



UNIVERSIDADE D  
**COIMBRA**

Rafael Martins Lopes

**CRIAÇÃO DE CONTEÚDOS FULLDOME NO  
EXPLORATÓRIO - CENTRO CIÊNCIA VIVA  
DE COIMBRA**

Dissertação no âmbito do Mestrado em Design e Multimédia  
orientada pelo Professor Pedro Filipe Martins Carvalho e pela  
Professora Doutora Catarina Schreck Carmo dos Reis, e  
apresentada ao Departamento de Engenharia Informática da  
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Setembro de 2023



Faculdade de Ciências e Tecnologia  
da Universidade de Coimbra

# Criação de conteúdos *fulldome* no Exploratório - Centro Ciência Viva de Coimbra

Rafael Martins Lopes

Dissertação no âmbito do Mestrado em Design e Multimédia orientada pelo Professor Pedro Filipe Martins Carvalho e pela Professora Doutora Catarina Schreck Carmo dos Reis, e apresentada ao Departamento de Engenharia Informática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Setembro de 2023

1 2  9 0

UNIVERSIDADE D  
COIMBRA





## Resumo

---

As características específicas do cinema e em particular da animação, assim como os materiais associados aos mesmos, condicionam estas formas de arte, desde os seus primórdios até à atualidade. Em relação aos materiais, destacamos a tela de projeção e a sua incontestável interferência na experiência do observador. Desde cedo procurou-se ultrapassar as limitações deste tipo de representação bidimensional, procurando formas de aumentar a imersão do espectador.

Uma forma particularmente relevante na evolução da imersividade da animação foi a criação de sistemas “Fulldome”. Esta técnica incorpora projeções digitais sobre superfícies semi-esféricas, normalmente utilizadas no âmbito da comunicação científica. Em conjunto com a animação 3D, permite a criação de imagens com uma grande sensação de profundidade e imersividade.

Esta dissertação é realizada no âmbito da criação de conteúdos em *fulldome*, para o estágio desenvolvido no Exploratório - Centro Ciência Viva de Coimbra. O presente documento descreve todo o contexto e processo de criação de uma animação 3D para o sistema *fulldome* deste local, situando os espectadores num local do Período Câmbrico repleto de seres vivos pré-históricos, interessantes e bizarros. Enquadrando-se na tipologia de conteúdos do próprio Exploratório, a animação pretende ter um carácter informativo, educacional e apelativo, procurando informar e mostrar ao público, características sobre os animais deste período e o seu comportamento.

Aproveitando as características principais do sistema *fulldome* e da animação digital, pretende-se explorar ao máximo a capacidade de imersão dos observadores, no mundo virtual criado pela animação proposta.

**Palavras-chave:** Animação 3D, *Fulldome*, Projeção Esférica, Media Imersiva, Media Educacional, Câmbrico, Centro Ciência Viva



## Abstract

---

The specific characteristics of cinema and in particular animation, as well as the materials associated with them, condition these art forms, from their beginnings to the present. Regarding the materials, we highlight the projection screen and its undisputed interference in the observer's experience. From an early age we tried to overcome the limitations of this type of two-dimensional representation, looking for ways to increase the viewer's immersion.

A particularly relevant form in the evolution of immersive animation was the creation of "Fulldome" systems. This technique incorporates digital projections on semi-spherical surfaces, usually used in scientific communication. Together with 3D animation, it allows the creation of images with a great sense of depth and immersiveness.

This dissertation is carried out in the context of the creation of content in fulldome, for the internship developed in the Exploratório - Centro Ciência Viva de Coimbra. The present document describes the whole context and process of creating a 3D animation for the fulldome system of this place, placing the spectators in a place of the Cambrian Period full of prehistoric, interesting and bizarre living beings. Fitting in the content typology of the Exploratório itself, the animation intends to have an informative, educational and appealing character, seeking to inform and show the public, characteristics about the animals of this period and their behavior.

Taking advantage of the main features of the fulldome system and digital animation, it is intended to fully explore the immersion capacity of the observers in the virtual world created by the proposed animation.

**Keywords:** 3D Animation, Fulldome, Spherical Projection, Immersive Media, Educational Media, Cambrian, Centro Ciência Viva



## Agradecimentos

---

Agradeço especialmente ao Professor Pedro Filipe Martins Carvalho e à Professora Doutora Catarina Schreck Carmo dos Reis pela orientação que recebi e me foi proveitosa. Agradeço ainda a toda a equipa do Exploratório - Centro Ciência Viva de Coimbra, especialmente ao Dário Fonseca, que sempre se mostrou disponível e me auxiliou no desenvolvimento do trabalho.



# 1. Índice

---

1. Índice	Página 11
2. Introdução	Página 14
2.1 Motivação	
3. Contexto Temático	Página 17
3.1 História da Animação	
3.2 Técnicas de Animação	
3.3 Estilos Visuais em Animação	
3.4 Representação de Animais em Animação	
3.5 Experiências imersivas no cinema e formato <i>Fulldome</i>	
4. Estudos de Caso	Página 35
4.1 Filmes em formato <i>Fulldome</i>	
4.1.1 Animais nossos amigos (2018)	
4.1.2 A menina que caminhava ao contrário (2013)	
4.1.3 Seleção Natural (2010)	
4.2 Outros Filmes	
4.2.1 David Attenborough's First Life (2010)	
4.2.2 Planeta Pré-Histórico (2022)	
4.2.3 Cambrian Explosion (2020)	
4.3 Reflexão final	
5. Metodologia e Plano de Trabalho	Página 44
6. Projeto	Página 47
6.1 O <i>Fulldome</i> no Exploratório Centro de Ciência Viva de Coimbra	
6.2 Pré-Produção	
6.2.1 Testes Preliminares	
6.2.2 Conteúdos e Narrativa	
6.3 Produção	
6.3.1 Modelação e Composição	
6.3.1.1 Animais	
6.3.1.2 Cenário	
6.3.2 Animação	
6.3.3 Texturização	
6.3.4 Design de Som	
6.3.5 Montagem e Edição	
6.4 Imagens finais	
7. Conclusão	Página 84
Bibliografia	Página 86





## 2. Introdução

---

Desde os primórdios da humanidade, há mostras da representação da realidade por parte do homem. Um dos primeiros exemplos são as pinturas rupestres onde os nossos antepassados registaram cenas de caça em paredes de cavernas. Milénios depois, durante o Renascimento, surgiu a pintura panorâmica. Estas pinturas procuravam envolver os observadores no conteúdo da obra. Mas estas representações ficavam aquém da realidade que não é estática. Surgiu o desejo de representar, não só a realidade, mas também o movimento.

No século XIX apareceram as primeiras tentativas de animação em dispositivos como o taumatrópio, o fenacístoscópio e o zootropo. Estas técnicas e aparelhos foram precursores do cinema. Este pôde finalmente capturar o movimento e dar vida a imagens estáticas. Paralelamente ao cinema, a animação surgiu como uma nova forma de expressão artística e narrativa. Influenciou o desenvolvimento da linguagem cinematográfica e a arte da representação visual. Tanto o cinema como a animação têm capacidade de contar histórias, de criar mundos fictícios e também de representar acontecimentos verídicos.

Ao apresentar várias imagens em rápida sucessão, a animação (assim como o cinema) cria uma ilusão de movimento. A animação proporciona uma grande variedade de estilos visuais, tornando cada filme distinto. Existem diferentes maneiras de criar animação, como o desenho manual, stop-motion e imagens geradas por computador ou CGI (Computer Generated Imagery). Cada um destes tipos tem características próprias e únicas. Atualmente, o estilo de animação mais utilizado no cinema recorre a tecnologias gráficas computacionais (CGI), pois permite a criação rápida de personagens, cenários semi-realistas e com profundidade, sem a necessidade de desenhar tudo do zero, como na animação desenhada à mão.

Com a progressão da tecnologia, o cinema tornou-se cada vez mais avançado, permitindo que os espectadores vivenciassem histórias com maior realismo visual e emocional. No entanto, a tela plana ainda restringia a imersão do público. A busca por uma experiência cinematográfica mais envolvente resultou na criação dos planetários, que combinam projeções panorâmicas com cúpulas, entre outras experiências imersivas. Os planetários procuraram dar ao público uma experiência única que permite observar as maravilhas do espaço. Esta abordagem imersiva foi um momento crucial na história da representação visual e teve um impacto direto no desenvolvimento do formato *fulldome*.

Atualmente, através da tecnologia *fulldome*, é possível transmitir uma infinidade de conteúdos para as cúpulas dos referidos planetários, como animações não só do foro astronómico, mas sobre qualquer conteúdo. O *fulldome* é um sistema de projeção 360° sobre uma tela semi-esférica, que permite posicionar o observador no centro de cenas cativantes. Não só podemos experienciar o espaço, mas também o mar, o céu, contos de fadas, documentários e experiências do passado ou do futuro. Tudo isto de uma forma envolvente e que procura fascinar o espectador.

Neste contexto, esta dissertação, propõe especificamente a criação de um filme de animação de carácter educativo, para um público jovem. No âmbito do estágio no Exploratório - Centro Ciência Viva de Coimbra, foi-nos proposto o desenvolvimento deste projeto, intitulado “Animais do Câmbrico”, consistindo da exploração de técnicas de modelação e animação para a criação de conteúdos animados em formato *fulldome*.

Os filmes neste formato, na maioria das vezes, baseiam-se na criação de experiências visuais extraordinárias, que o público dificilmente presenciaria de outra forma. Experiências baseadas em colocar o observador em locais geralmente inacessíveis como o espaço, o fundo do mar, o passado, entre outros. Simultaneamente, dada a presença recorrente deste tipo de equipamentos em centros educativos como é o caso de Exploratório, há também temas que

normalmente emergem nos conteúdos projetados, nomeadamente a astronomia, a biologia, a zoologia, etc.

Para tirar partido das qualidades únicas e imersivas deste formato, procuramos realizar algo espacial e tematicamente semelhante aos habituais conteúdos. Foi decidido trabalhar com o tema, os animais do período Câmbrico, devido às suas estranhas características. O facto destas criaturas viverem num ambiente subaquático, significa que poderíamos usar o formato *fulldome* para situá-los em qualquer ângulo da tela, aumentando a imersividade da experiência.

Neste contexto, de uma forma mais específica, os trabalhos desta dissertação irão portanto incidir na realização de um filme de animação, utilizando tecnologias de modelação 3D, sobre a fauna do período Câmbrico.

Nesta tese, iremos relatar todas as fases do processo de trabalho deste projeto, desde a sua concepção até ao seu estado atual. A dissertação foi dividida em seis partes: Introdução; Contexto Temático; Estudo de Casos; Metodologia e Plano de Trabalho; Projeto; Conclusão.

Na “Introdução” são apresentados os motivos e objetivos fundamentais desta dissertação.

No “Contexto Temático”, são analisados conceitos essenciais e relacionados com as temáticas gerais da dissertação. São abordadas técnicas de animação, estilos visuais utilizados em animação, representação de animais, assim como uma breve história sobre a animação. São também descritas as funcionalidades e características específicas do formato *fulldome*.

No capítulo “Estudo de Casos” apresento algumas das obras que foram utilizadas como referências e inspirações para o desenvolvimento prático.

Em “Metodologia e Plano de Trabalho” descrevo o processo de trabalho utilizado para a realização de cada tarefa do projeto.

No capítulo “Projeto”, são explicados os processos para o desenvolvimento do filme criado, nas suas diversas etapas e áreas. São também apresentados todos os materiais criados para a realização dos objetivos da dissertação, assim como testes e trabalhos experimentais. Para o desenvolvimento dos objetivos do trabalho, esta parte foi dividida em nove fases: Testes preliminares; Conteúdos e Narrativa; Modelação; Composição; Texturização; Animação; Som; Montagem e Edição; Escrita de Dissertação.

No capítulo “Conclusão”, são recapitulados os resultados e conclusões obtidas durante todo o processo de trabalho.

## 2.1 Motivação

Na nossa opinião, os filmes de animação sempre foram aliciantes. Esta temática, assim como os conceitos de realidade virtual e “mundos digitais” sempre nos fascinaram. Quando foi escolhida esta proposta para o Estágio, pretendeu-se realizar projetos que, utilizando o *Hemispherium* do Exploratório, conseguissem criar uma experiência imersiva para os espectadores, unindo estas diferentes temáticas.

As mais recentes experiências imersivas, em 4D, permitem que o público vivencie acontecimentos com um realismo espacial quase perfeito. Os sentimentos e emoções que geram, ocasionam uma mistura da realidade física e virtual. Acreditamos que uma melhor compreensão de acontecimentos passados, pode levar a um melhor posicionamento presente e a uma superior perspetiva vindoura.



## 3. Contexto Temático

---

O processo de animação é uma forma de expressão visual que tem cativado o público e desempenhado um papel significativo na cultura e no entretenimento, ao longo do tempo. A animação continua a evoluir até hoje, abrangendo uma variedade de estilos visuais, técnicas de animação e usos em diferentes áreas, como filmes, jogos, educação, publicidade, etc.

Hoje em dia, é expectável observarmos algum tipo de animação como uma ferramenta educativa em museus, espaços de divulgação científica e outras instituições. Esta forma de entretenimento é capaz de oferecer experiências imersivas e expandir o conhecimento, de forma apelativa e interessante. Para se perceber melhor a influência da animação sobre os diferentes e variados conteúdos, neste capítulo, irei abordar algumas temáticas que se relacionam com a animação.

Para enquadrar os trabalhos desenvolvidos nesta dissertação achamos pertinente introduzir um conjunto de temáticas:

- História da Animação;
- Técnicas de Animação;
- Estilos Visuais em Animação;
- Representação de Animais em Animação;
- Experiências imersivas no cinema e formato *Fulldome*.

### 3.1 História da Animação

Desde os primórdios da animação com simples desenhos, feitos à mão, até às grandes produções de animação 3D da atualidade, esta forma de arte tem crescido exponencialmente. Para analisar a história da animação, vamos começar por defini-la (a animação).

A palavra “animação” vem da palavra latina “animatio”, que significa “dar vida a” ou “doação de vida” [1]. Animação é o processo pelo qual várias imagens estáticas são rapidamente reproduzidas em sucessão, para criar uma sensação de movimento.

A história da animação nasceu do desejo de criar movimento com imagens. O primeiro aparelho a testar esta ideia foi a lanterna mágica ou epidascópio, criada em 1645, na cidade de Roma, por Athanasius Kircher [2]. Este dispositivo consistia em uma câmara escura com lentes e uma fonte de luz, que projetava desenhos pintados em lâminas de vidro, numa superfície lisa. Ao mover ou trocar os desenhos no vidro, criava-se essa ilusão de movimento. Porém era muito limitado, pois a animação dependia da pessoa a mexer nas placas de vidro e não era muito fluido.

Já no século XIX, foram feitos grandes avanços em relação à animação, com a criação de várias invenções que apresentavam uma melhor ilusão de movimento, como o taumatrópio, o fenacistoscópio e o zootropo.

O taumatrópio (figura 1) é um brinquedo, criado em 1824 por Peter Mark Roget, que consiste de um pedaço de papel com um desenho diferente em cada lado, agarrado por duas cordas. Ao rodar as cordas, o papel gira rapidamente, fazendo com que as duas imagens pareçam estar juntas [3].

O fenacistoscópio (figura 2), criado em 1829 por Joseph Plateau, é considerado como o primeiro mecanismo difundido de animação. Este aparelho tinha vários desenhos semelhantes em redor de uma placa circular. Quando este era girado em frente a um espelho, estes desenhos pareciam ser apenas uma única imagem em movimento (o utilizador via através das fendas da placa). Este aparelho apresentava uma animação mais fluida, pois mostrava várias imagens num curto espaço de tempo. A animação era um loop, sendo que os desenhos eram criados de maneira a não terem um início nem um fim [4].

O zootropo (ou zootrópio) (figura 3) foi outro dispositivo que consistia em dar a ilusão de movimento, que foi criado em 1834 por William George Horner. É semelhante ao fenacistoscópio, pois também rodava e tinha vários desenhos ao seu redor, mas com a forma de um tambor e as

imagens nas bordas do seu interior. Esta invenção foi uma das bases que ajudou a criação da projeção de filmes [5].

Em 1892, foram apresentados os primeiros desenhos animados, os “Pantomimes Lumineuses”, realizados por Charles-Émile Reynaud, através da sua invenção, o Teatro Ótico (figura 4). O Teatro Ótico era uma melhoria do seu praxinoscópio, um dispositivo derivado do zootropo, que possibilitava a projeção dos seus diapositivos desenhados à mão. Estes filmes animados tinham cerca de 12 a 15 minutos, compostos de 300 a 700 desenhos (as suas fitas podiam chegar até 50 metros de comprimento) [6] [7].

Em todos estes exemplos, o grande ponto focal era a capacidade de representar movimento, sendo este o efeito gerador de maior atração no público.

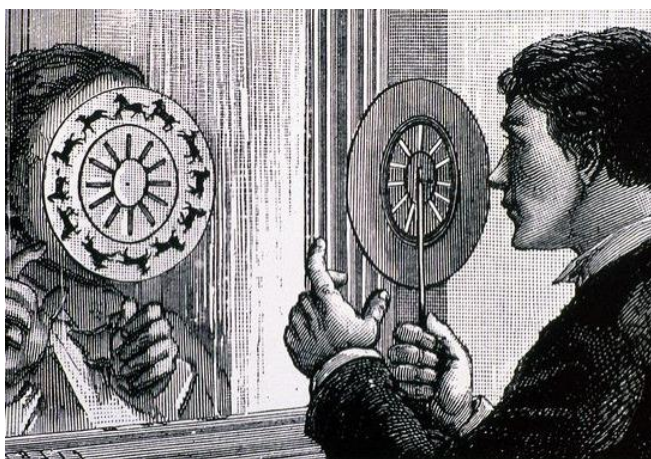
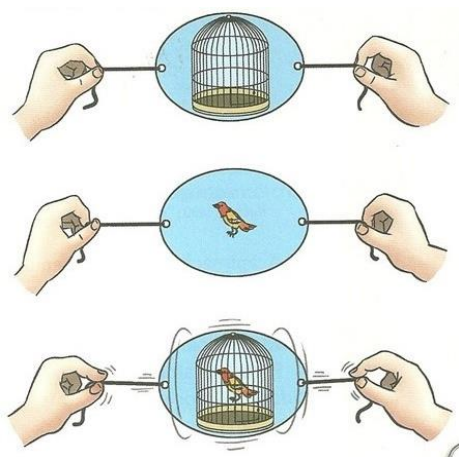


Figura 1 - Taumatrópio (imagem retirada de

Figura 2 - Fenacístoscópio (imagem retirada de

<https://piicie-mora.blogs.sapo.pt/atelierem-casa-construcao-de-um-81868>)

<http://projetoanimateria.blogspot.com/p/fenacistoscopio.html>)

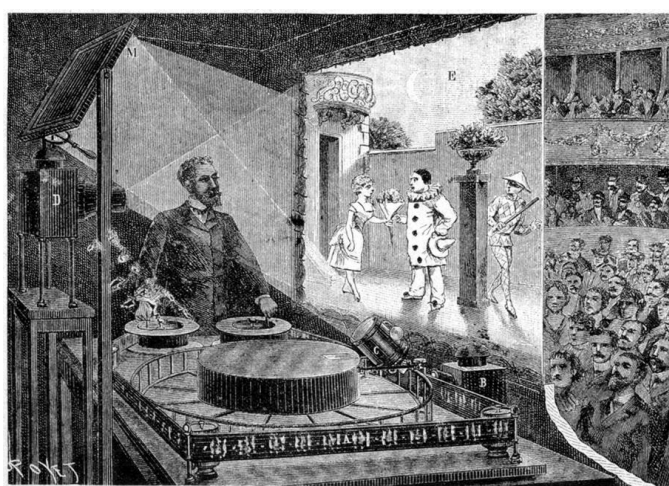


Figura 3 - Zootropo (imagem retirada de CC BY-SA 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1169107>)

Figura 4 - Teatro Ótico (imagem de Louis Poyet - [http://minyos.its.rmit.edu.au/aim/a\\_notes/a\\_images/theatre\\_optique.jpg](http://minyos.its.rmit.edu.au/aim/a_notes/a_images/theatre_optique.jpg), Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1441071>)

Enquanto a animação continuava a crescer, outra grande invenção também apareceu, o cinematógrafo. Criado em 1895 pelos irmãos Louis e Auguste Lumière, este aparelho permitia projetar as imagens que este gravava.



Em 1896, os irmãos Lumière exibiram ao público, projetado em tela grande, um pequeno filme de um comboio a aproximar-se da câmara, chamado “L'Arrivée d'un train en gare de La Ciotat” ou “Chegada de um comboio” em português (figura 5). É especulado que durante a exibição deste filme, o público terá fugido e gritado com medo que a gravação deste comboio fosse mesmo um comboio real em direção a eles, devido à perspetiva do filme e ao grande tamanho da tela.

Podemos ver que nesta época, o cinema já conseguia criar experiências tão envolventes para os seus espectadores, que estes julgavam que o conteúdo do filme era real. Estas imagens em movimento já não eram apenas desenhos, mas representações fidedignas do real e apresentadas de uma forma crescentemente imersiva [8].



Figura 5 - Imagem do filme “L'Arrivée d'un train en gare de La Ciotat” dos irmãos Lumière (imagem retirada de [www.revistaprosaveroearte.com/o-primeiro-filme-dos-irmaos-lumiere-ganha-restauracao-incrivel-em-4k-e-viraliza-na-rede/](http://www.revistaprosaveroearte.com/o-primeiro-filme-dos-irmaos-lumiere-ganha-restauracao-incrivel-em-4k-e-viraliza-na-rede/))

Em 1908, “Fantasmagorie” (figura 6) estreou em Paris, realizado por Émile Cohl. “Fantasmagorie” foi o primeiro filme totalmente animado em um projetor de filmes moderno.

Em 1914, foi criada a animação por célula (“cel animation”) por Earl Hurd, tornando-se num dos fundadores da animação tradicional. Esta técnica consiste em desenhar imagens em folhas finas e transparentes (as celuloides). Estes desenhos eram fotografados por cima de um plano de fundo (um desenho ou uma pintura) e mostrados rapidamente em sequência. Cada fotografia é chamada de um frame e normalmente os filmes eram apresentados com 12 ou 24 frames por segundo. Os primeiros passos da animação tradicional foram dados no início do século XX, com curtas-metragens como “Gertie the Dinosaur” (Winsor McCay, 1914) (figura 7) e “Steamboat Willie” (Walt Disney e Ub Iwerks, 1928) (figura 8) [9] [10] [11]. Podemos notar que logo no começo da animação, os animadores utilizavam animais como os seus personagens, criando uma narrativa fantástica e quase impossível de conseguir se não fosse usada animação.

A primeira longa-metragem animada, foi o filme “El Apóstol”, criado por Quirino Cristiani em 1917.

Ao longo do tempo, a animação continuou a prosperar e a diversificar-se, sendo desenvolvidas novas técnicas. Estas técnicas irão ser sumariamente abordadas no próximo capítulo.

