

Projeção 3D do Sistema Solar

António Domingues 89007 & Henrique Silva 88857

Resumo - O presente relatório tem como objetivo a apresentação de uma projeção 3D do Sistema Solar. Para tal foi usada uma API do JavaScript - WebGL.

O relatório está dividido em seis segmentos principais. Uma introdução, que permite formar uma ideia geral do que foi realizado. Um pequeno guia das funcionalidades, uma descrição dos objetivos principais, uma tabela representativa das principais componentes do código. De seguida, é feita uma abordagem aos objetivos não alcançados e por fim, uma conclusão e notas finais. Ao longo do relatório, estão presentes algumas imagens, que servem de apoio ao texto.

Abstract - The goal of this report is to present a 3D projection of the Solar System. This projection was achieved using a JavaScript API- WebGL.

The report is divided in six main segments. An introduction, that allows the reader to form a general idea of what has been done. A small guide that describes the functionalities, a description of the main goals, and an illustrative table about the main elements of the code. Nextly a small approach about the non achieved goals and finally a conclusion and some final notes. Along the report some pictures are shown, that support the text.

I. INTRODUÇÃO

O Sistema Solar é composto por oito planetas, uma estrela - o Sol - e uma cintura de asteroides. A projeção deste sistema planetário permite a observação das principais características dos seus planetas, bem como dos seus movimentos de rotação, translação e a sua iluminação.

Tal como dito anteriormente, serão expostas as principais funcionalidades assim como o seu propósito na execução desta aplicação. Porém, ao longo do seu desenvolvimento, foram encontrados alguns constrangimentos que levaram à alteração do plano de execução original, impedindo a concretização de alguns dos objetivos iniciais.

Com o atual desenvolvimento das tecnologias no contexto da computação visual, existe uma enorme variedade de projeções em 3D, incluindo projeções como a apresentada neste projeto. A juntar a isso, essas projeções têm uma aparência cada vez mais semelhante ao mundo real.

Ao conceber o sistema solar e na criação dos planetas tentou fazer-se uma aproximação da realidade dos seus atributos, com o objetivo de tornar a projeção o mais realista possível.

Apesar da existência de várias bibliotecas externas, não foi sentida a necessidade de as usar, tendo sido utilizado, como base, o código fornecido nas aulas.

II. FUNCIONALIDADES

Ao correr o ficheiro [SolarSystem.html](#) é aberta a página web que contém a projeção. No fundo da página encontram-se os botões e as dropdown bar que permitem usar as diversas funcionalidades disponíveis.

A seguir é apresentada uma tabela que descreve o papel de cada um.

Faster/Slower	Aumento e diminuição da velocidade de translação dos planetas
Zoom	Usando as teclas 'i' e 'o' é possível fazer zoom in e zoom out respetivamente
Stop and Drag	Coloca os planetas alinhados numa linha recta. O objetivo é que seja feito zoom e estes sejam percorridos um a um, com as setas do teclado , permitindo a visualização mais detalhada das superfícies
Stop/Go	O botão stop funciona como um botão pause, parando o movimento de translação dos planetas. O botão go permite retomar
Change direction	Inverte o sentido do movimento de translação dos planetas
Choose view type	Nesta dropdown bar, é dada a possibilidade de escolher o ponto de vista do qual se quer ver o Sistema Solar: de cima ou de frente
Choose projection type	Tal como o anterior permite escolher uma de duas opções, mas neste caso em relação ao tipo de

	projeção: ortogonal ou perspectiva
Cintura de Asteroides	Possibilita a visualização da cintura de asteróides
Choose the planet orbit to view	Permite ver em órbita apenas o planeta selecionado
Iluminação	Permite controlar o foco de luz interativamente, ao clicar no botão do lado esquerdo do rato, e arrastando o mesmo

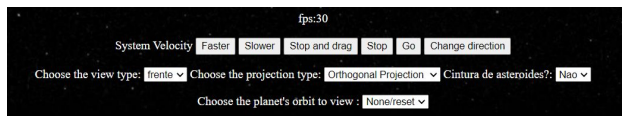


Fig. 1 - Botões e dropdown bars

III. OBJETIVOS PRINCIPAIS

A. Caracterização dos objetos

Antes de ser iniciado qualquer tipo de implementação do código foi feita uma pesquisa sobre os valores reais relativos aos diversos planetas representados. Os valores mais relevantes foram a velocidade de translação, de rotação, o tamanho e a distância ao Sol. Todos estes valores foram calculados usando como planeta base o planeta Terra.

