetas terrestres, jovianos e asteróides. 2015. Acesso em: 20 de Dezembro 2022.
- SANTA, J. D.; SOBRINHO, S. C. Alfabetização científica por meio do ensino de astronomia: Uma proposta didática com o aplicativo mosaik 3d. *Profiscientia*, 2020. Disponível em: <http://www.profiscientia.ifmt.edu.br/profiscientia/index.php/profiscientia/article/view/266>.
- SANTAROSA, L. M. C.; CONFORTO, D.; PASSERINO, L.; ESTABEL, L.; CARNEIRO, M.; GELLER, M. Tecnologias digitais acessíveis. *Porto Alegre: JSM Comunicação Ltda*, p. 21, 2010.
- SANTOS, H. L. dos; LUCAS, L. B.; SANZOVO, D. T.; PIMENTEL, R. G. The use of digital technologies for the teaching of astronomy: a systematic review of literature. *Research, Society and Development*, v. 8, n. 4, p. e2284812, Feb. 2019. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/812>.
- SCARINCI; LOUISE AND PACCA, J. L. d. A. A. Um curso de astronomia e as pré-concepções dos alunos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, p. 89–99, 2006. Acesso em: 20 de Dezembro 2022.
- SILVA, D. C. d.; OLIVEIRA, M. A. d. A simulação no ensino de matemática: uma revisão de literatura. *Educação Matemática Pesquisa*, v. 19, p. 495–511, 2017.
- SILVA, M. S. e C. Um catálogo de requisitos pedagógicos para auxiliar o desenvolvimento de softwares educacionais. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*, v. 28, n. 1, p. 506, 2017. ISSN 2316-6533. Disponível em: <http://ojs.sector3.com.br/index.php/sbie/article/view/7579>.
- SOLOWAY, E.; GUZDIAL, M.; HAY, K. E. Learner-centered design: The challenge for hci in the 21st century. *interactions*, v. 1, n. 2, p. 36–48, 1994.
- SPOHN, T.; BREUER, D.; JOHNSON, T. Encyclopedia of the solar system. *Elsevier*, 2014.
- STORE, U. A. *Planet Earth Free*. 2018a. Acessado em 7 de Janeiro de 2023. Disponível em: <https://assetstore.unity.com/packages/3d/planet-earth-free-38622>.
- STORE, U. A. *Planets of the Solar System 3D*. 2018b. Acessado em 7 de Janeiro de 2023. Disponível em: <https://assetstore.unity.com/packages/3d/planets-of-the-solar-system-3d-78145>.

STORE, U. A. *Real Stars Skybox*. 2018c. Acessado em 7 de Janeiro de 2023. Disponível em: <https://assetstore.unity.com/packages/2d/textures-materials/sky/real-stars-skybox-105319>.

TCHOUNIKINE, P. Computer science and educational software design: A resource for multidisciplinary work in technology enhanced learning. *Springer*, 2011.

UNITY. Unity - manual: Unity manual. 2022. Acesso em: 15 de Dezembro 2022.