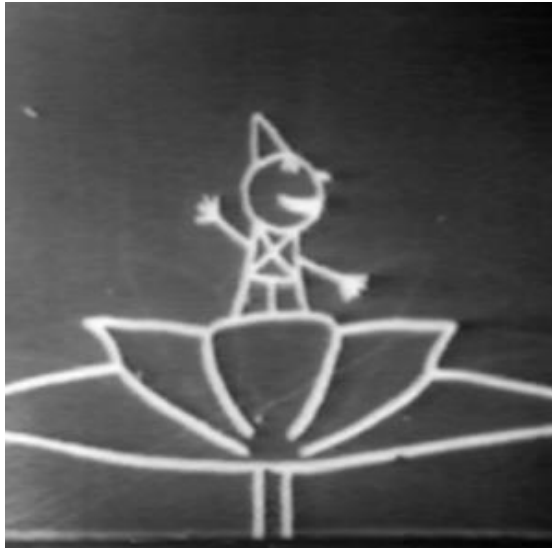


Figura 6 - Imagem de “Fantasmagoric” (imagem de Émile Cohl - <http://www.animatingapothecary.com/gafantas.GIF>, Domínio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5733513>)

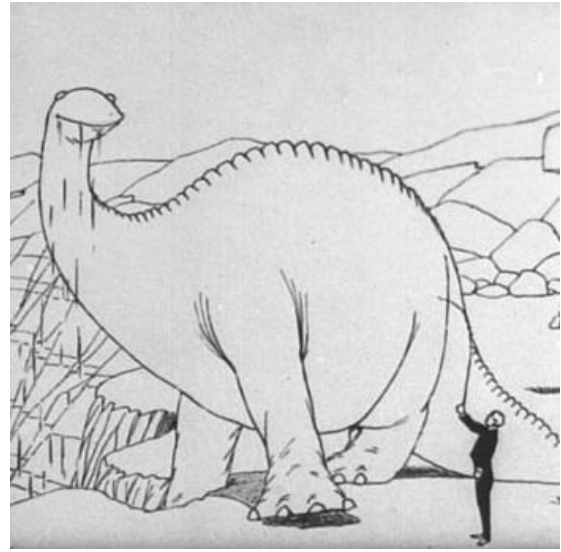


Figura 7 - Imagem de “Gertie the Dinosaur” (imagem retirada de <https://allears.net/2013/09/09/jims-attic-gertie-the-dinosaur/>)

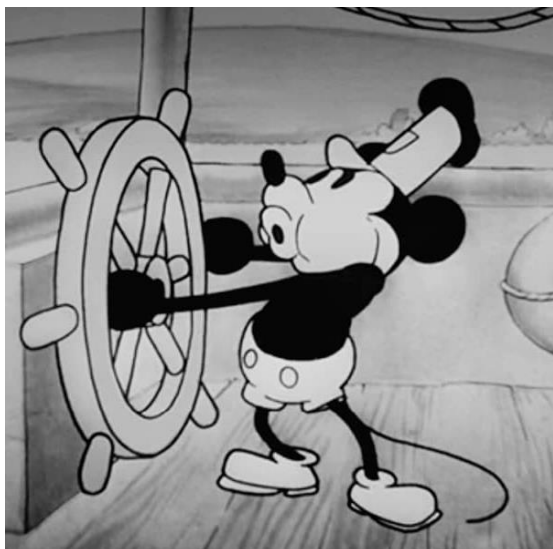


Figura 8 - Imagem de “Steamboat Willie” (imagem retirada de <https://filmschoolrejects.com/mickey-mouse-steamboat-willie/>)

A animação continuou a progredir e com o desenvolvimento de novas tecnologias, surgiu a ideia de combinar tecnologias digitais com animação. Com a necessidade de serem criados efeitos especiais mais realistas, os cineastas decidiram começar a utilizar sistemas computadorizados em cenas de filmes, surgindo as imagens geradas por computador ou CGI (computer-generated imagery). John Whitney foi um dos primeiros a criar animações geradas por computador, fazendo seqüências para programas de televisão e publicidade, durante a década de 1950 [12]. Também trabalhou com animação digital para os créditos de abertura do filme “Vertigo” (1958), de Alfred Hitchcock, em colaboração com o designer gráfico Saul Bass.

Alguns exemplos de filmes que fizeram bastante uso de imagens geradas por computador, durante esta época, foram “Tron” (1982), “O Enigma da Pirâmide” (1985), “O Abismo” (1989), “O Exterminador Implacável 2 - O Dia do Julgamento” (1991), “The Lawnmower Man” (1992), “Parque Jurássico” (1993), entre outros. (Figuras 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15)

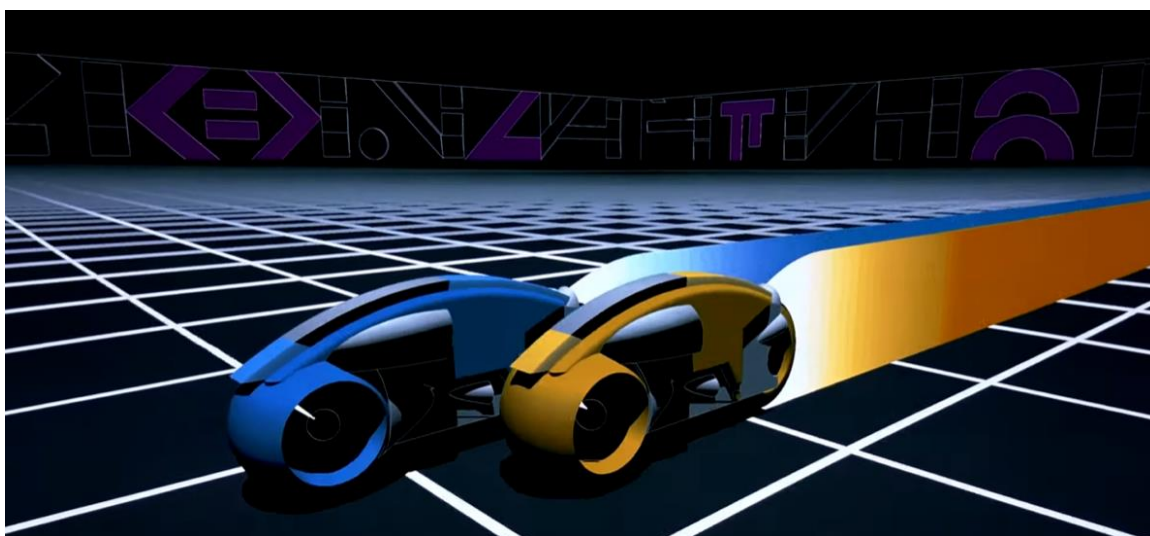


Figura 9 - Imagem com CGI do filme Tron (1982)





Figura 10 - Imagem com CGI do filme “O Enigma da Pirâmide” (1985). Foi a primeira longa-metragem a ter um personagem totalmente animado por computador, um cavaleiro feito de vitrais.



Figura 11 - Imagem com CGI do filme “O Abismo” (1989)



Figura 12 - Imagem com CGI do filme “O Exterminador Implacável 2 - O Dia do Julgamento” (1991)



Figura 13 - Imagem com CGI do filme “The Lawnmower Man” (1992)



Figura 14 - Imagem com CGI do filme “Parque Jurássico” (1993)

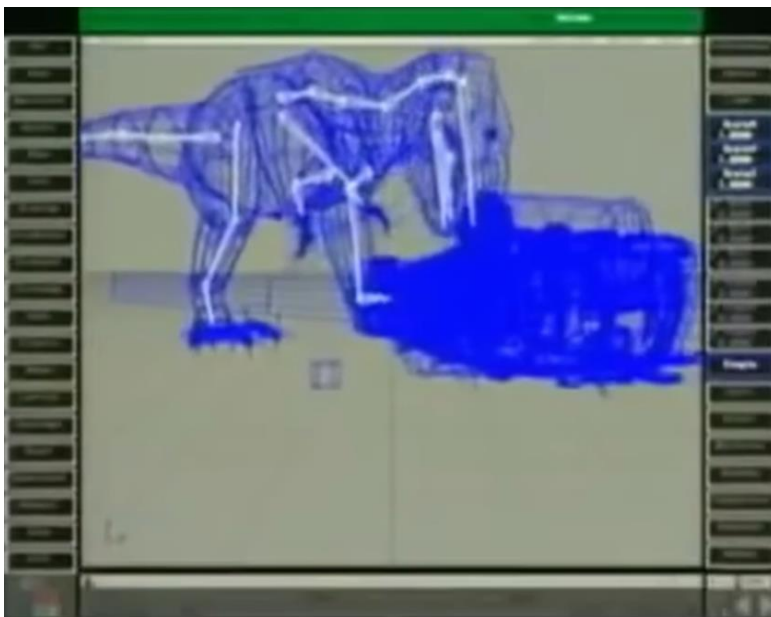


Figura 15 - Modelos e “esqueletos” usados para a cena em CGI do filme “Parque Jurássico” (1993)

Esta tecnologia continuou a crescer e mais filmes começaram a utilizar efeitos digitais, mas ainda não existia um filme totalmente digital. “The Adventures of André & Wally B.” (1984)



(figura 16) foi uma curta-metragem que usava apenas animação digital, desde os seus personagens até aos cenários tridimensionais. Foi dirigido por Alvy Ray Smith e produzido pelo “Lucasfilm Computer Graphics Project”, que mais tarde se tornou a “Pixar”. Nos seguintes anos, lançaram várias curtas-metragens usando sempre animação 3D, inovando a sua tecnologia com cada curta. Estas animações chamaram a atenção da Disney, que “abordou a Pixar com a possibilidade de produzir uma narrativa animada por computador de longa-metragem” [13].

A animação 3D chegou aos cinemas com o lançamento de “Toy Story” (figura 17) da Pixar, em 22 de novembro de 1995. O filme recebeu bastantes elogios, não só devido à sua história, mas também devido aos seus gráficos inovadores. Durante este período, a animação por computador revolucionou a indústria cinematográfica, permitindo que os cineastas criassem personagens e ambientes virtuais mais impressionantes, com texturas, iluminação e efeitos visuais de alta qualidade [14] [15] [16].



Figura 16 - Cenas de “The Adventures of André & Wally

Figura 17 - Cena do filme “Toy Story” (imagem retirada

B.” (imagem retirada de [https://gigazine.net/gsc\\_news/en/20080630\\_the\\_adventures\\_of\\_andre\\_and\\_wally\\_b/](https://gigazine.net/gsc_news/en/20080630_the_adventures_of_andre_and_wally_b/))

de <https://theconversation.com/toy-story-at-25-how-pixars-debut-evolved-tradition-rather-than-abandoning-it-149873>)

### 3.2 Técnicas de Animação

A tradicional animação desenhada manualmente consistia em criar quadros individuais desenhados e pintados à mão, em celuloides, que eram posteriormente filmados em sequência. Este é um processo complexo exigindo uma grande habilidade e tempo, pois era necessário desenhar cada frame.

Atualmente, a animação em celuloides (figura 18) é menos usada, não só por ser um processo caro e demorado, mas também devido aos problemas do material (as folhas de celuloide que são altamente inflamáveis e difíceis de preservar).

No entanto, a animação 2D continua a existir de diferentes formas. A animação tradicional ainda é realizada, atualmente, através de outros materiais, como computadores ou tablets [17].

Além da animação desenhada em celuloide, encontramos no passado e ainda hoje, diferentes técnicas de animação.



Figura 18 - Exemplos de animação em celoides (imagem retirada de <https://www.studiobinder.com/blog/what-is-cel-animation-definition/>)

Os flipbooks ou folioscópios (figuras 19 e 20) utilizam a mesma técnica que a animação à mão, mas numa escala menor. Um flipbook é um conjunto de desenhos em várias páginas que quando folheados rapidamente, dão uma sensação de movimento (sendo que cada desenho é um frame de uma animação).

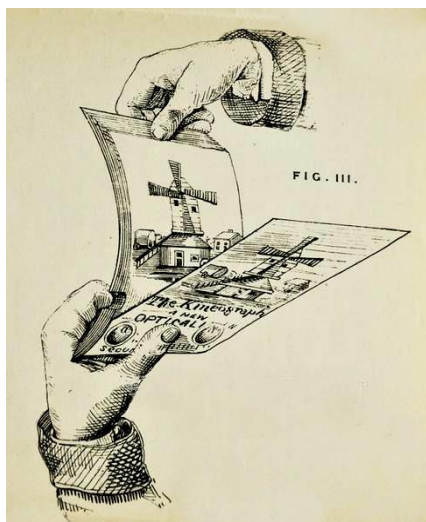


Figura 19 e 20 - Exemplos de flipbooks  
(imagens retiradas de [https://en.wikipedia.org/wiki/Flip\\_book](https://en.wikipedia.org/wiki/Flip_book))

Stop-motion é uma técnica de animação, que em vez de usar desenhos, utiliza objetos físicos. Estes objetos são movidos e fotografados de frame em frame, criando uma animação. O stop-motion engloba também outros tipos de animação, dependendo dos objetos e de como estes são animados. Alguns dos tipos de animação em stop-motion mais utilizados são:

- Claymation (figura 21), que envolve a utilização de modelos feitos de plasticina, barro ou outros materiais maleáveis. Geralmente, também se usam arames para suportarem essas esculturas.
- Puppet animation (figura 22), na qual são criados marionetes ou fantoches complexos e articulados (com uma espécie de “esqueleto”) que são movidos para a animação.
- Pixilation (figura 23), que utiliza pessoas como modelos.
- Animação de recortes (ou cut-out animation) (figura 24), onde são usados materiais recortados para a animação, como papel, cartolina, tecido, etc [18].



Figura 22 -Exemplo da técnica Puppet animation por Janke em <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=722295>



Figura 21 - Exemplo da técnica Claymation (imagem  
(imagem retirada de <https://www.wsj.com/articles/the-stop-motion-animation-studio-with-a-cult-following-1507041297>)



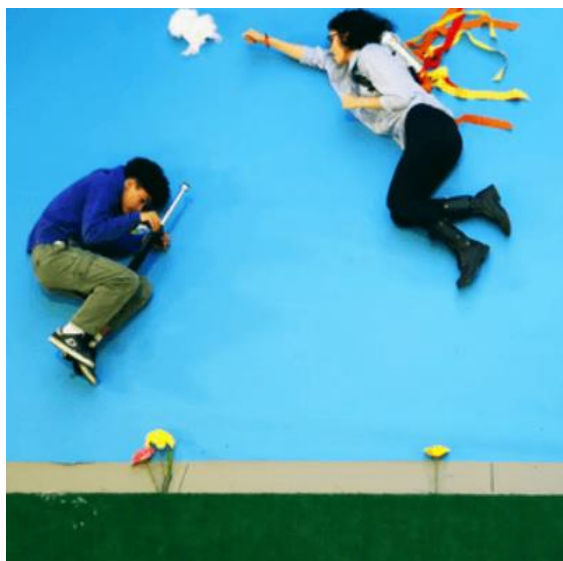


Figura 24 - Exemplo da técnica Animação de recortes  
retirada de <https://digartdigmedia.wordpress.com/2017/11/18/a-pixilacao-na-arqueologia-da-arte-multimedia/>



Figura 23 - Exemplo da técnica Pixilation (imagem  
(imagem retirada de <https://www.youtube.com/watch?v=mUb2ntGw-jI>)

Com o desenvolvimento da computação gráfica, os animadores puderam criar animações digitalmente, levando ao nascimento da animação 3D. Isso permitiu maior precisão, realismo e complexidade nas criações animadas, bem como maior liberdade criativa para os artistas [19] [20].

Desde então, a animação 3D tornou-se bastante popular na indústria de animação, principalmente no cinema. No entanto, todas as regras e princípios da animação 2D continuam a influenciar as “novas” formas de animação.

Os 12 Princípios Básicos da Animação foram introduzidos por Frank Thomas e Ollie Johnston no livro “The Illusion of Life: Disney Animation”. Estas são consideradas, até hoje, regras fundamentais para se criarem boas animações, independentemente do tipo ou da técnica de animação. Explicarei, de forma breve, cada um destes princípios.

1. *Squash and Stretch* (ou Esticar e Comprimir) é dar a ilusão de flexibilidade e volume às ações de um personagem, enquanto ele se move. No entanto, é importante que o seu volume permaneça constante, não importa o quão esticado ou comprimido ele fique.

2. *Anticipation* (ou Antecipação) é utilizada para preparar o público para uma ação importante que um personagem está prestes a fazer.

3. *Staging* (ou Encenação) é apresentar uma ideia ou ação, de modo completamente claro e eficaz. É importante guiar a atenção do público para o que é mais importante num momento.

4. *Straight Ahead Action and Pose to Pose* (ou Ação direta e Pose a pose) são duas maneiras diferentes para fazer animações. “Straight Ahead Action” é começar a animar a partir do primeiro “desenho” e continuar, de forma contínua, até ao final. “Pose to Pose” é selecionar primeiro as principais ações e depois preencher esses intervalos.

5. *Follow Through and Overlapping Action* (ou Acompanhamento e Ação Sobreposta) explica que quando o corpo de um personagem para, as outras partes do corpo continuam a mover-se. As ações raramente param logo de uma vez.

6. *Slow In and Slow Out* (ou Entrada e Saída Lenta) explica que o início e o final de ações começam e terminam gradualmente, com acelerações e desacelerações suaves.

7. *Arcs* (ou Arcos) indica que os movimentos devem seguir um caminho em forma de arco ou ligeiramente circulares. Os arcos fornecem uma ação mais natural e menos rígida.

8. *Secondary Action* (Ação Secundária) é uma ação adicional que complementa a principal, para reforçá-la e torná-la mais interessante.

9. *Timing* (ou Cronometragem) refere-se à velocidade de uma ação. É importante usar o tempo para transmitir corretamente a intenção e o impacto de certas cenas.

10. *Exaggeration* (ou Exagero) envolve ações de forma mais extrema e expressiva, permanecendo fiel à realidade. Isto ajuda a criar emoções mais impactantes no público.

11. *Solid Drawing* (ou Desenho sólido) é ter em mente objetos e formas num espaço tridimensional. Este princípio é mais importante para gráficos 2D.

12. *Appeal* (ou Apelo) refere-se à criação de personagens agradáveis aos olhos do espectador. Um design simples, charmoso e cativante irá permanecer com o público durante mais tempo [21] [22].

Estes princípios, apesar de serem introduzidos para a animação tradicional, continuam a ser usados até os dias de hoje, em outros processos de animação, como a animação 3D [23].

A animação 3D pode ser realizada através de diferentes softwares de modelação e animação, como por exemplo Autodesk Maya, Cinema 4D, Blender.

Existem hoje diferentes técnicas para animação de um qualquer modelo 3D. Um dos processos mais comuns, particularmente na animação de criaturas, é uma técnica chamada de rigging (ou animação esquelética). Esta técnica de animação permite criar um esqueleto para um modelo 3D e alterar a escala, rotação ou posição dos ossos, sendo que o modelo é distorcido e movimentado de forma correspondente, resultando numa animação articulada corretamente.

A animação pode ainda ser feita usando keyframes (ou quadros-chave) de forma independente ou em combinação com rigging. Neste processo, o animador adiciona keyframes para personagens e objetos de pose em pose, e o computador calcula as posições e movimentos do objeto animado entre esses pontos chave (chamados de “in-between”).

Além disso, a animação digital também pode ser criada utilizando simulações físicas artificiais, como por exemplo, o movimento de cabelo ou roupas e a criação de sistemas de partículas variados como água, fumo, etc. Estas simulações também podem englobar a animação procedural, que é uma abordagem baseada em algoritmos e regras para gerar movimentos e comportamentos automáticos para personagens ou elementos animados.

Finalmente, a captura de movimento (ou mocap) permite que os atores interpretem os personagens na vida real, sendo estes movimentos capturados e utilizados nos modelos das personagens. A utilização desta técnica é usada para tornar os movimentos realistas [24] [25].

### 3.3 Estilos Visuais em Animação

A animação 3D permite uma grande variedade de estilos, que variam desde representações realistas até caricaturas estilizadas. Os estilos visuais são essenciais para a criação de personagens e ambientes únicos, que se tornam reconhecíveis e cativantes para o público, podendo afetar a narrativa e a experiência do espectador.

O estilo visual de um filme é influenciado tanto pela tecnologia disponível quanto pelas preferências artísticas dos criadores. Dependendo da técnica e tecnologia utilizada para a animação, os visuais do filme terão uma certa aparência (por exemplo, um filme de animação tradicional costuma ter uma estética diferente de um filme de animação em stop-motion). No entanto, também é possível utilizar um tipo de animação de uma maneira específica, de modo a “imitar” outro tipo de animação completamente diferente (por exemplo, animação digital fornece bastante liberdade no processo de animação). Além disso, a animação 3D também pode ser combinada com outras técnicas, como animação 2D ou live-action, para criar diferentes tipos de efeitos visuais. [26] [27] (Figura 25 e 26)





Figura 25 - Imagem do filme “Homem-Aranha: No Universo Aranha” (2018). Este filme de animação tem um visual inspirado em bandas desenhadas, misturando efeitos 2D com modelos 3D. (Imagem original retirada de <https://www.imageworks.com/our-craft/feature-animation/movies/spider-man-spider-verse>)



Figura 26 - Imagem da série “Arcane” (2021). Esta série animada também usa um estilo visual que combina elementos 2D e 3D. (Imagem original retirada de <https://www.vfxvoice.com/the-return-of-hand-drawn-and-stylized-effects-animation/>)

A maioria dos documentários dependem de filmagens ou fotografias da realidade, para contar os seus factos da maneira mais verosímil possível. Nestes filmes, é importante que os visuais coincidam com a narração, para que a informação seja apresentada com muita clareza.

Isto pode tornar-se complicado, quando existe uma quantidade mínima de informações ou quando é apresentado um tema que não é possível observar através da realidade. Nestes casos, podem-se criar reconstituições ou simulações de certas cenas de modo a “imitar” algum acontecimento. Estas podem ser feitas através de gravações encenadas com atores ou através de animações.

Através de técnicas de animação, os documentaristas podem aprimorar a sua narrativa introduzindo cenas animadas, onde podem recriar um evento histórico, representar locais impossíveis de serem visitados ou transmitir certas emoções ao público. A utilização de animação em documentários oferece uma abordagem única para narrar uma história, combinando fatos com imaginação [28] [29].

### 3.4 Representação de Animais em Animação

A representação de animais na animação abrange uma ampla gama de abordagens, desde representações realistas até às mais abstratas. Os animais podem ser retratados com precisão científica, como em documentários de natureza, ou de maneira estilizada e humorística, especialmente em filmes voltados para o público infantil.

Uma representação de animais que os apresenta de forma muito fiel e específica, é a ilustração científica. Estas ilustrações mostram detalhes e características biológicas de um organismo vivo, com um rigor técnico e científico bastante próximo da realidade. As ilustrações científicas são encontradas principalmente em livros, teses e artigos científicos, de forma a facilitar a compreensão de certos aspectos de um organismo, através de uma única imagem [30] [31]. (Figura 27 e 28)

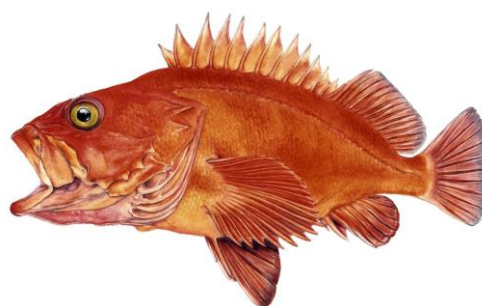
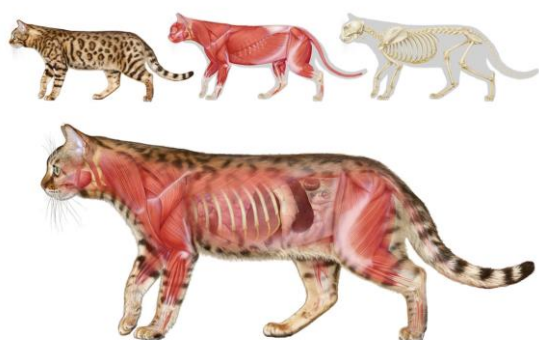


Figura 27 - Exemplo de Ilustração Científica. Anatomia do gato de Bengali. Ilustração: Esther Merchan Montero. (Imagens originais retiradas de <https://www.wilder.pt/historias/mostramos-lhe-as-espantosas-ilustracoes-cientificas-expostas-em-madrid/>)

Figura 28 - Exemplo de Ilustração Científica. Peixe-vermelho (*Sebastes norvegicus*). Ilustração: Meritxell Campos Canudas.