Para além destes valores numéricos, foi também tida em conta a cor de cada planeta. Aquando da sua criação, cada planeta era apenas uma esfera sem cor. Esfera essa à qual foi atribuída a cor de um certo material, tendo como fonte a tabela fornecida nas aulas práticas ([Características Materiais.pdf](#)). Usando como suporte esses valores, foram criadas para cada planeta, diversas cores tentando sempre aproximá-las o mais possível da realidade.

Apesar dessa tentativa de aproximação à realidade, nem sempre isso foi possível. Uma das maiores limitações foi o tamanho da janela. No que toca à dimensão dos planetas, a opção seria estes ficarem muito reduzidos, quase nem se vendo os mais pequenos, tendo sido necessárias algumas adaptações ao tamanho. Por outro lado, para que as distâncias fossem baseadas numa escala real, isso implicaria que os planetas saíssem do campo de visão de quem vê a projeção, o que levou a um encurtamento das distâncias.

A seguinte imagem apresenta exemplos dos tópicos abordados acima.

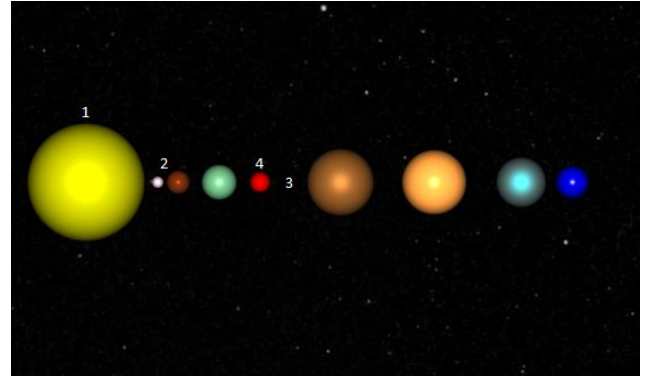


Fig. 2 - Planetas alinhados para a demonstração de distâncias e cores

- 1- Sol maior que os restantes planetas;
- 2, 3- Distância entre Marte e Júpiter, maior que a distância entre Terra e Marte
- 4- Marte foi desenhado utilizando como base os valores do material plástico vermelho.

B. Manuseamento do sistema solar

Sendo esta uma projeção em 3D, o objetivo foi sempre torná-la o mais interativa e user friendly possível. Nesse contexto, surgiu a hipótese de permitir que o utilizador conseguisse determinar o ângulo de visualização do qual queria observar o Sistema Solar.

O controlo seria baseado num mouseEvent, em que todos os objetos acompanhariam o movimento do rato, permitindo assim o manuseamento do sistema como um todo.

Contudo, apesar da compreensão dos conceitos teóricos, não foi possível transpor algumas barreiras o que acabou por impedir a implementação desta funcionalidade. Os motivos para tal serão abordados mais à frente, no capítulo dos objetivos não alcançados.

Mesmo com esta contrariedade procurou-se descobrir outras soluções, entre as quais o botão stop & drag e a dropdown bar que permite escolher o view type, ambas descritas no capítulo II (FUNCIONALIDADES).

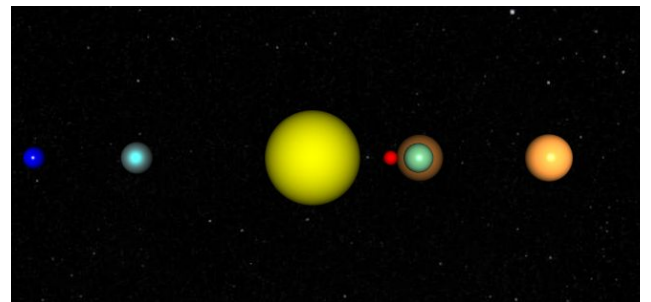


Fig. 3 - Vista frontal

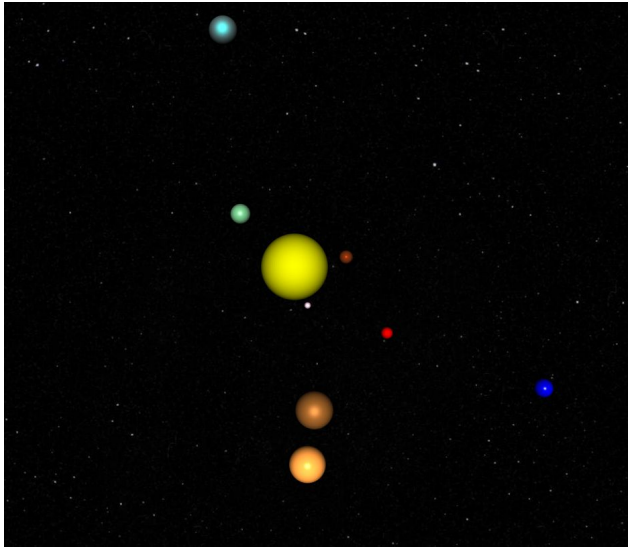


Fig. 4 - Vista de topo

C. Iluminação

A iluminação desempenha um papel crucial na visualização 3D, pois sem ela não seria possível distinguir cores e objetos.

No âmbito deste projeto, a iluminação do Sistema Solar parte do Sol, sendo que este é a única fonte de luz aí presente. Mais concretamente, o foco de iluminação situa-se no centro da janela de visualização, projetando a sua cor para o resto da cena.

No entanto esta componente teve algumas adaptações e a iluminação do Sistema passou a ser controlada pelo user, através do rato. Esta funcionalidade oferece ao utilizador a opção de fazer variar a posição do foco de luz e foi feita utilizando o modelo de iluminação de phong, com intensidade de luz branca.

Nas duas figuras abaixo, o foco de luz, está a irradiar o planeta com luz branca, atribuindo ao mesmo a sua cor original. Ao alterar a cor do foco, a cor do planeta deixaria de ser a pretendida, passando a apresentar uma tonalidade derivada da cor do foco.