No vídeo “Animating Animal Characters” [32], Aaron Blaise, um ex-animador e diretor da Walt Disney Feature Animation, fala sobre as suas experiências ao criar animações de animais. Blaise revela algo muito importante na animação de animais. Não é só a parte técnica da animação que importa, mas também a “performance”. Esta última permite que as emoções guiem o movimento. Blaise realça também a relevância de estabelecer paralelos entre a vida humana e animal, contribuindo para uma maior ligação entre a audiência e as personagens. Também refere que uma maneira de tornar as performances mais ricas e impactantes, é simplificar as animações, dividindo-as por poses ou por diálogos.

Desta forma, podemos concluir que apesar de estarmos a animar animais, devemos dar ênfase e até exagerar certas ações nestas criaturas. Deste modo, é possível expressar melhor e mostrar mais coerentemente ao público as ações dos animais num filme [33]. (Figura 29)



Figura 29 - Imagem do vídeo “Animating Animal Characters”

### 3.5 Experiências imersivas no cinema e no formato *Fulldome*

O facto de um filme de animação ser projetado numa cúpula, altera significativamente o modo de observação e como este irá transmitir as suas informações. Neste capítulo, irei referir as vantagens, desvantagens e considerações que se devem ter ao criar uma animação digital no formato *fulldome*.

O formato *fulldome* é uma técnica de projeção que apresenta o seu conteúdo com um efeito “olho de peixe”, projetado em uma cúpula, criando um ambiente hemisférico que rodeia os observadores.

Isso é especialmente eficaz para filmes de animação 3D, que podem levar o espectador a mundos imaginários e fantásticos, através da ilusão de profundidade criada pela cúpula, e o som surround, que envolve o espectador em um ambiente sonoro imersivo.

Para falarmos do formato *fulldome*, é importante referir alguns dados cronológicos sobre os planetários. O termo “planetário” é também utilizado para qualquer instrumento que reproduz o movimento orbital do Sistema Solar e das estrelas. Este termo também se refere aos locais onde, habitualmente, se apresentam espetáculos sobre astronomia.

O primeiro mecanismo que pretendeu envolver as pessoas em corpos celestes foi o Globo de Gottorf (figura 30) por Andreas Bösch, em meados do século XVII. Esta esfera oca de três metros de diâmetro, representava o mundo por fora e as estrelas e suas constelações por dentro. No interior, tinha uma lotação de dez pessoas e era possível ver um pequeno globo da terra no centro e representações das constelações e do Sol nas suas paredes, em movimento. O primeiro projetor para planetários foi o Zeiss Mark I (figura 31) da empresa Carl Zeiss, em 1923. Esta máquina ficava no centro da cúpula e projetava luzes fortes, através de uma máscara com orifícios, para as paredes, formando um céu estrelado artificial. A projeção também possuía movimento. Em 1925, foi inaugurado o primeiro planetário de projeção no Deutsches Museum, na Alemanha. Este aparelho tornou-se bastante popular e recebeu várias revisões, cada um com as suas melhorias. Porém os planetários mudaram as suas projeções para imagens digitais, que foram introduzidas nos finais do século XX. Atualmente, a maioria dos planetários usa esta tecnologia, que permite reproduzir vídeos digitais de alta qualidade na cúpula.





Figura 30 - Imagem do Globo Gottorf (imagem retirada de [en.wikipedia.org/wiki/Globe\\_of\\_Gottorf](https://en.wikipedia.org/wiki/Globe_of_Gottorf))

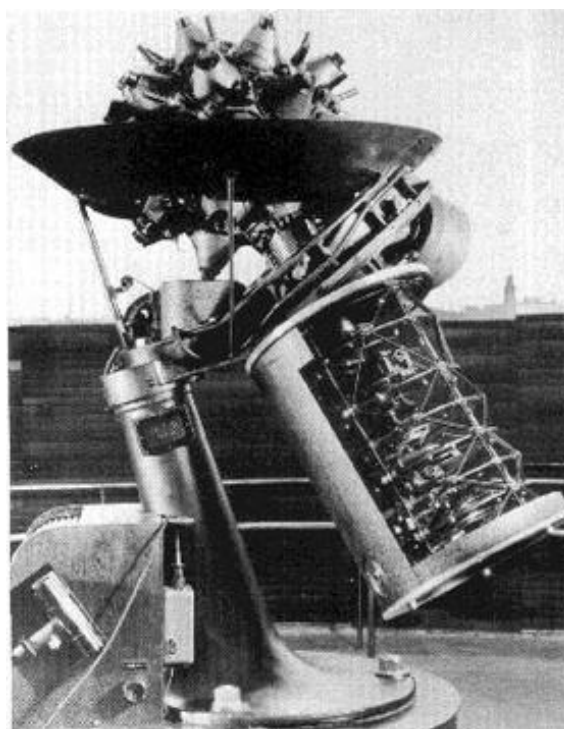


Figura 31 - Imagem do Zeiss Mark I (imagem retirada de [en.wikipedia.org/wiki/Zeiss\\_projector](https://en.wikipedia.org/wiki/Zeiss_projector))

Esta tecnologia chama-se *fulldome*, que utiliza projetores digitais para cobrir a cúpula por completo, de maneira a criar uma experiência imersiva. Com esta mudança, o conteúdo projetado pode ser qualquer vídeo ou imagem, desde que este seja convertido para o efeito de “olho de peixe”. Como esta tecnologia utiliza sistemas computadorizados para controlar os projetores, é possível também ajustar características dos conteúdos *fulldome*, como o brilho, o contraste e cores [34] [35] [36].

As telas *fulldome* dos planetários situam-se acima dos espectadores, dando-lhes a sensação de estar a olhar para um “céu”.

Como é possível observar de vários ângulos (frente, atrás, direita, esquerda e acima), foram utilizadas diferentes formas de usar esta função. Enquanto que alguns filmes apresentam apenas o essencial na zona em frente da projeção, outros encorajam e guiam o público para mudarem a sua atenção para uma determinada direção. Isso pode ser feito utilizando dois tipos de câmaras: uma direcionada para o essencial (figura 32) e posicionando essa parte em frente aos espectadores (a desvantagem é que todos os visualizadores terão que estar posicionados para a mesma direção e não é recomendável ter pessoas em lugares opostos) e a outra a filmar em todo o redor (figura 33), com a projeção acima, sendo o “céu” deste mundo e com a câmara ao nível da superfície do “chão”, de maneira a ver o conteúdo em todos os lados ao mesmo tempo, uniformemente.

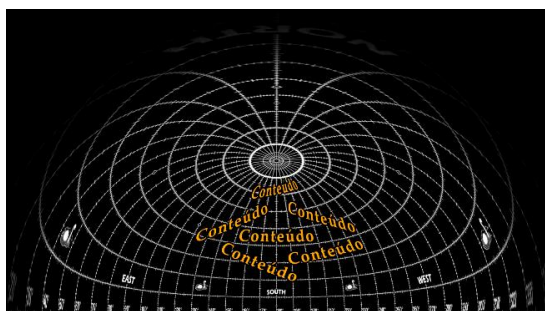


Figura 32 - Exemplo de visão direcionada para a frente (imagem original retirada de [www.lochnessproductions.com/reference/primer/primer.html](http://www.lochnessproductions.com/reference/primer/primer.html))



Figura 33 - Exemplo de visão em todo o redor

Além da forma de visualizar os filmes, também existem muitos conteúdos de estilos diferentes, como animação 2D, animação 3D, imagens reais e mistos destes estilos. No capítulo seguinte este assunto será aprofundado.

## 4. Estudos de Caso

---

### 4.1 Filmes em formato *Fulldome*

Para ter um melhor conhecimento sobre como produzir um filme no formato *fulldome*, foi necessário ver outros filmes deste gênero, de modo a ter referências e ideias para a animação. Desta forma, foram observados todos os filmes da coleção do Exploratório Centro Ciência Viva de Coimbra.

Nos seguintes parágrafos, apresentaremos algumas características destes filmes que revelam as diferentes maneiras do formato *fulldome* ser utilizado. De todos os filmes existentes no Exploratório, realizamos uma seleção que contém os seguintes: “Animais nossos amigos” (figura 34); “A menina que caminhava ao contrário” (figura 35); “O corpo humano - a máquina mais complexa” (figura 36); “A noite do vampiro” (figura 37); “Seleção Natural” (figura 38); “O Universo de Escher” (figura 39) e “Nas asas da noite” (figura 40). (Todas as imagens seguintes foram retiradas do site: [exploratorio.wixsite.com/cienciavivacoimbra/filmesa360-1](http://exploratorio.wixsite.com/cienciavivacoimbra/filmesa360-1))



Figura 34 - Imagem do filme “Animais nossos amigos” (Playnetario)



Figura 35 - Imagem do filme “A menina que caminhava ao contrário” (Planetário de Pamplona)

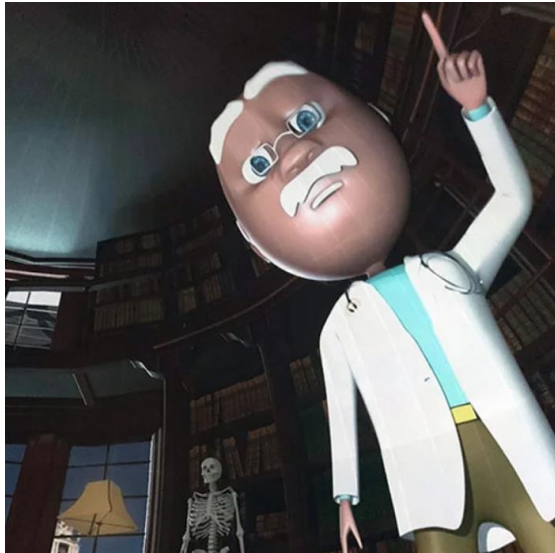


Figura 36 - Imagem do filme “O corpo humano - a máquina mais complexa” (Playnetario)

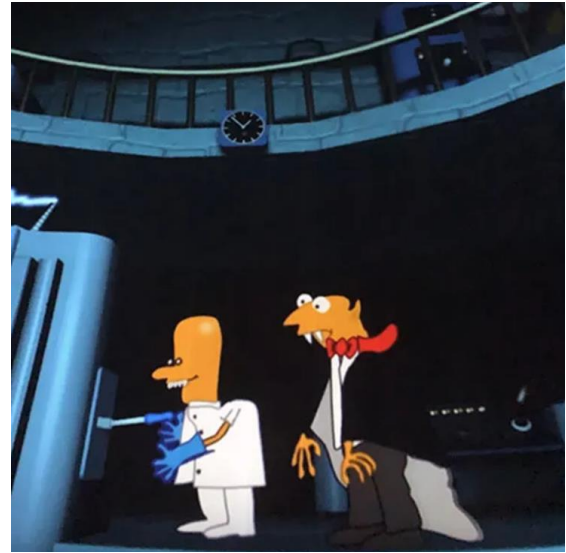


Figura 37 - Imagem do filme “A noite do vampiro” (Planetário de Pamplona)



Figura 38 - Imagem do filme “Seleção Natural” (Mirage 3D)



Figura 39 - Imagem do filme “O Universo de Escher” (Parque de las Ciencias de Granada)





Figura 40 - Imagem do filme “Nas asas da noite”  
(Consórcio europeu de diversos museus e centros de ciência)

Todos estes filmes utilizaram o formato *fulldome* de modo a dar uma maior sensação de imersão no conteúdo destas histórias. Visualmente, todos apresentavam um estilo único, porém tinham em comum o facto de serem apresentados num espaço 3D. Como o formato *fulldome* em planetários tem a função de oferecer uma maior sensação de imersividade aos espectadores, o uso de espaços 3D tem o propósito de dar profundidade às imagens desses filmes. Mesmo assim, cada filme apresenta o seu conteúdo de maneiras diferentes, alguns usam modelos 3D para os personagens e objetos dos cenários, outros misturam o 3D no cenário e o 2D nas personagens e outros usam apenas imagens 2D, mas organizadas num espaço 3D. Certos filmes, em algumas cenas, fazem também uso de imagens reais, como paisagens filmadas em 180°. Foi ainda utilizada a imagem de uma pessoa que era sobreposta num cenário computadorizado, no filme “Seleção Natural” (figura 41).

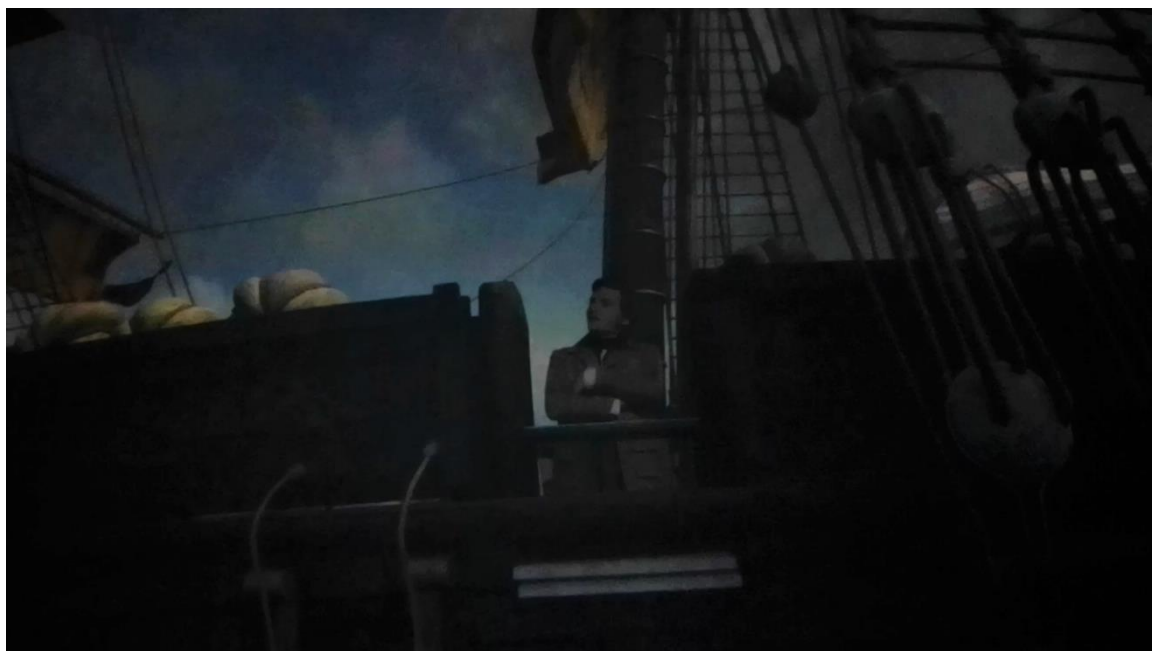


Figura 41 - Imagem do filme “Seleção Natural” (Mirage 3D) com a imagem de uma pessoa real e um navio digital.



Como a animação que iremos produzir irá focar-se em animais pré-históricos aquáticos, prestamos especial atenção em partes subaquáticas de alguns filmes, como nos movimentos dos animais e na aparência destes cenários. Nos filmes “Animais nossos amigos”, “A menina que caminhava ao contrário” e “Seleção Natural”, que têm cenas debaixo de água, possuem bastantes semelhanças na forma como tratam este espaço, apesar de terem estilos completamente diferentes.

### 4.1.1 Animais nossos amigos (2018)

O filme “Animais nossos amigos” é uma animação 3D que “leva” o público a conhecer vários animais, por todo o mundo. Esta animação que tem um estilo mais infantil e é exclusivamente em 3D, mostra todos os seus objetos e personagens com um traçado à volta e com texturas mais minimalistas. Os modelos e as suas animações são simples, mas os cenários possuem bastantes elementos por todo o ecrã. O cenário subaquático tem um mar e algumas plantas e algas a moverem-se devido à corrente e os animais movem-se com movimentos lentos de maneira a nadarem pelo espaço. (Figura 42)

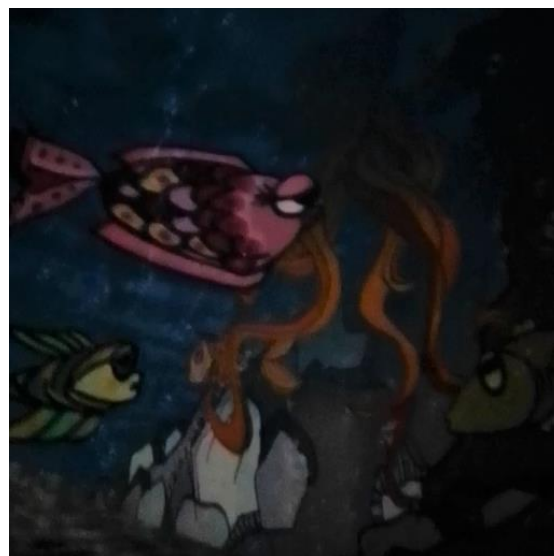


Figura 42 - Imagem do cenário subaquático do filme “Animais nossos amigos” (Playnetario)

### 4.1.2 A menina que caminhava ao contrário (2013)

O filme “A menina que caminhava ao contrário” conta a história de uma menina que anda de cabeça para baixo e trata de temas como perceber diferentes pontos de vista. Neste filme, todos os elementos são 2D num espaço 3D, sendo que estes são ilustrações animadas através de rigging 2D. Na cena debaixo de água temos alguns peixes que apenas se deslocam horizontalmente, sem animação, e os cabelos da personagem principal que utilizam o rigging para lhes dar o movimento pela água. A superfície da água, apesar de não ter movimento, tem uma textura mais complexa.

Podemos também ver os raios de luz do sol deformados no chão de areia, assim como algumas rochas e plantas para decorar o cenário. São visíveis ainda várias bolhas a subirem por todo o ecrã. (Figuras 43 e 44)



Figuras 43 e 44 - Imagens do cenário subaquático do filme “A menina que caminhava ao contrário” (Planetário de Pamplona)

### 4.1.3 Seleção Natural

O filme “Seleção Natural” é um documentário sobre as descobertas e aventuras do naturalista Charles Darwin, enquanto explica o processo de seleção natural. Este filme utiliza os visuais mais realistas de todos os filmes e também mistura algumas partes com imagens reais de pessoas. Assim como o filme referido anteriormente, os raios do sol iluminam não só o chão, mas todos os objetos e animais debaixo de água, e diferente do outro filme, esta luz é animada. Como o filme “Animais nossos amigos”, a superfície de água move-se, assim como tem uma textura de água mais realista. Como referido atrás, os modelos, texturas e animações dos animais e dos objetos do cenário são muito parecidos com a vida real, sendo que as animações dos animais tentam recriar os movimentos reais. Como este cenário subaquático se aproxima da realidade e como a câmara vai para o fundo do mar, existem bastante sombras e é muito escuro o horizonte. (Figura 45)

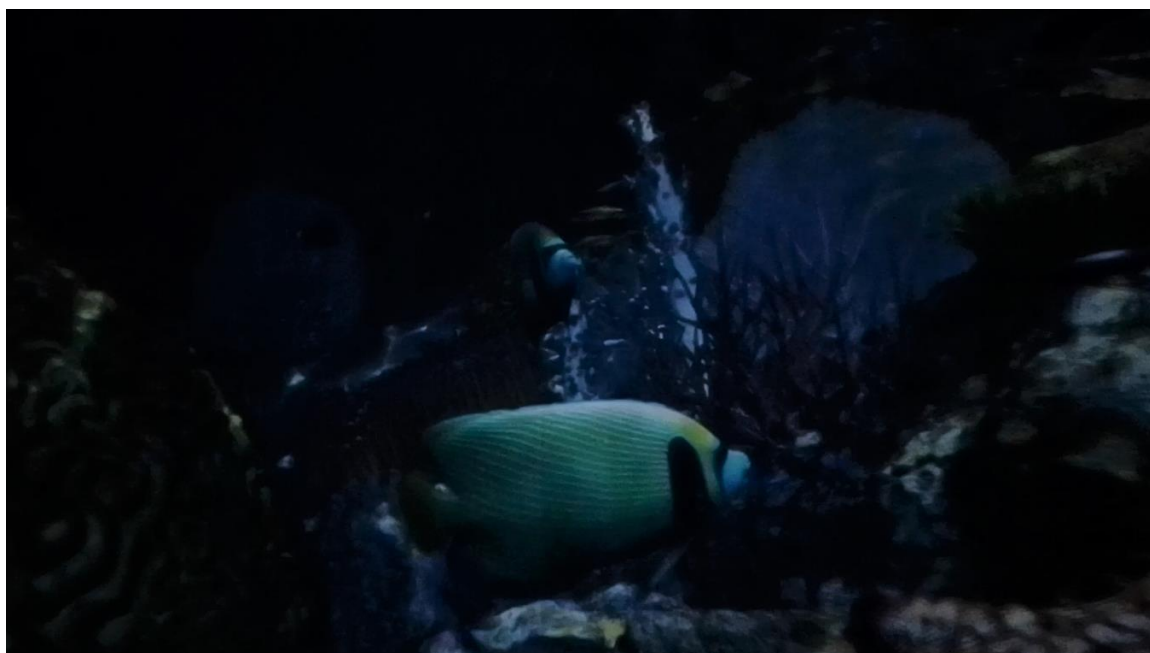


Figura 45 - Imagem do cenário subaquático do filme “Seleção Natural” (Mirage 3D)

## 4.2 Outros filmes

No entanto, ainda existem outros tipos de filmes que não utilizam a tecnologia *fulldome*, e que se encaixam no tema do filme de animação, que é objeto desta tese. Pretendo apresentar os filmes “David Attenborough's First Life”, “Planeta Pré-Histórico” (ou “Prehistoric Planet” em inglês) e “Cambrian Explosion” como referências.

### 4.2.1 David Attenborough's First Life (2010)

“David Attenborough's First Life” é uma série documental de 2 episódios sobre a origem da vida na Terra, lançada em 2010. Este documentário é apresentado por David Attenborough, no qual ele explica todos os passos da evolução da vida na Terra, desde a primeira vida multicelular até ao primeiro animal a sair do mar. São investigados alguns animais da Explosão Câmbria, como o *Anomalocaris* e o *Opabinia*.

Esta série faz uso de partes reais e virtuais (figura 46 e 47). Nas cenas reais, David Attenborough investiga evidências destas primeiras vidas em fósseis e animais vivos, em vários lugares do mundo. Algumas vezes, para auxiliar estas informações, são utilizadas imagens com tecnologia CGI fotorrealista, em conjunto com a voz do apresentador. Estas animações são usadas para recriar os seres vivos estranhos e maravilhosos dessas épocas, com o auxílio de cientistas especialistas para apresentar as informações o mais realista possível.

Em 2021, as cenas virtuais desta série foram convertidas para os equipamentos de realidade virtual, chamado de “David Attenborough's First Life VR”. Deste modo, é possível apresentar esta jornada evolutiva de uma maneira mais imersiva.



Figuras 46 e 47 - Imagens da série “David Attenborough's First Life”

## 4.2.2 Planeta Pré-Histórico (2022)

Também com David Attenborough como narrador, “Planeta Pré-Histórico” (ou “Prehistoric Planet” em inglês) é uma série de documentários sobre a vida de dinossauros, lançada em 2022. Esta série tem o objetivo de apresentar os vários dinossauros como num documentário real, quase como uma viagem no tempo até ao período Cretáceo. Para alcançar esta autenticidade, os seres pré-históricos foram recriados usando tecnologia CGI topo de gama e de acordo com as mais recentes pesquisas paleontológicas e comportamentos especulativos, de modo a serem fotorealistas (figura 48). Estes gráficos foram criados pela Moving Pictures Company, responsáveis pelos efeitos especiais de “O Livro da Selva” (2016) e “O Rei Leão” (2019). Estes dinossauros virtuais foram adicionados em paisagens reais, de maneira a tornar a experiência ainda mais realista.

Com esta série podemos ver que já é possível criar documentários usando apenas imagens virtuais que apresentam cenas bastante parecidas à realidade do passado.