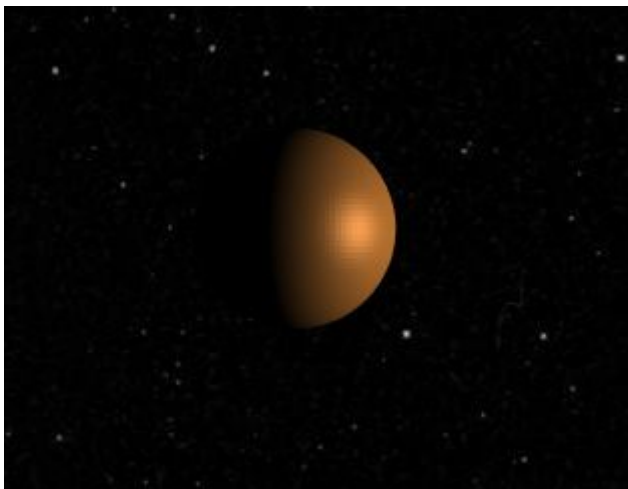


Fig.5 - Foco de iluminação situado à direita

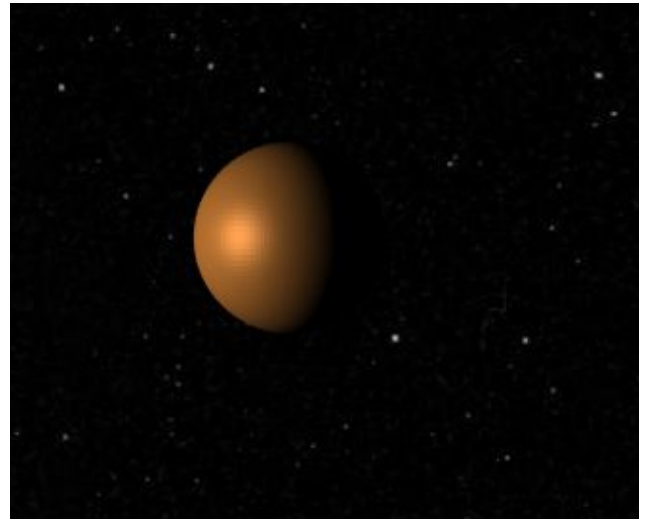


Fig.6 - Foco de iluminação situado à esquerda

D. Texturas

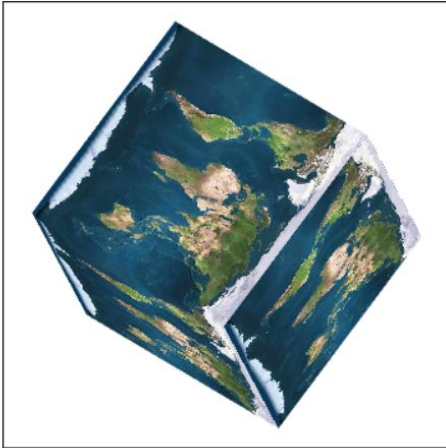
Apesar da elevada capacidade de renderização das placas gráficas atuais, por vezes torna-se complicado conseguir renderizar objetos mais detalhados, pois quanto maior o rigor, maior o número de vértices a ter que ser definido.

Com o uso de texturas, é possível contornar esta situação, pois estas apresentam uma solução mais simples, baseada no uso de uma imagem.

No que diz respeito ao aspecto visual dos objetos do Sistema Solar, as texturas desempenham um papel importante, pois permitem ilustrar com maior detalhe as superfícies.

Numa fase inicial, esta funcionalidade foi aplicada em cubos, produzindo o resultado demonstrado na figura 3. No entanto, após diversas tentativas falhadas, as texturas não foram aplicadas às esferas, o que acabou por levar ao uso de propriedades dos materiais para a caracterização dos planetas, já descritas no ponto A (*Caracterização dos planetas*).

Applying a texture to the model's faces



Use cursor keys to spin and Page Up/Page Down to zoom out/in.

Fig.7 - Aplicação de textura num cubo

E. Cintura de Asteróides

A cintura de asteroides é um dos principais constituintes do Sistema Solar e como tal tem também um papel de destaque na projeção em estudo.

É definida através de um conjunto de esferas com menos malhas triangulares que acabam por representar adequadamente estas rochas espaciais. Devido ao elevado número de elementos da cintura, algumas placas gráficas correm o risco de não suportar a renderização, o que levou à criação da dropdown bar que permite ativar e desativar a sua reprodução.

Na Figura 8 é possível ver a cintura de asteroides.

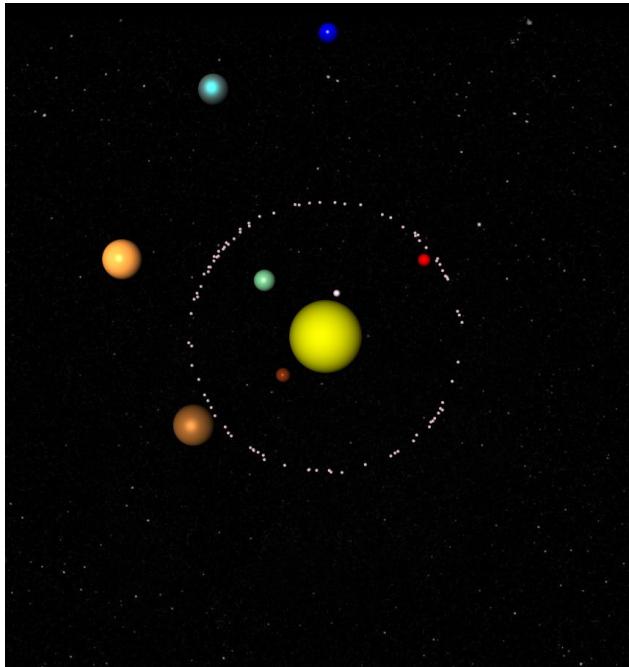


Fig.8 - Cintura de Asteroides

IV. IMPLEMENTAÇÃO

Ao longo da realização do trabalho foram criados diversos ficheiros e funções. Alguns deles foram reaproveitados das aulas práticas e adaptados ao tema abordado.

Na tabela seguinte, são apresentados os vários ficheiros, bem como algumas das suas principais funções.

Ficheiro	Propósito
SolarSystem.html	Página <i>HTML</i> onde o JavaScript é executado e através do qual é realizada toda a interação com a aplicação
initShaders.js	Funções para a criação e ligação das shaders
lightSources.js	Ficheiro para instanciação de focos de luz
maths.js	Funções matemáticas para para cálculos de diversos tipos de operações
models.js	Funções para processar os diversos modelos de malha de triângulos
sceneModels.js	Ficheiro que instancia diversos tipos de modelos. Apenas é utilizada a função para a criação de modelos esféricos. É nesta classe que são definidos os atributos de cada objeto
webgl-utils.js	Funções auxiliares para a compatibilidade nos diversos browsers
Solar_System.js	Ficheiro principal que instancia as diversas funções para desenhar/controlar todo o sistema planetário

Tabela. 2 - Ficheiros do projeto.

De seguida são destacadas as principais funções do ficheiro *Solar_System.js*

drawModel()	Função que permite visualizar um modelo e aplicar-lhe a transformação que resulta da concatenação das transformações globais à cena com as suas transformações próprias
drawScene()	Função que permite visualizar os diversos planetas e aplicar-lhes várias transformações

V. OBJETIVOS NÃO ALCANÇADOS

A. Manuseamento

Sendo um dos principais objetivos, o manuseamento da projeção foi, provavelmente, a funcionalidade que mais desconsolo causou por não ter sido implementada.

No entanto, desde cedo se percebeu que seria uma implementação algo diferente do que se esperava. Isto porque para mover o Sistema como um todo não bastava realizar um movimento de rotação dos planetas sobre si próprios, como seria, por exemplo, no caso de mover um tabuleiro. Seria sim necessário realizar um movimento de rotação sobre os eixos a uma escala global, isto é, mover todos os objetos ao mesmo tempo. Para tal, era mandatória a criação de uma matriz de translação global que fosse multiplicada pelas matrizes locais de cada planeta. Isto foi aplicado no projeto, mas infelizmente, após várias tentativas, o resultado obtido não foi o desejado.

Foi tentada outra abordagem ao problema, baseada no incremento e decremento da coordenada x do parâmetro translação de cada planeta. O objetivo era o de mover todos os planetas ao mesmo tempo para a esquerda ou para a direita consoante o pretendido, usando as setas do teclado em vez do rato.

Porém a alteração deste parâmetro não teve o efeito pretendido, visto que alterava a distância ao centro da janela de visualização e não a distância ao centro do Sol. A solução pensada para corrigir esta adversidade consistia em definir um centro dinâmico, isto é, o centro acompanhar o movimento do Sol. No entanto, após inúmeros esforços, acabou por não se conseguir traduzir esta solução para código e o resultado final foi o demonstrado nas figuras 9 e 10.