Figura 48 - Imagem da série “Planeta Pré-Histórico”

### 4.2.3 Cambrian Explosion (2020)

“Cambrian Explosion” é uma curta-metragem de Devon Palmer e Helen Prekker, lançada em 2020. Este filme de animação conta a história de uma Hallucigenia chamada "Hallie", no mar do período Câmbrico à procura de conectar-se com outros animais desta época. Os personagens apresentam emoções mais humanas e a animação parece seguir bastante os 12 Princípios Básicos da Animação, como se pode ver pelo modo como as criaturas agem, se movem e se expressam. O estilo visual afasta-se do realismo, é mais colorido e tem um charme de desenho animado, tanto nas personagens como nos cenários. (Figura 49)



Figura 49 - Imagem da curta-metragem “Cambrian Explosion”

### 4.3 Reflexão Final

Após observar estes filmes, interiorizamos variadas maneiras de produzir uma animação 3D no formato *fulldome*, em termos de modelação, animação e composição de câmara. Ampliamos ainda o repertório de informações sobre formas de apresentar animais e modos de representá-los. Alguns exemplos transmitiram ainda importantes ideias e referências para o desenvolvimento de ambientes aquáticos e para o estilo visual do projeto.

Percebemos que a animação também pode ser utilizada como uma ferramenta educativa. Pode transmitir informações sobre animais de forma didática e atraente. Não só permite representar eventos do passado, mas também dar mais vida a uma narrativa, utilizando criatividade e emoção. Deste modo, um filme torna-se visualmente mais impressionante e memorável para o público, sem perder as suas características didáticas.

## 5. Metodologia e Plano de Trabalho

---

A metodologia utilizada no desenvolvimento deste projeto segue um modelo baseado na exploração prática e rápida de ideias iniciais, procurando testar conceitos e as suas possíveis aplicações no formato *fulldome*. Inicialmente são investigadas ideias ou soluções que beneficiam o projeto. A partir desta exploração, são realizados vários protótipos funcionais, de forma a resolver algum problema ou para melhorar algum aspecto de menor qualidade. Estes testes são avaliados no *Hemispherium* do Exploratório, de modo a tirar conclusões sobre diferentes aspetos da animação. Ao conseguir um resultado satisfatório, esta mudança é implementada para a animação final. Caso o teste não cumpra os seus objetivos durante a avaliação, são criados novos protótipos até chegar a um resultado satisfatório. Se tiver dificuldade neste passo, são exploradas também novas referências e ideias.

No sentido de organizar os trabalhos a realizar, o plano de trabalhos foi dividido nas seguintes etapas: 1) Testes preliminares, 2) Conteúdos e Narrativa, 3) Modelação, 4) Composição, 5) Texturização, 6) Animação, 7) Som, 8) Montagem e Edição, ao qual se acrescentou a escrita da presente dissertação.

Na fase de “Testes preliminares”, serão feitas algumas experiências iniciais para acostumar a trabalhar com o programa Blender. Em “Conteúdos e Narrativa”, iremos focar no tema e nas ideias do filme, antes de começar a trabalhar na animação em si. Em “Modelação”, trabalharemos nos modelos de todos os objetos do filme e na “Composição” estaremos a testar a melhor maneira de utilizar a câmara no espaço 3D. Na etapa “Texturização”, faremos testes com as texturas que iria usar para os modelos dos objetos. Em “Animação” serão criadas as animações e movimentos dos modelos dos animais e da câmara. Na fase “Som”, serão implementados os conteúdos sonoros em conjunto com as imagens, como os efeitos sonoros e a narração. Na etapa “Montagem e Edição”, será realizada a montagem final de todos os materiais do filme. A última tarefa (“Escrita da Dissertação”) será escrever o texto deste documento. Esta tarefa está dividida em duas partes, uma para fazer a tese para a entrega intermédia e a outra para a entrega final. Na imagem seguinte apresento um diagrama de Gantt do plano de trabalho (figura 50). No diagrama, as nove fases foram divididas em tarefas e as suas durações de realização são representadas pelas linhas azuis em comparação com as durações previstas na fase intermédia desta dissertação que correspondem às linhas laranja.

Originalmente, a narrativa do filme seria mais simples. Previa-se trabalhar nela apenas no início do trabalho. Posteriormente, a narrativa teve que ser alterada, de modo a corresponder às novas ideias para o filme. Esta alteração impactou todo o processo de trabalho.

Esta nova narrativa trouxe mudanças na modelação e texturização do cenário final, na animação dos animais e na posição da câmara, o que ocasionou o aumento temporal da duração destas tarefas.

Outros estágios como o som, a montagem e edição do filme sempre estiveram previstos para as fases finais, pois estes dependiam da finalização da animação.

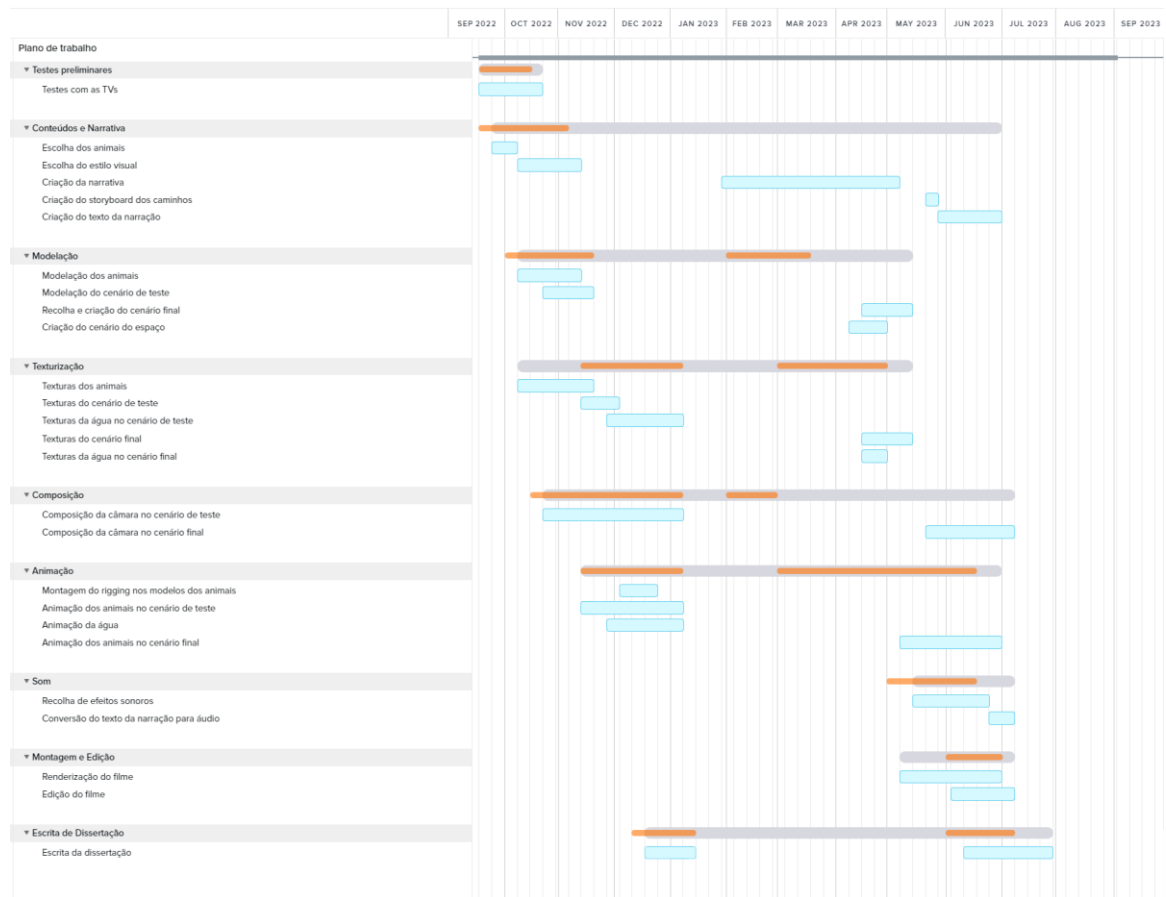


Figura 50 - Diagrama do plano de trabalho





## 6. Projeto

---

Neste capítulo iremos ilustrar e desenvolver todas as tarefas práticas realizadas para a criação do filme, objetivo da tese.

Para a execução do filme, começamos com alguns testes sobre como utilizar o Blender. Durante esta etapa, aprendemos a modelar e controlar a câmara no espaço, assim como gravar conteúdo para o *Hemispherium* de forma correta. Com esta experiência, começamos a trabalhar de acordo com o tema escolhido.

De acordo com o diagrama do capítulo anterior, as tarefas realizadas dividiram-se em: O primeiro passo foi a criação da história e como esta seria apresentada. Após isso, trabalhamos na modelação dos elementos básicos para o projeto. Com estes objetos, foi montada uma cena provisória para testar diferentes maneiras de utilizar a câmara. Durante estes desenvolvimentos, também foi introduzida texturas para estes objetos. E finalmente, apresentamos a animação nos modelos dos animais. Com as cenas dos filmes concluídas, só faltava montá-las em conjunto com o som, a narração e outros efeitos especiais.

Nos próximos subcapítulos, irei abordar mais a fundo cada uma destas fases.

### 6.1 O *Fulldome* no Exploratório Centro de Ciência Viva de Coimbra

O planetário usado como base para o desenvolvimento do filme foi o *Hemispherium* (figura 51) do Exploratório - Centro Ciência Viva de Coimbra. Os seus conteúdos são projetados através de dois projetores, no teto em forma de cúpula (uma semi-esfera). A sala tem uma cúpula capaz de resoluções 4K e possui tanto cadeiras como pufes para o público se sentar.

O programa *DomeManager* (figura 52) é usado para controlar as diversas variantes do *Hemispherium*. É capaz de projetar qualquer imagem ou vídeo com dimensões quadradas e com um efeito de “olho de peixe” para a cúpula. Também permite sons com seis canais de áudio e o efeito de “Chroma Key”.

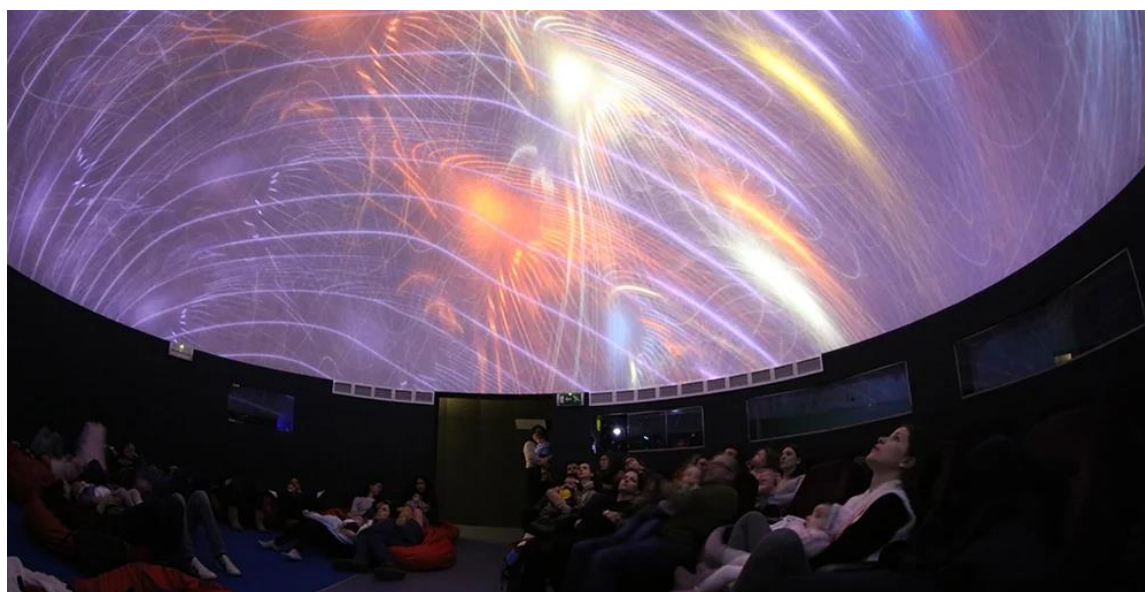


Figura 51 - Imagem do *Hemispherium* (imagem retirada de <https://exploratorio.wixsite.com/cienciavivacoimbra/hemispherium>)



Figura 52 - Captura do ecrã do programa *DomeManager*

Para apresentar um vídeo em formato *fulldome* no *Hemispherium*, este tem que ser gravado com um efeito de “olho de peixe” de maneira a filmar com uma abertura de 180° (ou mais, dependendo do filme). O programa Blender tem uma funcionalidade que permite filmar com este efeito. Com a animação renderizada, o programa do *Hemispherium* permite transmitir esse vídeo, que quando projetado na cúpula não possui esse efeito de “olho de peixe”.

## 6.2 Pré-Produção

### 6.2.1 Testes Preliminares

Antes de escolher o tema para a animação, para conhecer melhor o programa Blender e como utilizar conteúdos no *Hemispherium*, começamos por fazer pequenas animações como teste. Estas animações tinham o propósito de serem breves intervalos entre filmes para promover qualquer tipo de conteúdo ou atividade do Exploratório. Foram feitos uns pequenos vídeos onde se podem ver televisões antigas a flutuar num espaço vazio, para estes serem vistos de vários ângulos da tela do *Hemispherium*. A câmara desloca-se pelo espaço e foca-se alternadamente nos ecrãs de cada televisão que teriam um conteúdo correspondente. No vídeo, não é mostrado nenhum conteúdo nos ecrãs, pois o objetivo era usar esta animação como template, para ser possível personalizar o tipo de conteúdo que iria aparecer. No primeiro teste, ainda não tinha trabalhado com texturas, logo o vídeo tem pouca cor (figuras 53 e 54). Quando foi feita a avaliação deste vídeo no Exploratório, percebemos que ao mostrar o ecrã da televisão, este estava focado no ponto mais alto da cúpula. Daí para a frente, focamos os ecrãs na parte da frente do *Hemispherium*. Nos testes seguintes, acrescentamos ainda mais televisões nesse espaço e experimentamos com as cores do fundo (figuras 55 e 56). Também mudamos as cores dos ecrãs das televisões para verde, para testar a técnica “Chroma Key”, que permite substituir uma determinada cor por qualquer vídeo ou imagem (que poderia ser utilizado para substituir pelo conteúdo).

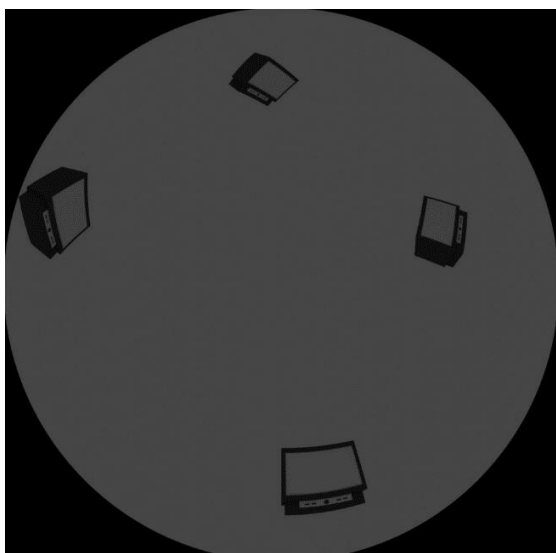


Figura 53 - Imagem do vídeo do primeiro teste das televisões

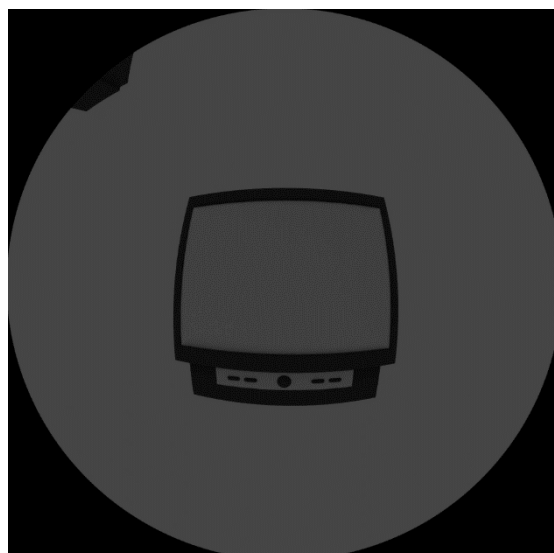
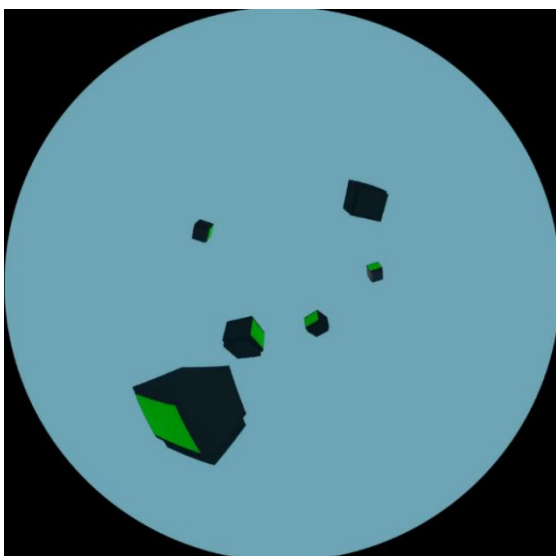
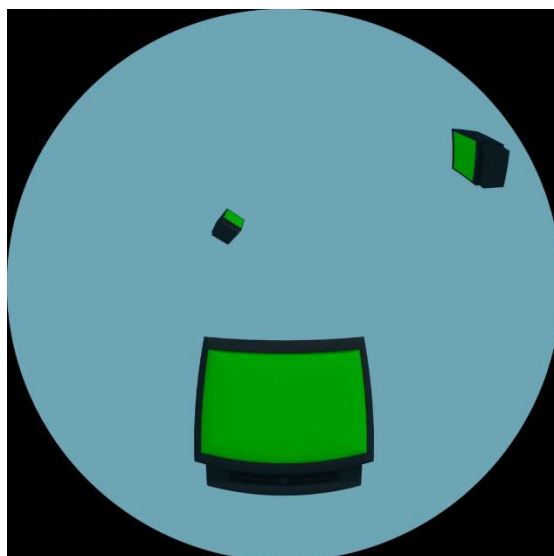


Figura 54 - Ecrã da televisão focada no parte em cima do *Hemispherium*



Figuras 55 - Imagem do vídeo do teste das televisões com cores



Figuras 56 - Ecrã da televisão focada no parte em frente do *Hemispherium*

## 6.2.2 Conteúdos e Narrativa

Depois de realizar os testes e pesquisar sobre temas que se encaixam com os conteúdos do Exploratório, decidimos fazer uma animação 3D sobre os animais do Período Câmbrico. Estas criaturas pré-históricas apresentavam características interessantes e bizarras. E como estes animais se situavam no fundo do mar pré-histórico, é possível criar uma experiência impactante para se visualizar na cúpula. O objetivo desta animação é informar aos espectadores características sobre estes animais, de uma forma apelativa e divertida. Foi finalmente decidido que o nome deste filme seria “Animais do Câmbrico”. Com este tema em mente, começamos a pensar em algumas características do filme.

Para o estilo visual da animação, decidimos não fazer algo muito detalhado e realista, porque não se encaixava na finalidade do projeto. Foi desenvolvido um estilo visual simples nos animais e mais apelativo para o público infantil e juvenil, mas com um cenário complexo. Finalmente, chegamos a um estilo visual satisfatório, inspirado no jogo eletrônico “Spore” (2008) e em filmes da Pixar. As personagens (os animais do Período Câmbrico) terão um aspeto mais caricaturado, com uma anatomia mais simples e com olhos grandes, assim como no “Spore”, e com cores vibrantes (figura 57). Estas criaturas irão situar-se num mundo mais detalhado e realista, criando um contraste entre cenário e animais (assim como em alguns filmes da Pixar, que apresentam paisagens fotorrealistas, mas usando personagens com proporções de desenho animado) (figura 58). Apesar de serem utilizados modelos relativamente simples, pretendemos mostrar complexidade na animação e na população do cenário.

Durante o processo de alguns testes, também surgiu a ideia de utilizar a técnica de Cel Shading em conjunto com o estilo anteriormente mencionado (figuras 59 e 60). Esta ideia foi descartada devido a não chegarmos a um resultado totalmente satisfatório e por problemas técnicos para utilizar este recurso no programa Blender.

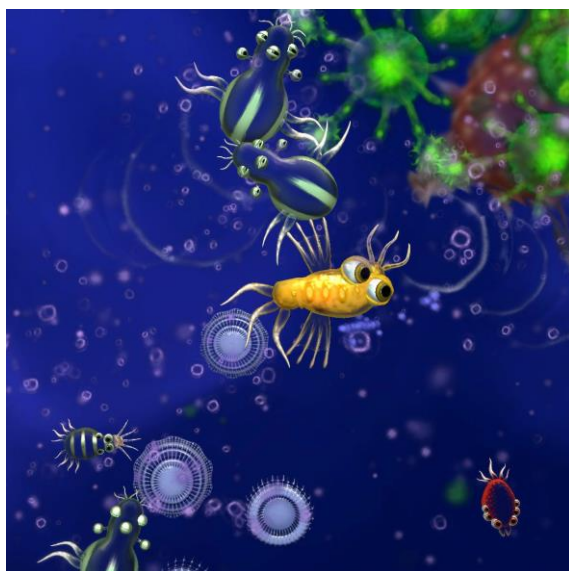
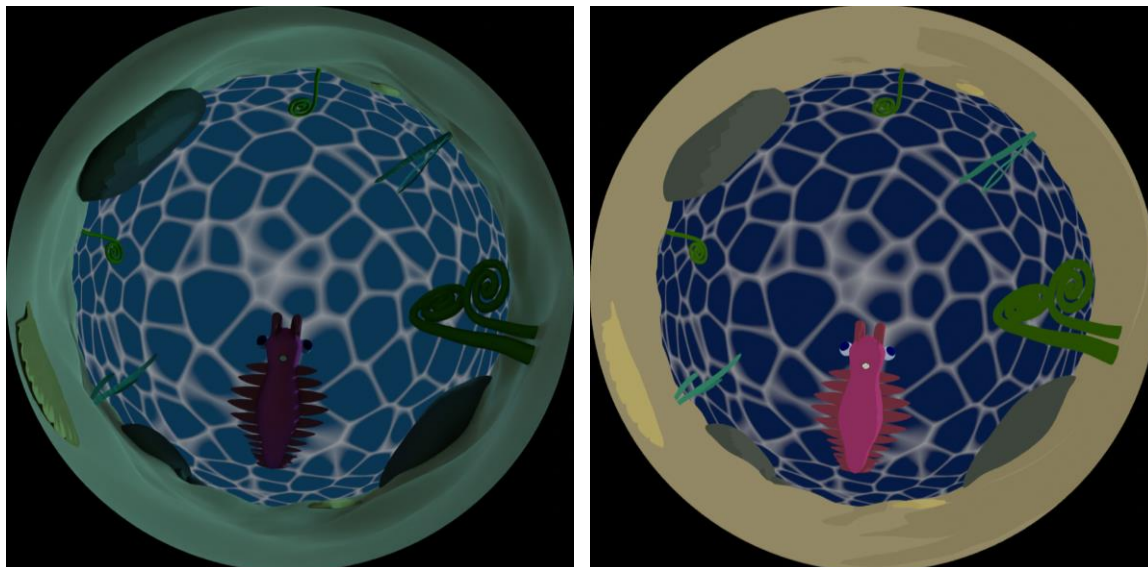


Figura 57 - Imagem do jogo eletrônico “Spore” (2008) (imagem retirada de <https://www.rockpapershotgun.com/spore-cell-phase-trailer-screenshots>)



Figura 58 - Imagem de um filme recente da Pixar “Toy Story 4” (imagem retirada de <https://nofilmschool.com/toy-story-4-pixar-cinematography>)





Figuras 59 e 60 - Testes do estilo Cel Shading

Como o foco principal desta animação são os animais pré-históricos do período Câmbrico (a era em que apareceram diversos animais dos mais antigos do planeta), estes foram a primeira parte a ser trabalhada. Começamos por escolher os animais que iriam aparecer no filme, de modo a mostrar a grande diversidade de organismos com características únicas e bizarras deste período.

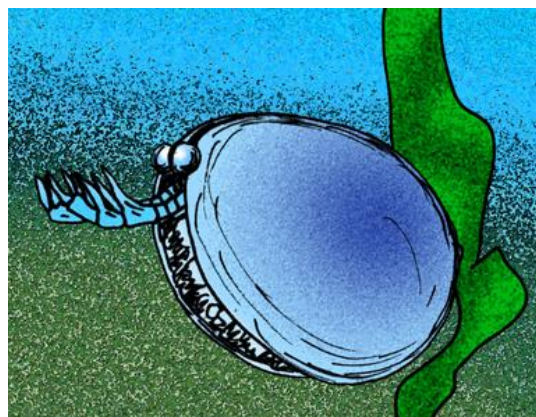
Como este trabalho tem o objetivo de mostrar como estes animais eram no passado, foi feita uma lista de algumas características e do comportamento de todas as criaturas (gráfico 1), de maneira a fazer as suas animações e ações o mais fielmente possível, de acordo com estudos científicos. Inicialmente foram escolhidos 9 animais, mas por motivos de limitações de tempo, a escolha foi reduzida para 4, que foram escolhidos devido às diferentes escalas entre os animais. A lista das características também ajudou na escolha final dos animais. Acabaram por ser escolhidas as seguintes criaturas: “Anomalocaris” (figura 61), “Opabinia” (figura 62), “Occacaris” (figura 63) e “Forfexicaris” (figura 64).



Figura 61 - Ilustração do Anomalocaris (imagem retirada de pt.wikipedia.org/wiki/Anomalocaris)



Figura 62 - Ilustração do Opabinia (imagem retirada de pt.wikipedia.org/wiki/Opabinia)



de Figura 64 - Ilustração do Forfexicaris (imagem retirada de pt.wikipedia.org/wiki/Forfexicaris)

Figura 63 - Ilustração do Occacaris (imagem retirada de pt.wikipedia.org/wiki/Forfexicaris)

Período temporal	Animal (Gênero)	Família	Ordem	Classe	Filo	Reino	Tamanho	Alimentação	Movimentação	Características
Câmbrico Inferior a Câmbrico Médio	Anomalocaris	Anomalocarididae	Radiodonta	Dinocaridida	Arthropoda	Animalia	60-100 cm	Carnívoro (maior predador dos mares no Câmbrico)	Usava as suas "barbatanas" laterais para nadar	Ótima visão para localizar a presa; Membros à frente (par de apêndices flexíveis e gigantes) usados para agarrar as presas; Estrutura particular de boca articulada (semelhante a uma rodela de ananás sem a parte central) forrada de ganchos.
Câmbrico Médio	Opabinia	Opabiniidae	Radiodonta	Dinocaridida	Arthropoda	Animalia	4-7 cm	Carnívoro. Boca localizada debaixo da cabeça, atrás da probóscide e apontada para trás. Acredita-se que coletava alimentos com a probóscide e levava-os à boca que não deveria ter dentes.	Também usava as suas "barbatanas" laterais para nadar; Movia-se no fundo do mar usando a estrutura bucal para agitar o sedimento e agarrar com as suas garras as presas escondidas.	5 olhos; O seu membro com uma garra na ponta; Cauda dupla em forma de V; Cabeça com 5 olhos e uma probóscide (focinho alongado/tromba) longa com uma estrutura em forma de garra na ponta.
Câmbrico Médio	Occacaris	Occacarididae	Pectocaridida	Megacheira	Arthropoda	Animalia	~1,5 cm comprimento	Carnívoro	Várias pequenas pernas	Carapaça bivalve que quase cobria a totalidade do corpo; Dois grandes apêndices com espinhos voltados para capturar pequenas presas ou pedaços de matéria orgânica; Os espinhos dos grandes apêndices são pares, o que os diferencia de Forfexicaris; Duas antenas.
Câmbrico Inferior	Forfexicaris	Forfexicarididae	Pectocaridida	Megacheira	Arthropoda	Animalia	~1,5 cm largura e 1,3 cm de altura	Carnívoro	Várias pequenas pernas	Carapaça bivalve; Duas garras; Um par de olhos salientes e um par de apêndices semelhantes aos de Occacaris; Este pode ser introduzido com o



											Occacaris, devido às suas semelhanças.
Câmbrico Inferior a Câmbrico Médio	Hallucigenia	Hallucishaniidae	Hallucishaniids	Xenoturbellida	Arthropoda ou Lobopodia	Animalia	0,5-5,5 cm	Detritívoro ou filtrador	7 a 8 pares "pernas" com 1 a 2 garras	- 2 a 3 pares de "braços"; - 7 pares de espinhos.	
Câmbrico Inferior a Permiano Superior	Trilobite			Trilobita	Arthropoda	Animalia	3-10 cm (dependendo da espécie, o tamanho pode variar entre 1 mm a 60 cm)	Detritívoro, filtrador ou carnívoro	2 a 16 pares de "pernas"	Olhos complexos (sentido da visão era extremamente apurado); Carapaça - Exoesqueleto com segmentos articulados; Corpos achatados, segmentados e revestidos que ajudavam a protegê-los dos predadores; São os fósseis mais comuns e mais conhecidos do Câmbrico (80 a 90% dos fósseis), dominavam os mares nesse período - mais de 17 000 espécies conhecidas;	
Câmbrico Inferior a Câmbrico Médio	Wiwaxia	Wiwaxiidae			Mollusca	Animalia	1-5 cm	Omnívoro	Move-se como uma lesma. Rastejante e espinhoso do fundo escamoso, pode ter sido um dos parentes dos moluscos ou anelídeos.	- Rodeado de escalas e espinhos que os protege de predadores, 2 fileiras de 7 a 11 espinhos.	
Câmbrico Superior	Cambropachycope				Arthropoda	Animalia	~1,5 mm	Carnívoro (provavelmente predador)	8 pernas (6 com "pelos sensíveis" e 2 para nadar (como se fossem remos))	Um único olho grande e composto, com muitas lentes. Cabeça pontiagura na parte de trás (como um capacete de ciclista!) Cabeça com 4 pares de apêndices, funcionando o primeiro par como antenas. Boca abre-se na superfície ventral à frente do 2º par de apêndices. Abdômen com 4 segmentos.	
Câmbrico Inferior a Câmbrico Médio	Pikaia	Pikaiidae			Chordata	Animalia	Máximo de 5 cm de comprimento	Filtrador. Boca circular pequena usada para comer pequenas partículas de comida.		Ancestral comum de todos os vertebrados; Primeiro cordado conhecido; Criatura semelhante a verme que nadava no mar; Apresentava vestígios de uma espinha dorsal primitiva, um passo na evolução dos vertebrados; Cabeça pequena com dois olhos grandes e dois tentáculos. Corpo revestido por uma cutícula de proteína, sem exoesqueleto, sendo por isso o corpo macio.	

Gráfico 1 - Lista das características dos animais

Com estas informações, decidimos como cada tipo de animal se iria comportar nesta animação, desenvolvendo uma narrativa para a animação de modo a mostrar as características principais e os comportamentos típicos de cada animal. Desta forma, os Anomalocaris iriam nadar principalmente por cima enquanto observavam o que acontecia por baixo deles (um comportamento que tem afinidades com uma águia, que também é um predador que possui uma excelente visão). Os mesmos podem ser vistos a carregar alguma presa usando os seus membros ou a dormir. Os Opabinia podem ser vistos a carregar algo nas suas garras, a comer com a ajuda do seu membro ou à procura de presas. Os Occacaris vão mover-se mais próximos ao chão e usam as suas garras para procurar matéria orgânica na areia. Como os Forfexicaris são muito parecidos aos Occacaris, decidimos dar-lhes um comportamento singular, para os diferenciar. Eles também irão nadar no fundo do mar, mas serão mais medrosos, escondendo-se na sua carapaça e na areia, caso se sintam em perigo. Ao contrário dos Occacaris, a simplicidade dos corpos dos Forfexicaris facilitam a proteção nas suas carapaças.

No sentido de construir uma organização visual e espacial interessante, decidimos apresentar os animais no filme por ordem crescente de tamanhos. Começando por mostrar os animais mais pequenos, o Occacaris e o Forfexicaris, mudando para o Opabinia e acabando no maior, o Anomalocaris. O cenário também muda dependendo dos animais que estamos a ver. A câmara começa no fundo do mar, com uma pequena escala (logo os objetos do cenário parecem gigantes), de maneira a ver o Occacaris e o Forfexicaris que têm 1,5 cm de altura. Quando vemos o Opabinia, a câmara sobe, sendo possível ver mais desta área ao longe, revelando uma maior profundidade. Ao aparecer o Anomalocaris, a câmara acompanha este animal, permitindo observar o cenário a partir de ângulos diferentes.

Em relação ao que irá acontecer durante a animação, os animais irão comportar-se naturalmente no cenário de maneira a mostrar as suas particularidades. Como todos os animais apresentados são carnívoros, decidimos criar um pedaço de carne apresentando de forma simbólica a dieta dos Occacaris, Forfexicaris e Opabinia, tornando a história menos violenta. Deste modo não é preciso mostrar um predador a comer outro animal vivo, mas ainda é mostrado como estes atacavam. O Anomalocaris também se alimenta de um outro pedaço de carne (até com uma cor diferente por ser parte de uma outra criatura). Este aspeto é necessário pois o primeiro pedaço de carne é muito pequeno comparado com o Anomalocaris.

Quando vemos um animal pela primeira vez, será feita uma “pausa” no cenário que estamos a ver e mudamos para um espaço que apresenta algumas das características sobre esta criatura. As características apresentadas durante este espaço são: o nome, a classificação científica, o tamanho (com comparações) e a sua alimentação. Outras particularidades (como a sua movimentação, como é que comia ou outras características únicas) são mostradas no cenário aquático enquanto o animal age de maneira a estas serem notadas.

Estas criaturas também irão interagir entre si, coexistindo, caçando ou disputando por comida. Através dessa interação com o animal que acabou de aparecer, as outras criaturas ausentam-se, permitindo mudar o foco para o novo animal.

O filme terá uma narração durante a sua exibição, principalmente durante estas explicações. Escrevemos num documento todas as falas que irão aparecer e em que tempo, em conjunto com o guião técnico, de modo a facilitar a montagem final. (Figura 65)

Antes de aparecer o cenário debaixo do mar, será feita uma introdução oral sobre o período Câmbrico aos espectadores, enquanto a Terra desta época gira em volta da cúpula. Depois desta explicação, a câmara aproxima-se e entra na Terra e é feita uma transição para o cenário aquático.

Com esta estrutura definida e planeada, fizemos o guião técnico, com todas as cenas e detalhes do filme de animação. (Figura 66)

Nº de cena	Nº de plano	Ângulo/ Perspetiva	Escala do Plano	Movimentos de câmara	Iluminação	Local da ação	Descrição da ação	Tempo aproximado	Pós-Produção
1	1	360º	Plano geral	(sem movimento)	Sol	Espaço	A Terra do período Câmbrico gira em volta da câmara, no Espaço. O narrador explica sobre este período.	40s / 960f	-
1	2	360º	Close-up	Zoom-In	Sol	Espaço	A câmara aproxima-se da Terra, como se fosse a entrar nela.	2s / 48f	Utilizar um efeito no final para a mudança de cenário.
2	1	360º	Plano geral	A descer	Natural	Cenário Aquático (Versão Pequena)	A câmara encontra-se no Cenário Aquático, enquanto desce para o fundo.	8s / 192f	Começar com o mesmo efeito.
3	1	360º	Plano aproximado	(sem movimento)	Natural	Fundo do Mar (Versão Pequena)	A câmara encontra-se no Fundo do Mar do Cenário Aquático.	-	-
3	2	360º	Plano aproximado	(sem movimento)	Natural	Fundo do Mar (Versão Pequena)	A câmara encontra-se no Fundo do Mar do Cenário Aquático. Podemos observar alguns animais a vaguear no fundo do cenário.	6s / 144f	-
3	3	360º	Plano aproximado	Pequenos movimentos para ajustar-se aos animais (quase sem movimento)	Natural	Fundo do Mar (Versão Pequena)	Entram na cena os dois primeiros animais, Forfexicaris e Occacaris, um a seguir ao outro. São "analisados" e mudamos de cena.	20s / 480f	-
4	1	360º	Plano geral	(sem movimento)	Natural	Cenário azul de análise	São apresentadas algumas características do Forfexicaris e do Occacaris (ao mesmo tempo ou um de cada vez?). Estes estão a rodar em volta da cúpula.	40s / 960f	-
5	1	360º	Plano aproximado	Pequenos movimentos para ajustar-se aos animais (quase sem movimento)	Natural	Fundo do Mar (Versão Pequena)	Voltamos ao cenário anterior, onde vemos os animais a nadar e a comer.	10s / 240f	-

Figura 65 - Porção do Guião Técnico

#### 8 Narração do Forfexicaris no cenário:

O Forfexicaris parece ser mais simples que o Occacaris, pois não possui nem cauda, nem antenas.

(Um Forfexicaris aparece a carregar um pedaço de carne)

Estes animais utilizavam as suas garras curvas e afiadas para capturar ou coletar alimentos. Como podemos ver, um dos Forfexicaris carrega um grande pedaço de carne nos seus "braços". Um pedaço provavelmente grande demais, só para ele.

#### 9 Narração quando aparece um Opabinia:

Outro animal aproxima-se sorrateiramente. O que tenciona ele fazer?

(O Opabinia ataca rapidamente um dos Forfexicaris ocupado com o pedaço de carne)

Já era previsível que isto iria acontecer... Felizmente, os Forfexicaris e Occacaris possuem uma concha que protege os dois lados do corpo e na qual se podem esconder.

Mas quem é este estranho animal violento?

#### 10 Narração das características do Opabinia:

Este animal tinha o nome de Opabinia (*Opabinia regalis*) e era um artrópode.

O seu comprimento podia variar entre 4 a 7 centímetros.

Também era carnívoro e tinha a sua boca localizada debaixo da cabeça, atrás da probóscide (ou focinho alongado ou tromba) e apontada para trás.

Figura 66 - Porção do texto da narração

Com a narrativa definida foi também feito um storyboard “esquemático” com a indicação dos caminhos por onde cada animal vai passar e onde estão os pedaços de carne (Figuras 67, 68, 69, 70 e 71). Estas imagens foram criadas por cima do cenário concluído, sendo usadas para visualização, para conceção da ação e também numa fase seguinte para facilitar a conversão destes caminhos para os percursos reais no programa Blender. O tipo de animal é representado pela cor, os círculos roxos são os Occacaris, os azuis são os Forfexicaris, o verde é o Opabinia e o rosa escuro é o Anomalocaris. O círculo rosa claro simboliza um pedaço de carne. O quadrado na área central da imagem representa a câmara do filme.



Figura 67 - Caminho dos animais



Figura 68 - Caminho dos animais



Figura 69 - Caminho dos animais



Figura 70 - Caminho dos animais



Figura 71 - Caminho dos animais

## 6.3 Produção

Nos seguintes capítulos, será abordado o trabalho feito para a concretização do filme de animação “Animais do Câmbrio”.

### 6.3.1 Modelação e Composição

A modelação necessária para o desenvolvimento da animação incide sobre dois elementos principais: o conjunto selecionado de animais a representar e o cenário que irão habitar.

#### 6.3.1.1 Animais



A modelação dos animais foi realizada através do programa Blender. Os modelos foram feitos seguindo o estilo visual que estava em mente, exagerando nos seus olhos e nas cores vibrantes. (figuras 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78 e 79). Para ajudar a manter as aparências fiéis às anatomias reais dos animais nos seus períodos de existência, algumas ilustrações foram usadas como base durante a modelação.

O modelo de cada animal está dividido em várias partes, de modo a facilitar a animação de certos membros.

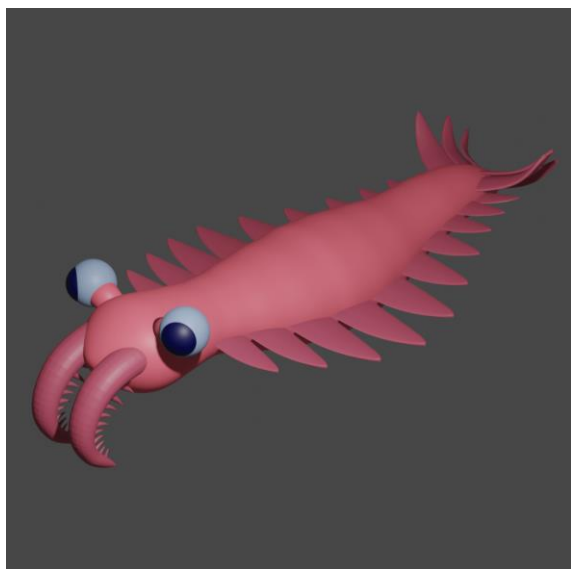


Figura 72 - Modelo 3D do animal Anomalocaris



Figura 73 - Modelo 3D em wireframes do animal Anomalocaris



Figura 74 - Modelo 3D do animal Opabinia



Figura 75 - Modelo 3D em wireframes do animal Opabinia





Figura 76 - Modelo 3D do animal Occacaris

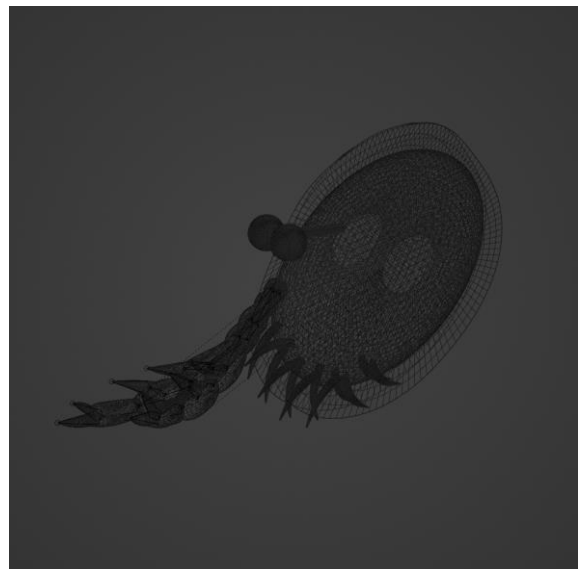


Figura 77 - Modelo 3D em wireframes do animal Occacaris



Figura 78 - Modelo 3D do animal Forfexicaris

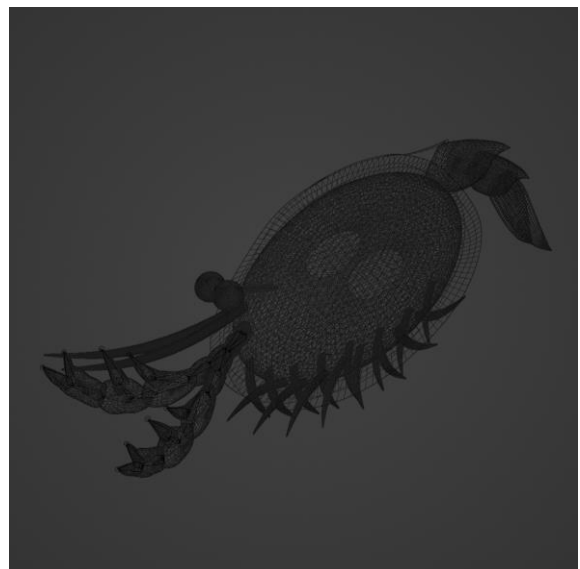


Figura 79 - Modelo 3D em wireframes do animal Forfexicaris

### 6.3.1.2 - Cenário

Para o cenário onde as criaturas vão vaguear, utilizamos um tom visual mais escuro e realista para dar a sensação de estar no fundo do mar. Os objetos usados para decorar este espaço foram algas, pedras, conchas e plantas, que fariam sentido num lugar deste período pré-histórico.

Nas partes iniciais do trabalho, este cenário era apenas um “buraco” na areia com alguns objetos marinhos na qual os animais iam aparecendo e saindo conforme a duração do filme (figuras 80 e 81). A ideia de ter este “buraco” foi para que os espectadores conseguissem ver esse cenário em todo o redor, já que se a camada de areia fosse completamente plana, este não seria visível (figuras 82 e 83), pois a abertura da câmara é de 180°.

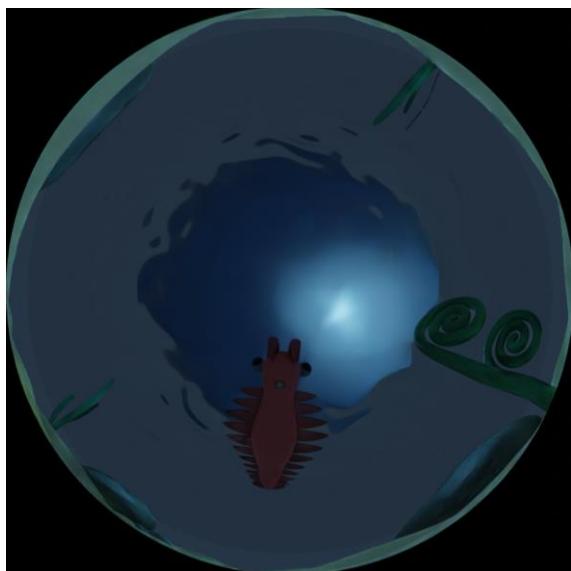


Figura 80 - Cenário sem o “buraco” com a abertura da câmara em 180°.



Figura 81 - Cenário sem o “buraco”

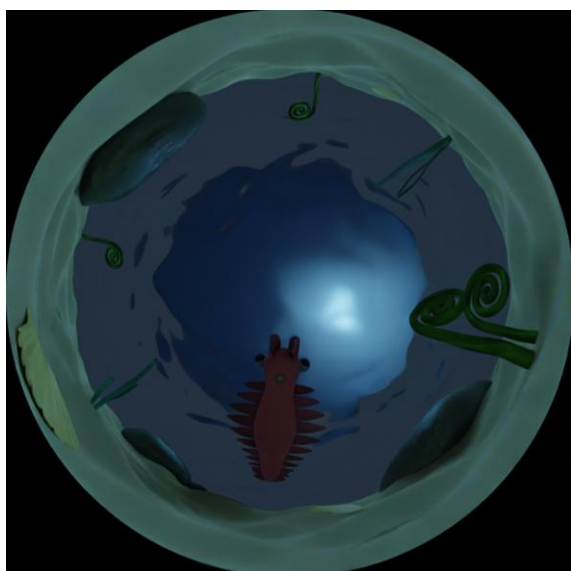


Figura 82 - Cenário com o “buraco” com a abertura da câmara em 180°



Figura 83 - Cenário com o “buraco”

Depois, foi criado um cenário maior e mais complexo com os mesmos objetos simples. Quando esse espaço foi feito, a ideia ainda era manter um estilo mais simples no cenário.

Na iteração final, este cenário está mais realista e mais populado, com uma maior quantidade de objetos marinhos e com campos de areia mais variados no horizonte (figuras 84 e 85). O cenário apresenta objetos mais altos, como as rochas, de maneira a realçar os tamanhos diferentes dos animais e a profundidade deste lugar. Alguns dos objetos marinhos foram retirados

de um site de modelos gratuitos SketchFab ("Underwater environment" (<https://skfb.ly/6tAqQ>) by Conrad Justin is licensed under Creative Commons Attribution) para ajudar na criação de um espaço mais rico visualmente. Estes objetos foram espalhados em determinadas áreas, principalmente perto da câmara da visão do espectador. Outros modelos também foram usados para a informação de animais, como o mirtilo e a maçã usada na comparação de tamanhos.

A abertura da câmara também foi aumentada de 180° para 200°. Assim o campo de visão não só aumenta, como é possível melhorar a visualização do que está próximo da câmara (figuras 86 e 87) criando uma maior sensação de profundidade.