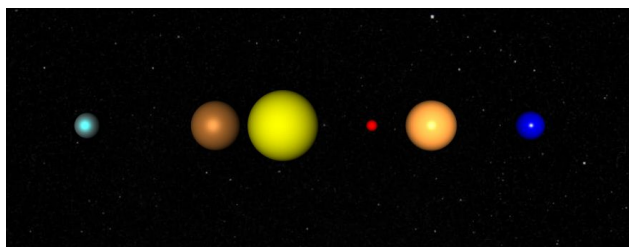


Fig.9 Posição inicial dos planetas



Fig.10 -Resultado do incremento do parâmetro tx

B. Iluminação

A primeira abordagem no que toca à iluminação consistiu em definir o foco de luz no centro do sistema, na posição (0, 0, 0). No entanto, o resultado foi a falta de iluminação e o sistema ficou todo às escuras.

Após esta primeira tentativa foi decidido que o foco tinha que ser atribuído localmente. A esta matriz local seria aplicada uma matriz global para que a iluminação de cada planeta fosse ajustada à sua posição em relação ao Sol, ao longo do seu movimento de translação. Assim, o resultado seria bastante semelhante àquilo que observamos no mundo real, dando a entender que a iluminação vinha do Sol.

No entanto, à semelhança do ocorrido no manuseamento, apesar da compreensão dos conceitos teóricos e do esforço investido, o conhecimento acabou por não ser traduzido em resultados.

Para remediar a situação foi então atribuído ao utilizador o controlo do foco de luz.

C. Texturas

A implementação das texturas foi inicializada usando como base os ficheiros das aulas práticas. Ao longo do tempo foram sendo feitas algumas modificações nas funções desses ficheiros com a finalidade de os adaptar às necessidades do projeto em causa.

A primeira grande dificuldade encontrada foi a definição dos vértices da textura para o caso de uma esfera. Em ordem a contornar este problema, foram aplicadas texturas como a observada na figura 7. De seguida, foi usado o método que permite aumentar o número de triângulos de uma figura para posteriormente executar a função `move_to_spherical_surface` ao cubo que continha a textura referida.

No entanto, o desfecho acabou por não ser o esperado, pelo que não se obteve qualquer textura na superfície esférica. A solução encontrada foi então a atribuição de características materiais aos objetos.

VI. CONCLUSÃO

Atualmente as tecnologias permitem cada vez mais um aumento do realismo na computação visual e há um número cada vez maior de projetos deste género. Tendo em conta estes fatores, foi com grande motivação que o

trabalho foi abordado. Ainda antes da disponibilização da lista dos temas, tinha sido pensado o tema a propor aos professores e o facto de essa mesma proposta ter sido aceite aumentou o entusiasmo em torno do projeto.

Apesar da imensa variedade de projetos deste género procurou-se sempre implementar originalidade e inovação. Fica claro, após a leitura deste relatório, que nem todos os objetivos foram cumpridos da forma pretendida. No entanto, ficou ainda mais claro que em todos eles foi colocado um grande nível de empenho e persistência, sendo que na maior parte dos casos faltou apenas um pequeno clique para o desejado ser conseguido.

É também de destacar que todas as funcionalidades propostas pelos professores foram implementadas e que todos os conhecimentos adquiridos ao longo das aulas práticas foram utilizados.

Em suma, mesmo com algumas variações no caminho traçado, o resultado final acabou por ser satisfatório e as alternativas encontradas foram retificando e adaptando o projeto às dificuldades encontradas.

REFERENCES

- [1] <https://solarsystem.nasa.gov> Sistema solar, como principal foco
- [2] <https://webglfundamentals.org/webgl/lessons/webgl-3d-camera.html>
-Referencia base para orientação na funcionalidade de rotação do sistema solar
- [3] <https://webglfundamentals.org/webgl/lessons/webgl-3d-textures.html>
-Demonstração da aplicação de texturas em objetos 3D

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

No decorrer deste projeto, ambos os alunos António Domingues 89007 & Henrique Silva 88857, contribuíram com o mesmo peso para o desenvolvimento da projeção do Sistema Solar 3D. Assim, concluindo, atribui-se o mérito de 50% a ambos os colaboradores deste trabalho.