Figuras 84 e 85 - Imagens do cenário atual visto de outros ângulos



Figura 86 - Cenário atual com a abertura da câmara em 200°

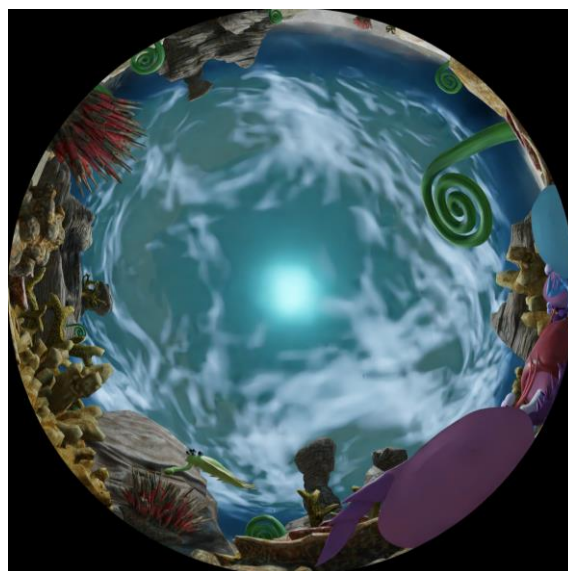


Figura 87 - Cenário inicial com a abertura da câmara em 180°

## 6.3.2 Animação

Nos primeiros testes, as animações dos animais eram feitas movendo apenas os seus membros (que estão separados em partes) utilizando rotações e deslocamentos. Apesar de conseguir bons resultados, a utilização de apenas este tipo de animação seria bastante limitadora. Logo, para

criar animações mais complexas e realistas, foi-me proposto usar a técnica de rigging 3D nos modelos das criaturas.

Usando o rigging, foram construídos os “esqueletos” para cada animal. Os ossos do esqueleto do Anomalocaris foram posicionados ao longo do seu corpo (perto das barbatanas), para ser bastante flexível, e na região da cabeça, para poder mover as suas garras, boca e olhos. (Figura 88)

O esqueleto do Opabinia é semelhante ao do Anomalocaris na região das barbatanas. Na face, possui ossos na probóscide (focinho alongado/tromba) e na garra na ponta, de maneira a poder agarrar objetos com mais liberdade. (Figura 89)

O Occacaris e o Forfexicaris têm apenas esqueletos nos seus braços, pois são os únicos membros nestes animais que necessitam de movimentos mais complexos. (Figuras 90 e 91)

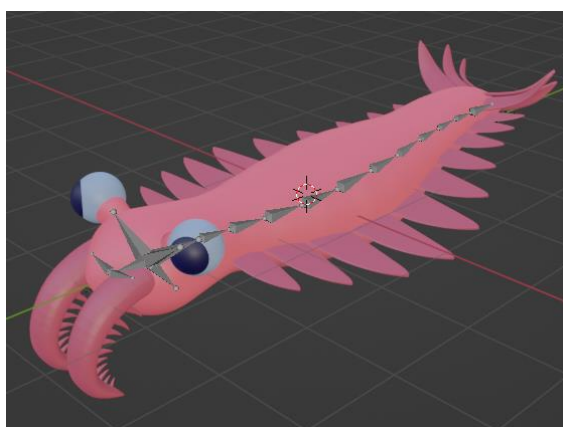


Figura 88 - Rigging no modelo do Anomalocaris

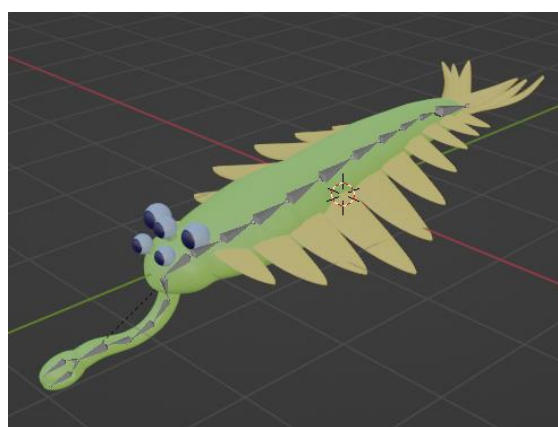


Figura 89 - Rigging no modelo do Opabinia

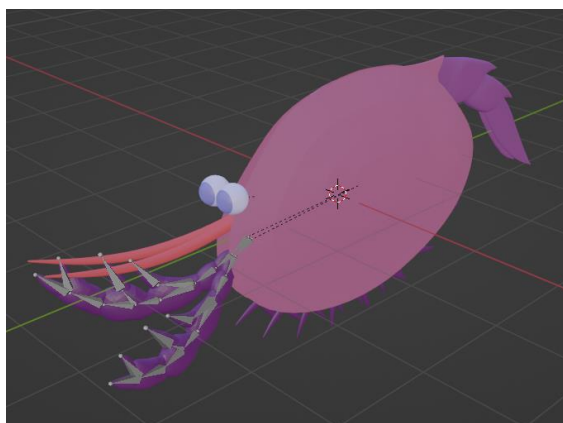


Figura 91 - Rigging no modelo do Forfexicaris

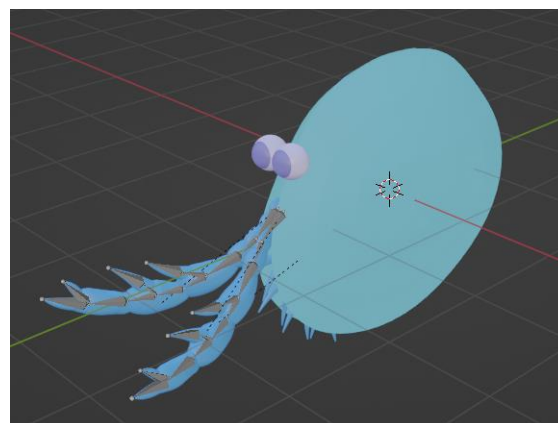


Figura 90 - Rigging no modelo do Occacaris

Para a criação da animação de movimento dos animais Anomalocaris e Opabinia, os ossos do seu corpo são movidos para cima e para baixo alternadamente, criando um efeito de “onda” na sua deslocação. Em conjunto com a animação do corpo, as barbatanas também se movem para cima



e para baixo, que estão separadas do esqueleto. No Opabinia, para tornar a animação de movimento mais realista, a sua probóscide mexe-se levemente para ambos os lados.

Para a animação de movimento dos Occacaris e Forfexicaris, cada uma das suas patas rodam em “loop”, num certo intervalo, para frente e para trás, como se estivessem a usar estas pernas para deslocarem-se na areia. É também usado rigging nos seus braços, que movem-se para cima e baixo, enquanto este se desloca. No Occacaris, as suas antenas balançam minimamente.

Durante a movimentação de alguns animais, ocasionalmente, estes também mexem os seus olhos, como se estivessem a observar ao seu redor. Estas pequenas animações, embora parecerem insignificantes, ajudam a tornar a animação mais viva e realista, e menos “robótica”.

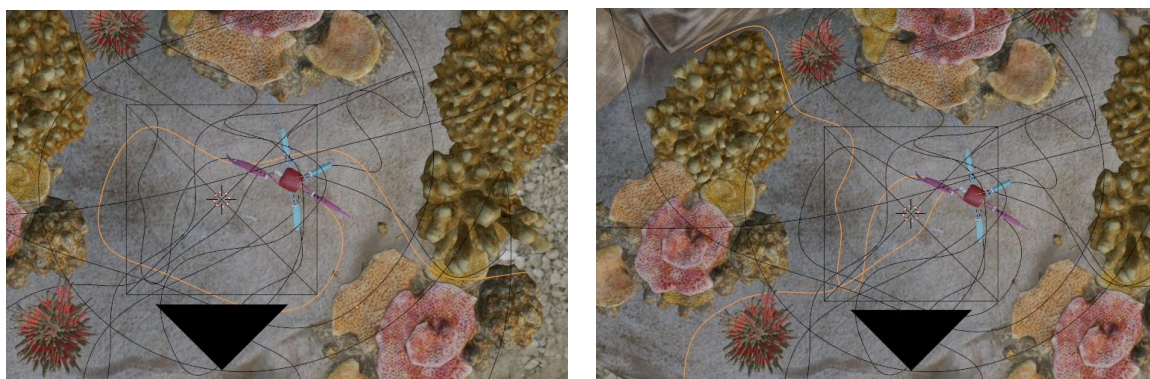
Para dar ênfase às características predatórias das criaturas Anomalocaris e Opabinia, estes mudam a aparência dos seus olhos (diminuindo a escala da pupila), quando estão prestes a caçar algo. Objetos que estão separados dos esqueletos dos animais, como olhos, barbatanas e patas, são animados mudando as suas escalas, rotações ou posições, em determinados tempos.

Na animação dos animais também fazemos uso dos 12 Princípios Básicos da Animação, como o “Squash and Stretch” e “Antecipação”, para dar ênfase e exagerar um pouco certas ações. Um exemplo disto está na parte em que o Opabinia ataca um Forfexicaris. Mesmo antes do ataque acontecer podemos ver as barbatanas do Opabinia a moverem-se rapidamente, como se estivesse a preparar para avançar (Antecipação). Quando acontece o ataque, para realçar a velocidade do Opabinia, certas partes do corpo e da probóscide são levemente esticadas, usando os ossos do esqueleto (Squash and Stretch).

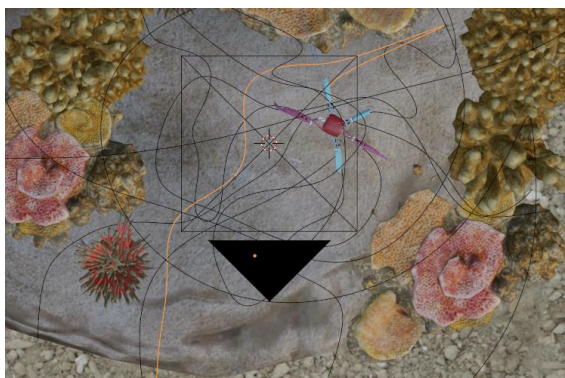
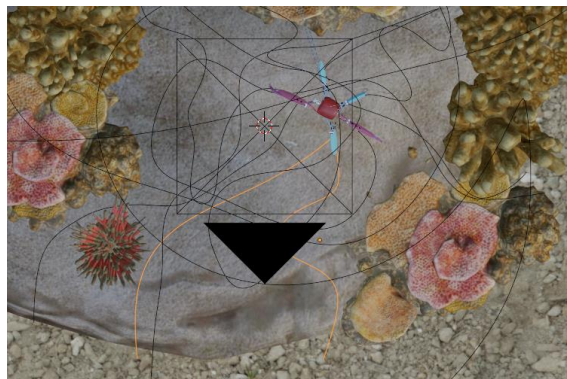
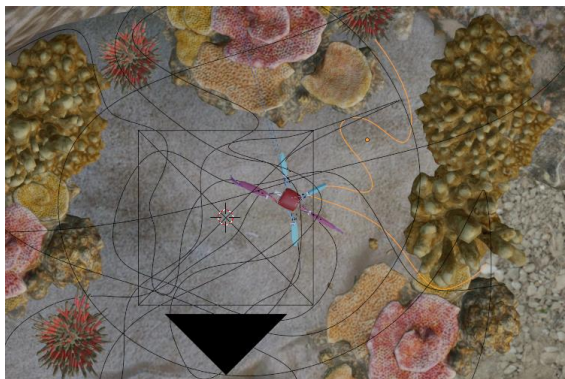
Deste modo, o público consegue estender com maior clareza o que o animal pretende fazer. Mesmo assim, mantenho a anatomia e a essência da criatura, para que esta não haja de maneira estranha ou desnatural.

Como mencionado anteriormente (capítulo 6.2.2 Conteúdos e Narrativa), os animais percorrem os caminhos criados no storyboard “esquemático” (Figuras 92, 93, 94, 95 e 96). Estes caminhos foram implementados no modelo do cenário final e são invisíveis durante a renderização do filme. Através da funcionalidade “Follow Path” do programa Blender, os modelos das criaturas seguem o percurso dessas linhas. Utilizando keyframing, os animais percorrem estes caminhos durante os seus determinados tempos, enquanto usam a sua determinada animação de movimento. (Figuras 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103)

Durante o filme, a câmara ocasionalmente move-se até determinados lugares de maneira a acompanhar os animais. Ao contrário dos animais, a câmara não tem um caminho, apenas desloca-se de um ponto do cenário para outro, mudando a sua posição e rotação.



Figuras 97 e 98 - Caminhos dos Occacaris



Figuras 99, 100 e 101 - Caminhos dos Forficaris



Figura 102 - Caminho do Opabinia



Figura 103 - Caminho do Anomalocaris



### 6.3.3 Texturização

Tendo em conta as características visuais propostas para a animação, diferentes texturas foram desenvolvidas. Como referido anteriormente, alguns dos objetos utilizados são modelos já feitos de um site, e estes modelos também possuem as suas referidas texturas. Essas texturas correspondem à ideia de ter um cenário mais realista, logo os outros objetos criados também têm texturas com o mesmo estilo visual.

Dada a sua relevância na definição geral do espaço da ação, particular interesse foi dado à textura da água e da superfície do mar.

Considerando os exemplos anteriormente analisados e após vários testes (figuras 104 e 105), a superfície do mar possui uma textura animada para simular o movimento das ondas assim como as respetivas perturbações na luz. Este efeito foi realizado para poupar significativamente os tempos de renderização necessários para efeitos mais fotorealistas de simulação de iluminação. Esta textura tem também alguma transparência, deixando ver uma imagem desfocada do sol e também reflete um pouco do cenário (figura 106 e 107). Conseguimos ainda fazer uma luz de raios de sol animada que ilumina alguns dos objetos mais ao longo do cenário, incluindo a areia e alguns objetos marinhos. Para conseguir este efeito, esta luz é sobreposta no topo da própria textura dos vários modelos.

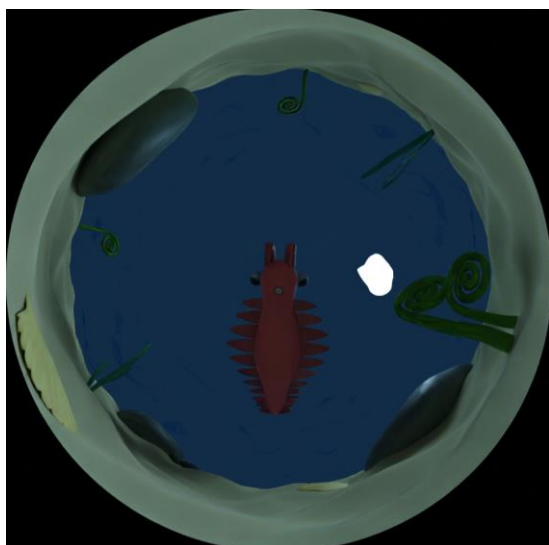


Figura 104 - Teste da textura da superfície da água

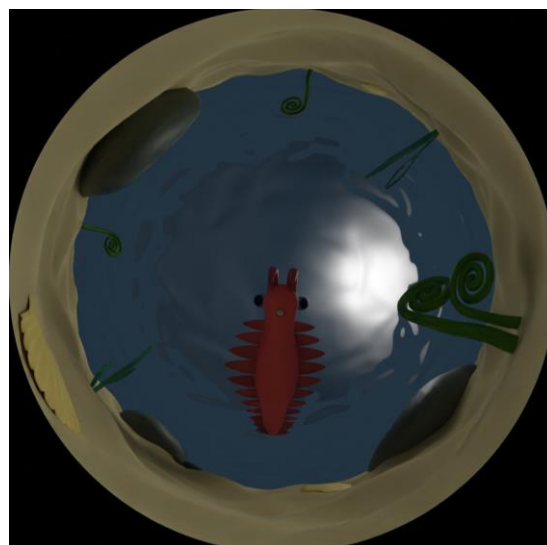


Figura 105 - Teste da textura da superfície da água

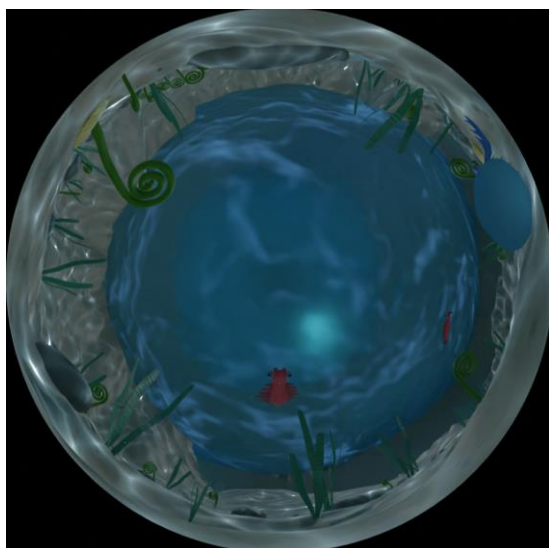


Figura 106 - Texturas no cenário anterior



Figura 107 - Texturas no cenário atual

### 6.3.4 Design de Som

O design de som realizado para a animação produzida limitou-se a dois aspetos fundamentais: efeitos auditivos e narração.

Num dos primeiros testes realizados, introduziu-se áudio na animação. Foram utilizados alguns sons de uso gratuito, sem direitos de autor obtidos através do site [freesound.org](https://freesound.org), numa animação que iria usar como teste no planetário, para perceber como seria o resultado. Sons de quê? - efeitos sonoros

Este teste mostrou-se bastante enriquecedor, pois não só tornou imediatamente o ambiente mais imersivo, como também tornou possível a utilização de som stereo no futuro.

Na animação final, optámos por incluir efeitos sonoros durante toda a exibição do filme. Alguns destes sons são do fundo do mar, dos animais a comer, de movimentos rápidos, de passos na areia, dos rugidos dos animais, entre outros. Em algumas partes do filme, o som possui uma certa direção, para a esquerda ou direita (utilizando os canais de áudio), para coincidir com as ações que estão a decorrer. Todos estes novos áudios foram também encontrados no site [freesound.org](https://freesound.org), à exceção da narração.

Depois da escrita da narração, o áudio foi fornecido através da utilização do software de conversão de texto em fala Revoicer, ferramenta profissional para o efeito cujo acesso foi facilitado pela a equipa do Exploratório. O texto que foi convertido para a narração é o documento referido no capítulo anterior (6.2 Pré-Produção).

### 6.3.5 Montagem e Edição

A renderização foi feita pelo motor fornecido pelo programa de modelação e animação 3D, Blender, através dos Render Engine Cycles. A renderização permite calcular todas as iluminações

e efeitos de um frame na animação para uma imagem. Renderizando todos os frames de seguida, é feito um vídeo. Usamos o Cycles, pois é a única que permite renderizar com o efeito de “olho de peixe”. (Figuras 108 e 109)

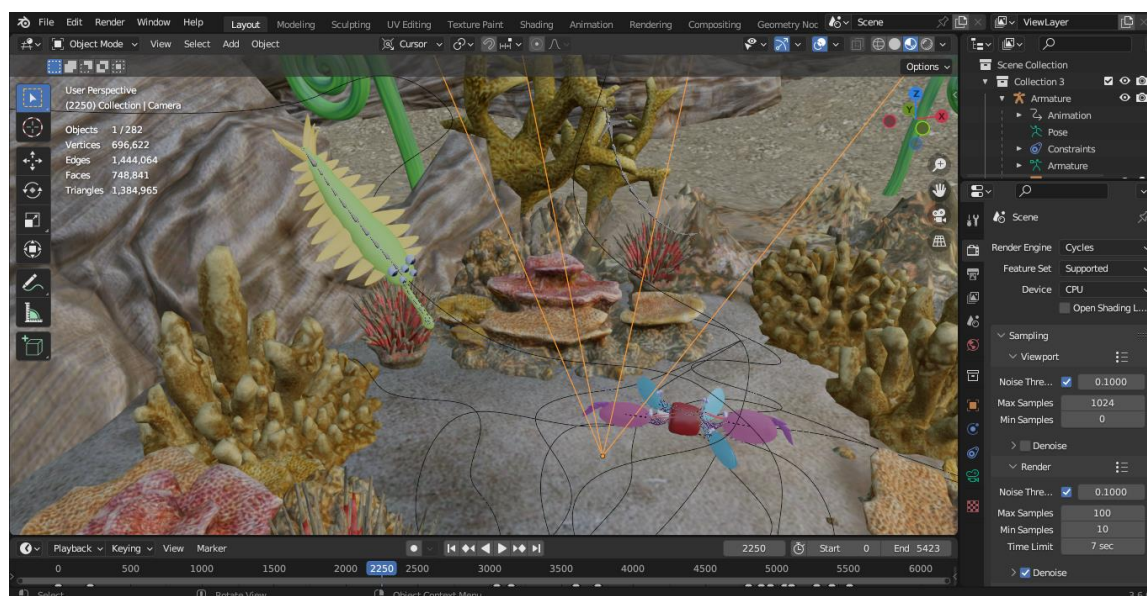


Figura 108 - Programa Blender com Render Engine Cycles

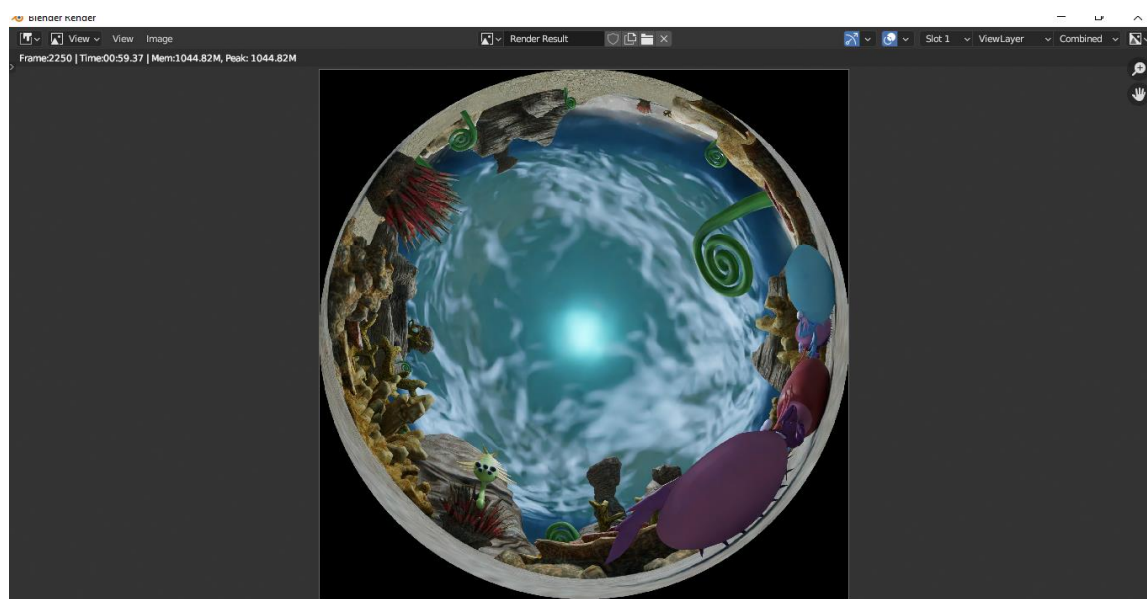


Figura 109 - Renderização de um frame concluída

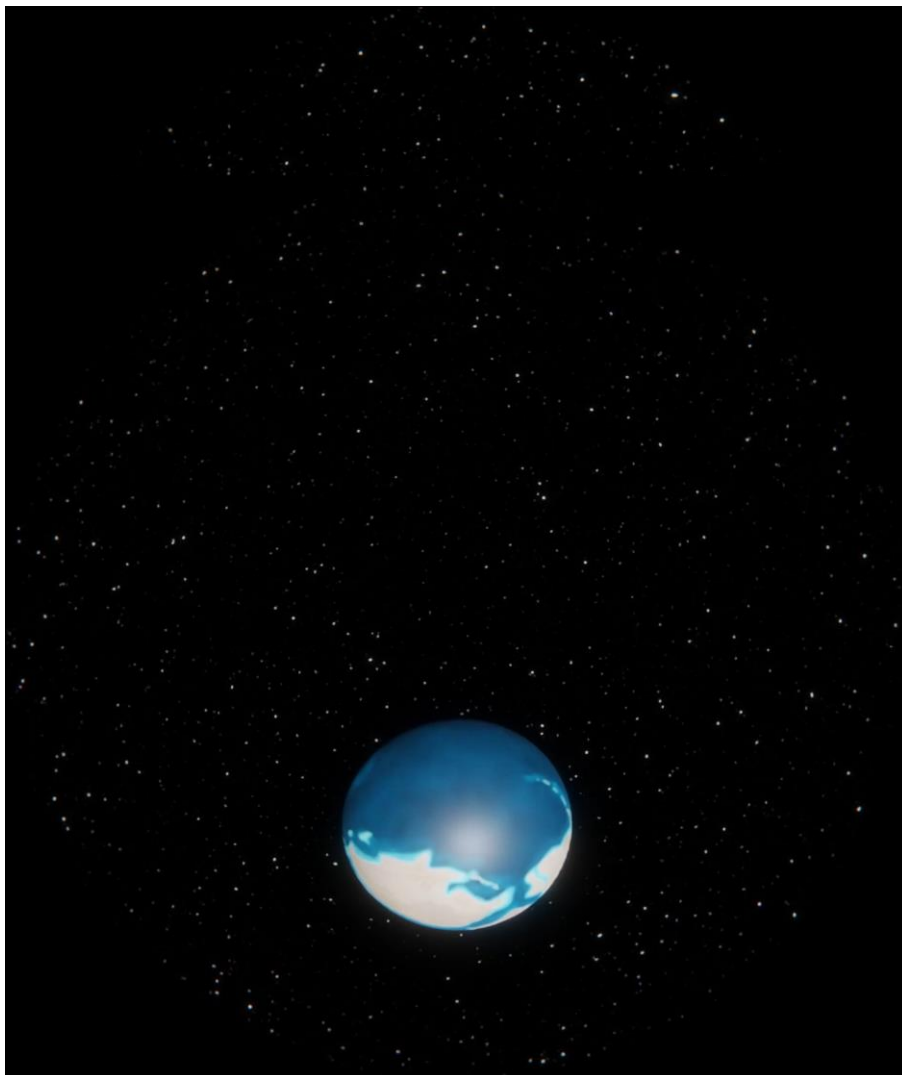
Como foram feitos muitos testes na animação, a renderização destas cenas foi demorada. Para que este processo fosse mais rápido, utilizamos o programa “Flowframes”, que permite a interpolação de frames em vídeos. Assim, no momento da renderização, só foi necessário renderizar os frames de 2 em 2. Depois no Flowframes, foi adicionado um novo frame no meio de cada 2 frames no vídeo. O filme final é apresentado com 24 frames por segundo e tem 8 minutos e 53 segundos de duração. A animação só no cenário aquático possui no total 6900 frames, que corresponde a 4 minutos e 47 segundos. A animação do mundo a girar tem 1680 frames, que são 1 minuto e 10 segundos.

Para a montagem do filme final, utilizamos o programa “Wondershare Filmora”. Este programa permite a edição de vídeos e sons, assim como a utilização de efeitos e transições, que

foram utilizados para combinar as cenas com os sons. As transições de vídeo mais utilizadas neste filme, foi o “fade-in” e o “fade-out”. Já para os efeitos, usamos um desfoque de imagem, um efeito que muda a cor para “preto e branco” e Chroma key, principalmente na parte em que são apresentadas as informações dos animais.

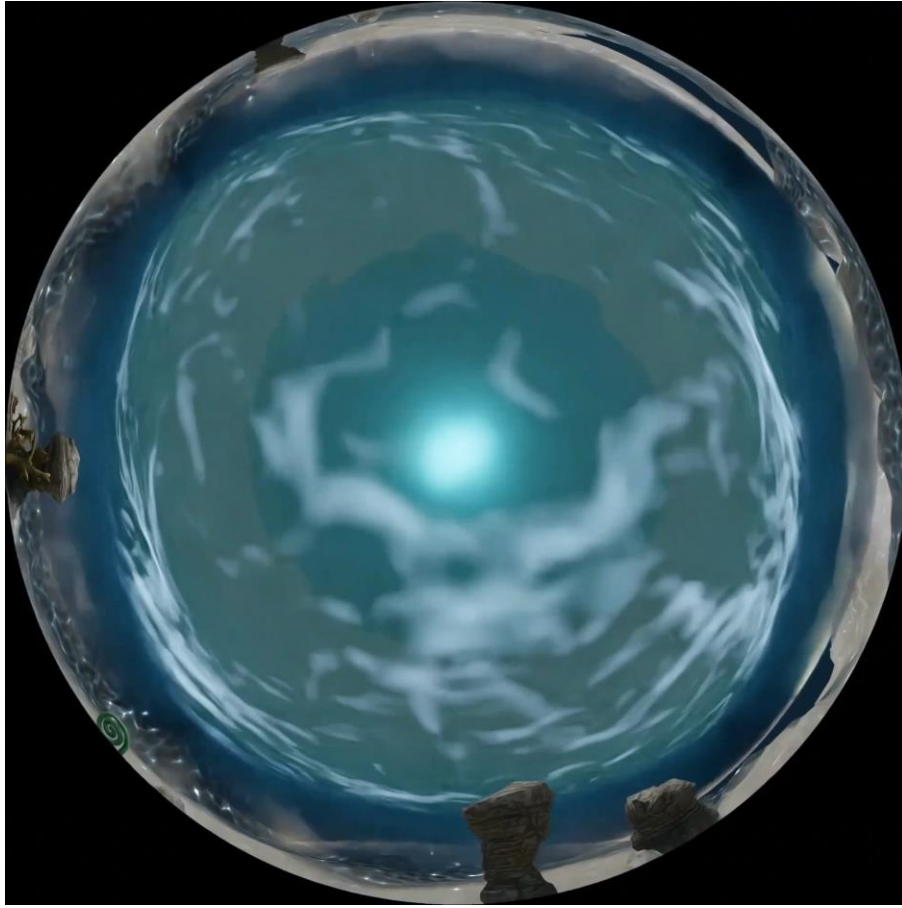
## 6.4 Imagens finais

Neste capítulo, apresentamos algumas imagens do filme final.

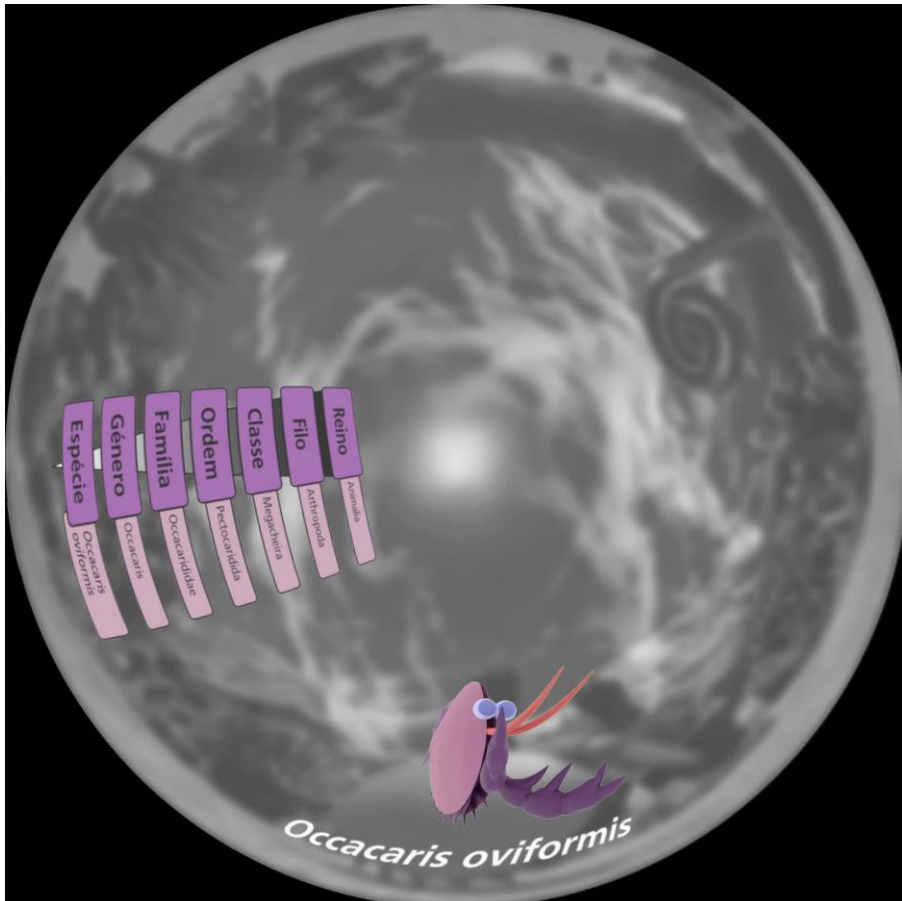


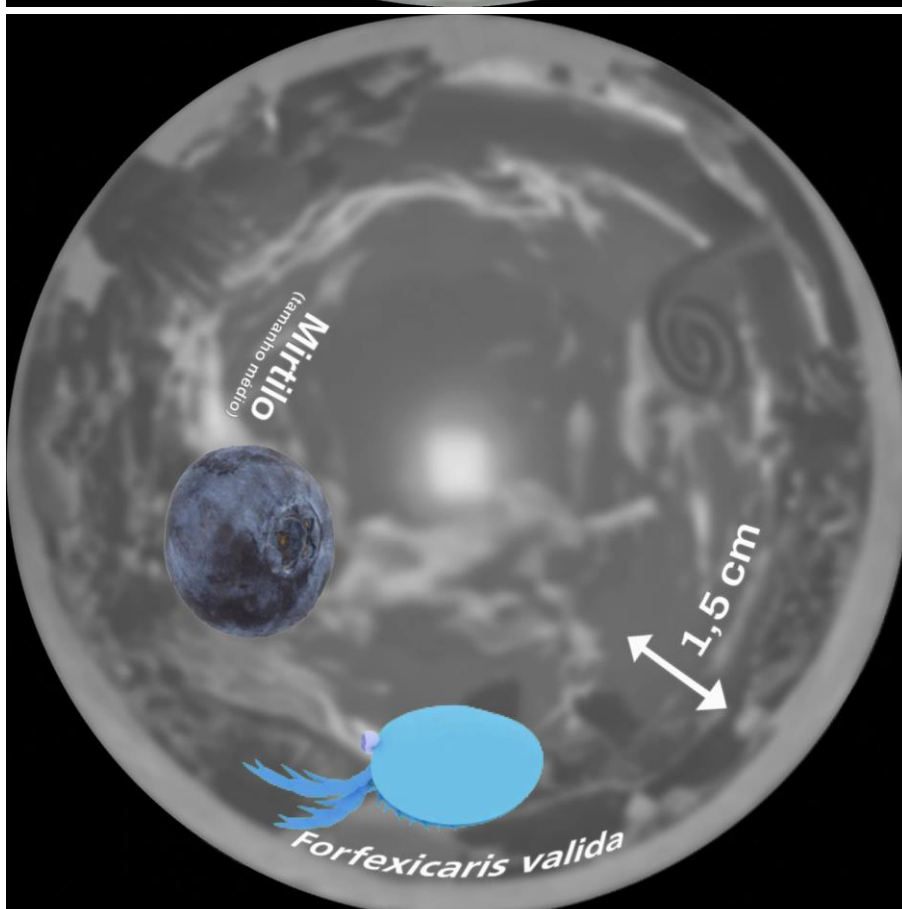


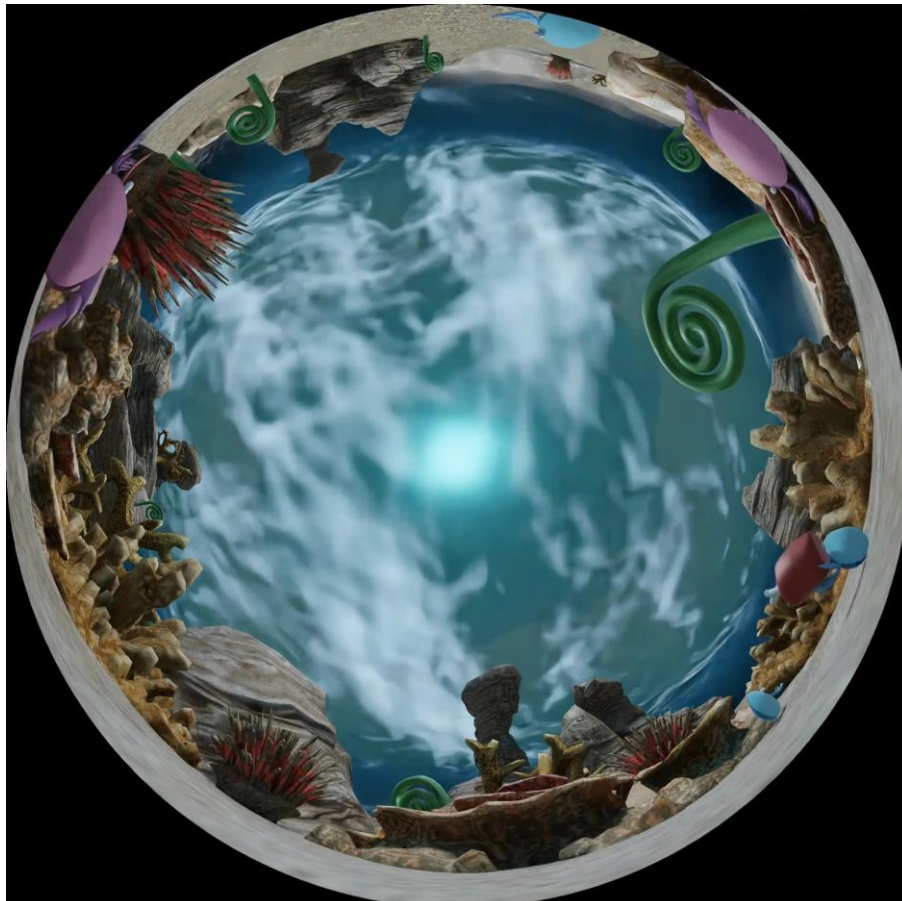
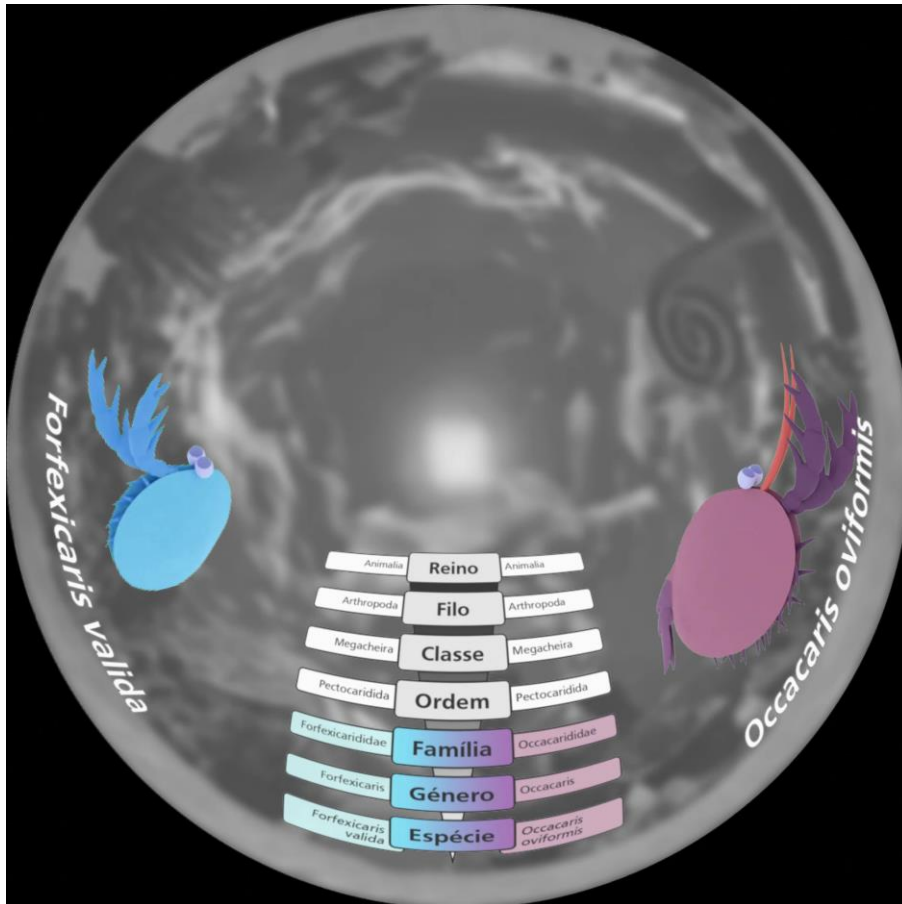








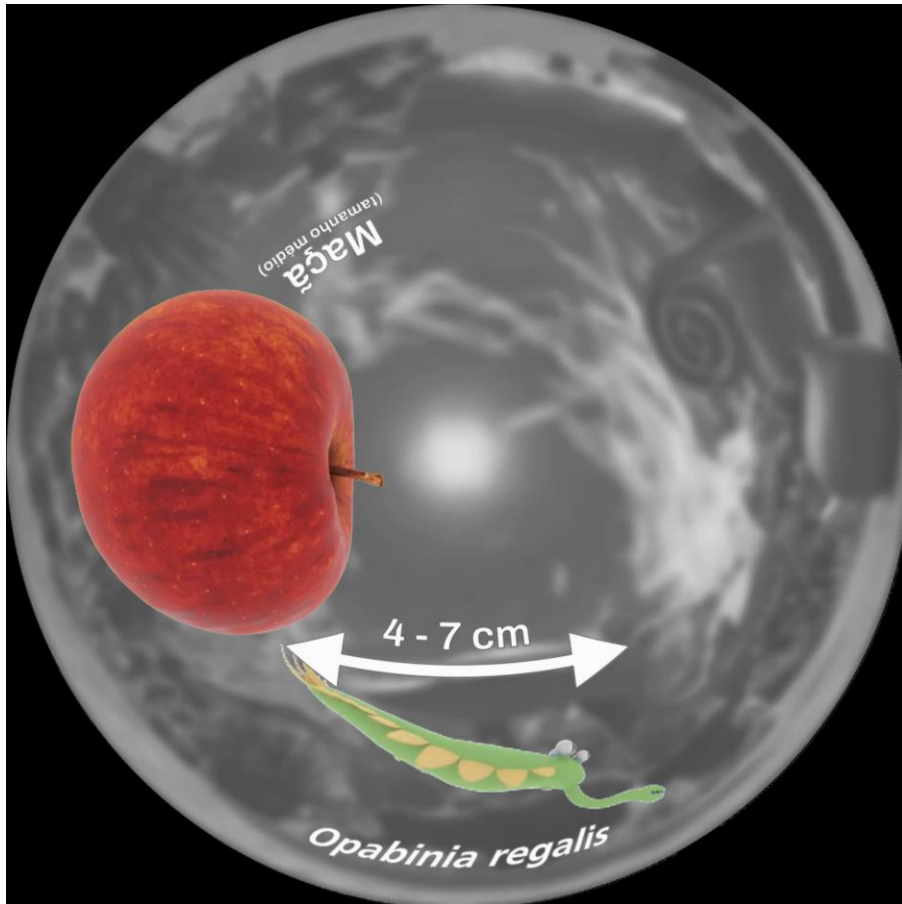




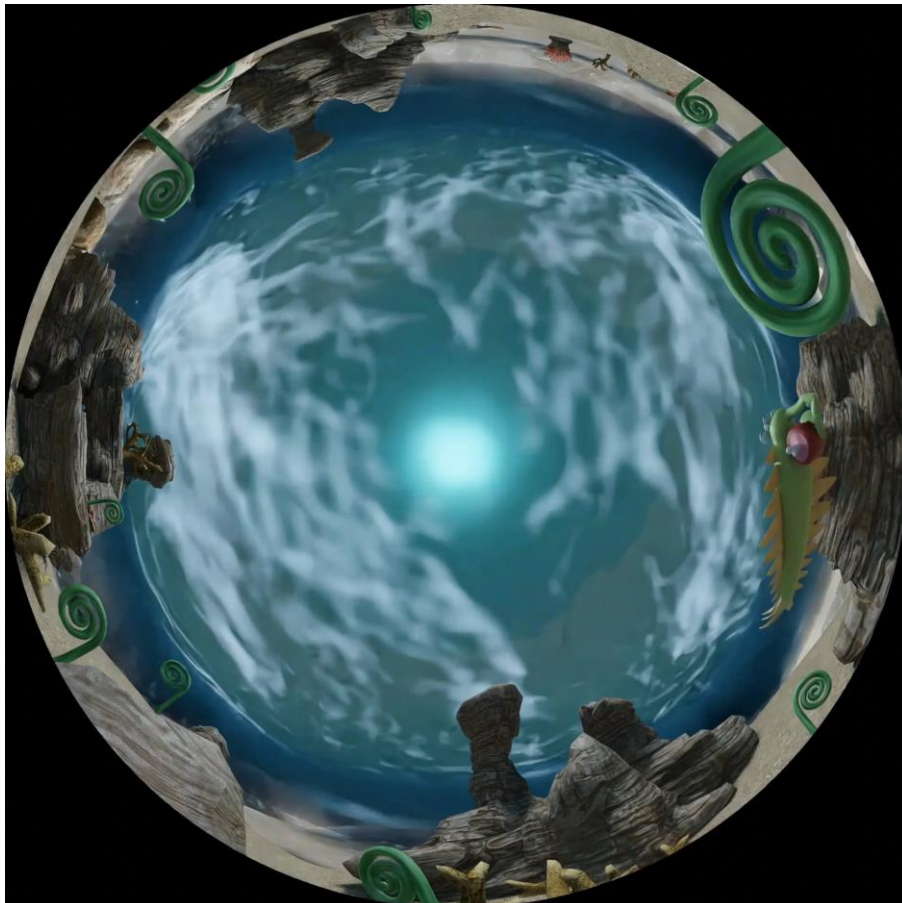


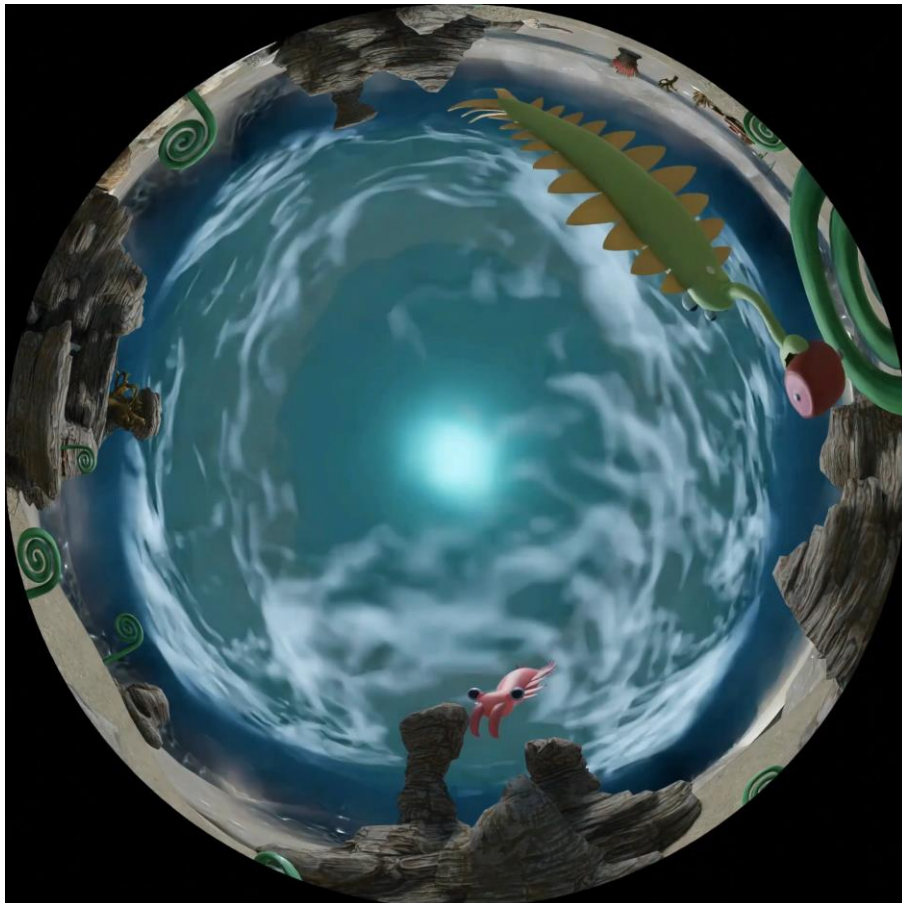
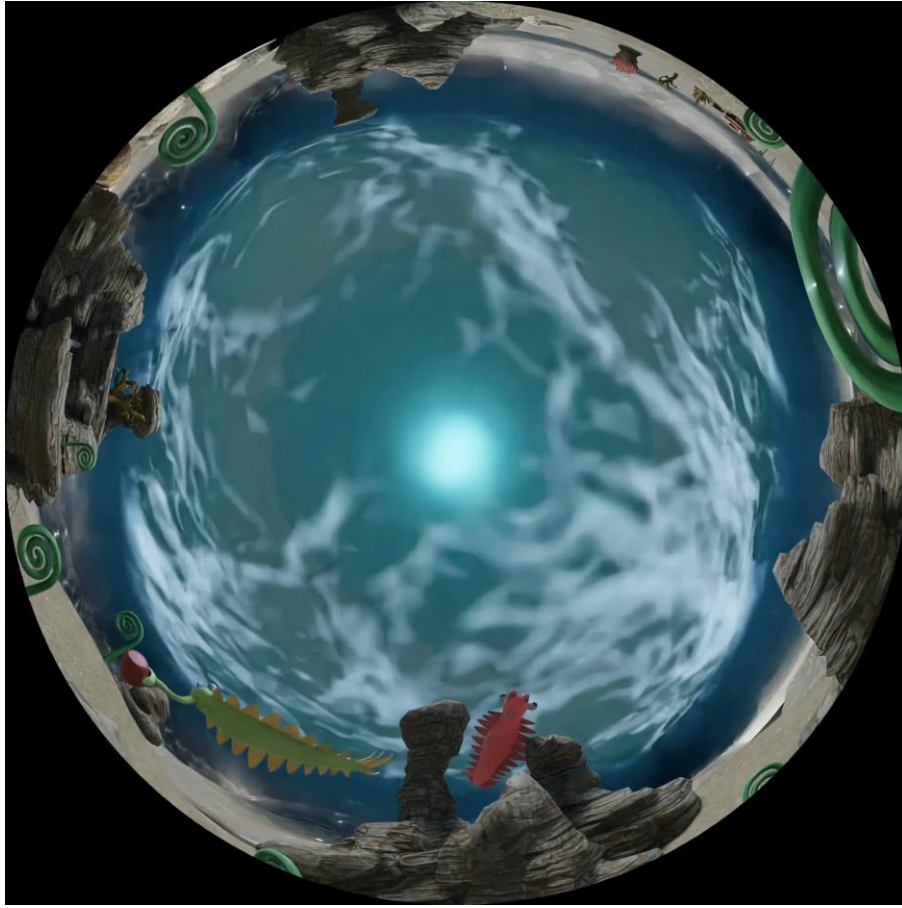




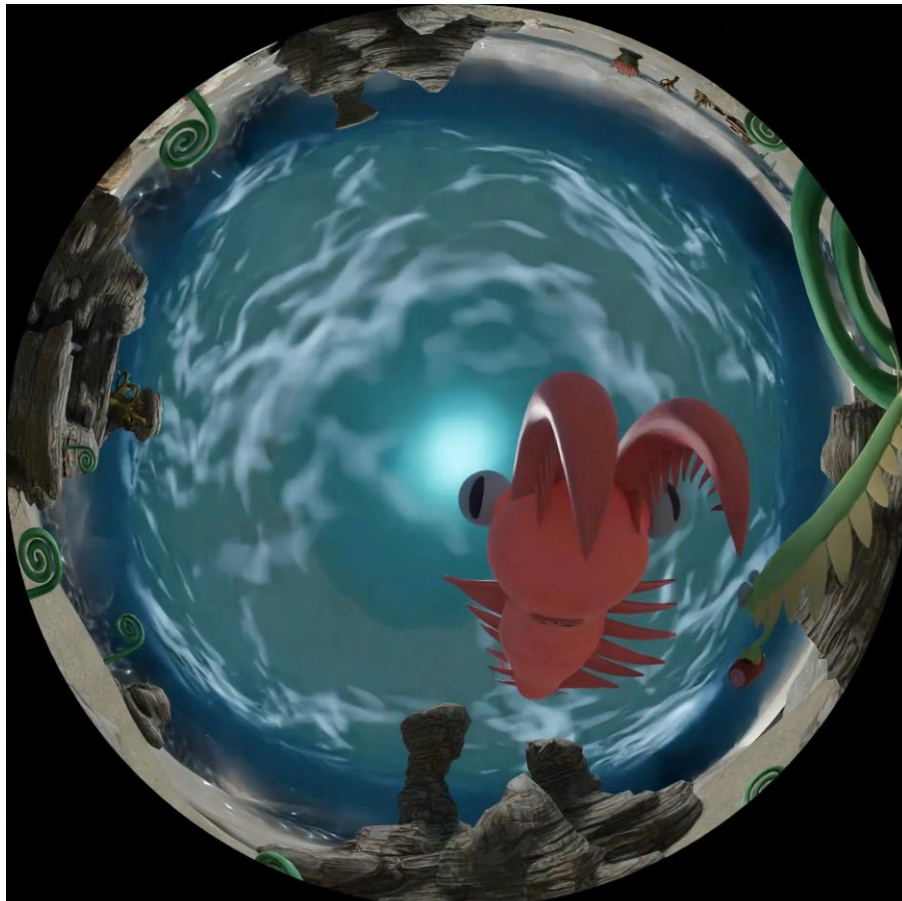
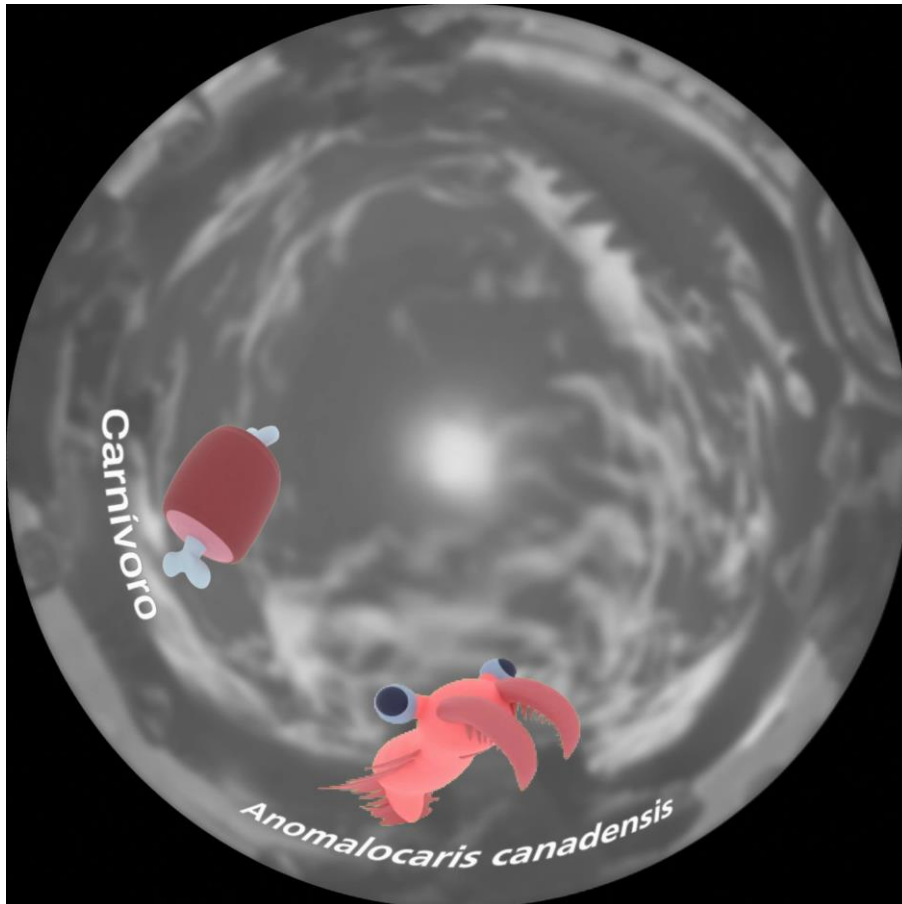


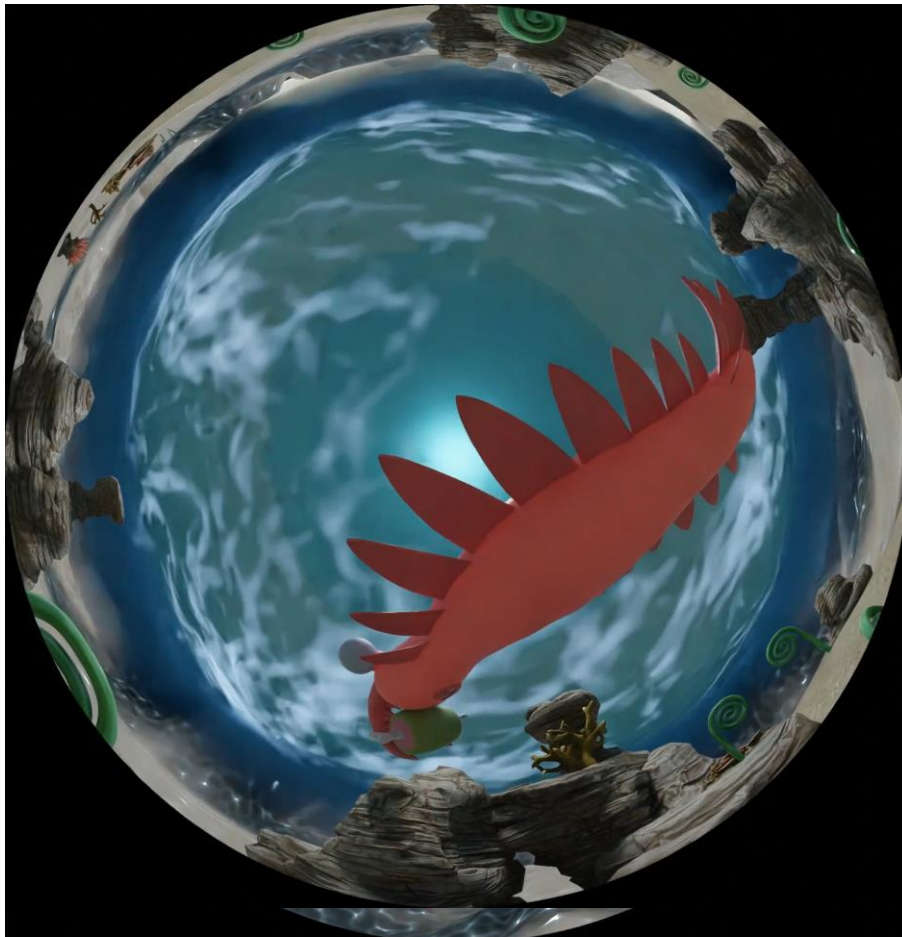
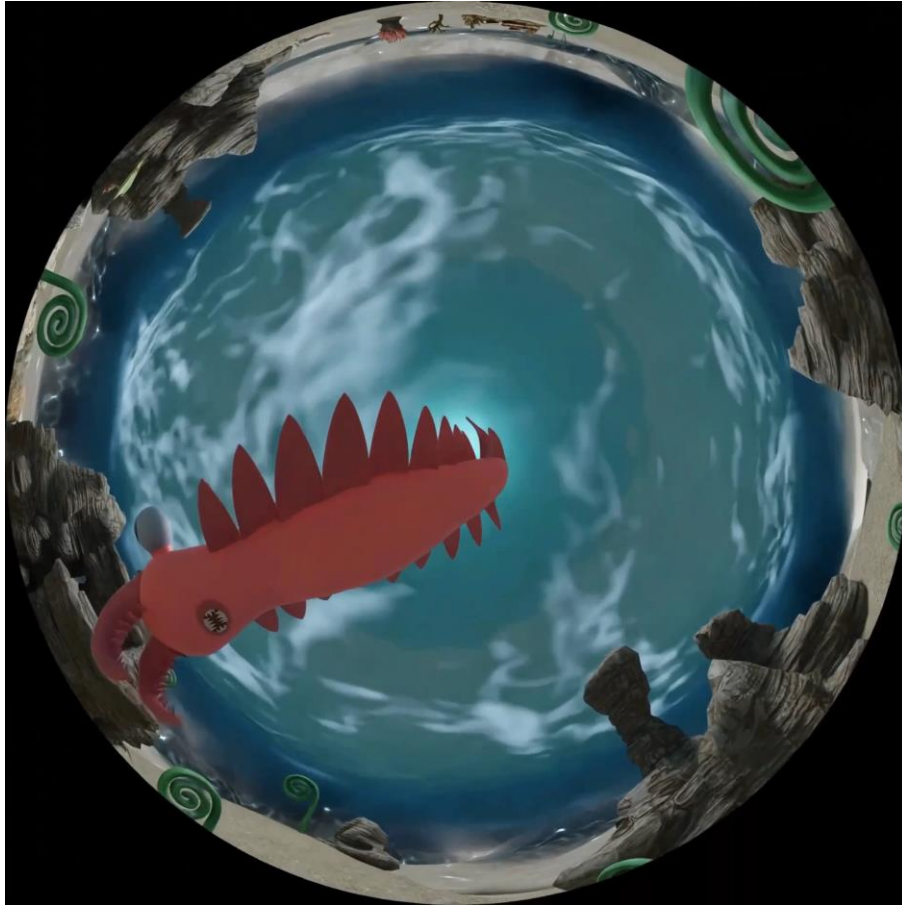
























## 7. Conclusão

---

Neste momento de conclusão, parece-nos que os objetivos propostos no início do trabalho foram atingidos. Foi criado um filme de animação 3D de caráter educativo, para um público jovem, misturando entretenimento e aprendizagem. Tivemos em conta as características únicas e imersivas do espaço físico, o *Hemispherium*, de maneira a criar uma experiência adequada exclusivamente para o formato *fulldome*. Através do uso de tecnologias de modelação 3D, foram exploradas as estranhas características dos animais do período Câmbrico, de forma a proporcionar um conteúdo único.

Para a realização do filme de animação 3D para o formato *fulldome* foram analisadas outras obras com temáticas semelhantes que nos serviram de inspiração. Também foram explorados assuntos e características relacionados com o cinema, especialmente a animação 3D e a técnica *fulldome*. Além disso, foram verificados os estilos visuais, técnicas de animação e características do *fulldome* que incluíram o projeto.

Antes da fase de concepção do filme, foram feitos vários testes de animação no *Hemispherium*, para treinar a utilização do programa Blender neste espaço.

O tema do filme sempre foi as criaturas do período Câmbrico com as suas características únicas e estranhas. Na fase de concepção, foram considerados 9 animais para a animação, mas para garantir que o filme não ficasse demasiado complexo e por limitações de tempo, o número de animais foi reduzido a 4. Mesmo assim, pensamos que cada animal teve um papel essencial na animação.

Para a criação do cenário final, foram precisas muitas horas de pesquisa e trabalho, de modo a obter um espaço subaquático visualmente apropriado e interessante. Achamos importante ter um cenário com bastante profundidade e que pudesse ser observado de qualquer ângulo, para corresponder às expectativas do projeto.

Em nosso parecer, a animação dos animais cumpriu os objetivos pretendidos. Porém se tivéssemos mais tempo, pensamos que as animações poderiam ser melhoradas com movimentos ainda mais realistas. No entanto, sendo este o nosso primeiro trabalho de animação 3D realizado (e num formato que apresenta mais dificuldades), pensamos que foi bem sucedido.

Durante a criação do filme, ajustamos a linguagem para que ficasse adequada à faixa etária a que se destina, fugindo de termos demasiado técnicos, mais adequados a um documentário científico. Também foram inseridos elementos de fácil reconhecimento, como os frutos, na comparação de tamanhos e os pedaços de carne, na alimentação dos animais carnívoros. Estas informações pretenderam tornar os conteúdos mais acessíveis.

A produção desta animação requereu bastante pesquisa, tendo realizado várias experiências iniciais, úteis para o desenvolvimento do projeto final. Foi bastante aliciante e esperamos que tenha sido um bom treino para projetos futuros. No livro “Criatividade”, Edwin Catmull, Presidente da Pixar Animation e Disney Animation, escreve: “...as pessoas criativas descobrem e realizam as suas visões ao longo do tempo e através de um esforço dedicado e prolongado. Desta forma, a criatividade assemelha-se mais a uma maratona do que a um sprint. (...) É frequente pedirem-me para fazer uma previsão de como será o futuro da animação por computador, e eu esforço-me por dar uma resposta séria. (...) «A melhor forma de prever o futuro é inventá-lo»” [37]. Este trabalho permitiu-nos confirmar esta ideia de Catmull. A animação é uma área com boas possibilidades de investigação e aberta a novas aprendizagens. Se a nossa futura vida profissional nos permitir dar uma modesta contribuição para a evolução da animação, teremos muito orgulho nisso.



## Bibliografia

---

[1] animação - Wikcionário (n.d.). Disponível em: <https://pt.wiktionary.org/wiki/anima%C3%A7%C3%A3o>

[2] Lanterna mágica. (2022). Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Lanterna\\_m%C3%A1gica](https://pt.wikipedia.org/wiki/Lanterna_m%C3%A1gica)

[3] Taumatrópio. (2020). Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Taumatr%C3%B3pio>

[4] Fenacistoscópio. (2023). Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Fenacistosc%C3%B3pio>

[5] Zootropo. (2020). Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Zootropo>

[6] Praxinoscópio. (2020). Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Praxinosc%C3%B3pio>

[7] Théâtre Optique. (2023). Disponível em: [https://en.wikipedia.org/wiki/Th%C3%A9%C3%A2tre\\_Optique](https://en.wikipedia.org/wiki/Th%C3%A9%C3%A2tre_Optique)

[8] L'Arrivée d'un train en gare de La Ciotat. (2022). Disponível em: [pt.wikipedia.org/wiki/L'Arriv%C3%A9e\\_d'un\\_train\\_en\\_gare\\_de\\_La\\_Ciotat](https://pt.wikipedia.org/wiki/L'Arriv%C3%A9e_d'un_train_en_gare_de_La_Ciotat)

[9] Animação. (2023). Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Anima%C3%A7%C3%A3o>

[10] Bruno Augusto Ferreira Setti (2012). Um Ensaio Sobre A Evolução Da Animação. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/7292/1/BRUNO%20AUGUSTO%20FERREIRA%20SETTI.pdf>

[11] Monalisa Arikawa (2015). A evolução da animação. Disponível em: [https://www.observatoriodaimprensa.com.br/diretorio-academico/\\_ed746\\_a\\_evolucao\\_da\\_animacao/](https://www.observatoriodaimprensa.com.br/diretorio-academico/_ed746_a_evolucao_da_animacao/)

[12] picsandportraits (2018). A Brief History Computer Animation: 1942-1963. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=w1kRcfs1GNs&t>

[13] picsandportraits (2018). A Brief History Computer Animation: 1983-1995. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=94yYs1eVU1Y>

[14] picsandportraits (2018). A Brief History Computer Animation: 1964-1982. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=IhQp6eol76c>

[15] picsandportraits (2018). A Brief History Computer Animation: 1942-1963. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=w1kRcfs1GNs>

[16] Julio Puiati (2022). Como a tecnologia impulsionou a história da Animação Digital? Disponível em: <https://artcetera.art/arte-digital/historia-da-animacao-digital/>

[17] Sam Kench (2023). What is Cel Animation — Examples, Techniques & History. Disponível em: <https://www.studiobinder.com/blog/what-is-cel-animation-definition/>



[18] Alyssa Maio (2023). DIY Animation: What is Stop Motion Animation & How to Try it at Home. Disponível em: <https://www.studiobinder.com/blog/what-is-stop-motion-animation/>

[19] Alyssa Maio (2023). What is Animation — Definition, History and Types of Animation. Disponível em: <https://www.studiobinder.com/blog/what-is-animation-definition/>

[20] vidhansemail (2020). Types of Animation Techniques. Disponível em: <https://www.geeksforgeeks.org/types-of-animation-techniques/>

[21] StudioBinder (2023). The History of Animation — Types of Animation Styles Explained [Shot List Ep. 14]. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=LmyRZR8MaJI>

[22] Frank Thomas, Ollie Johnston (1995). The Illusion of Life. Disney Editions Deluxe.

[23] Ralph De Stefano (1999) The Principles of Animation. Disponível em: <https://www.evl.uic.edu/ralph/508S99/contents.html>

[24] Tina Lee (2023). Types of 3D Animation and 3D Animation Techniques. Disponível em: <https://academyofanimatedart.com/types-of-3d-animation-and-3d-animation-techniques/>

[25] Computer animation. (2023). Disponível em: [https://en.wikipedia.org/wiki/Computer\\_animation](https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_animation)

[26] Yasmin de Souza (2018). Estilos visuais como elemento narrativo no desenvolvimento de jogos. Disponível em: <https://www.sbgames.org/sbgames2018/files/papers/ArtesDesignShort/188258.pdf>

[27] Jerina Kivistö (2019). Hybrid Animation: The Process and Methods of Implementing 2D Style in 3D Animation. Disponível em: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/265116/Kivisto\\_Jerina.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/265116/Kivisto_Jerina.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

[28] Alixelobato (2023). How to use animation in documentaries. Disponível em: <https://flyingduckstudiolab.co.uk/blog/how-to-use-animation-in-documentaries>

[29] Documentário. (2023). Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Document%C3%A1rio>

[30] Aaron Blaise (2020). Animating Animal Characters. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=4K2Em\\_Z0usM](https://www.youtube.com/watch?v=4K2Em_Z0usM)

[31] Tina Ohnmacht, Lukas von Berg (2019). From Human Animals to Animal Humans: Animation Practices in Three Versions of The Jungle Book. Disponível em: [https://blog.animationstudies.org/?p=3087#\\_ftnref2](https://blog.animationstudies.org/?p=3087#_ftnref2)

[32] Naelton Mendes de Araujo (2017). ORIGENS DOS PLANETÁRIOS (parte 1) e ORIGENS DOS PLANETÁRIOS (parte 2). Disponívels em: <https://www.deviantart.com.br/noticias/ciencia/origens-dos-planetarios-parte-1/> e <https://www.deviantart.com.br/noticias/ciencia/origens-dos-planetarios-parte-2/>

[33] Marcelo Zurita e Acsa Gomes (2022). Dia Internacional do Planetário: conheça a história e importância dos planetários para a humanidade. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2022/03/11/colunistas/dia-internacional-do-planetario-conheca-a-historia-e-importancia-dos-planetarios-para-a-humanidade/>

[34] História do Planetário (2022). Disponível em: <https://planetarium100.org/pt/history/>

[35] Ilustração científica. (2023). Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Ilustra%C3%A7%C3%A3o\\_cient%C3%ADfica](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ilustra%C3%A7%C3%A3o_cient%C3%ADfica)

[36] TV Unesp (2021). Conheça como atuam os profissionais da ilustração científica e a importância do trabalho. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=edRyu6Uxoec>

[37] Edwin Catmull, com a colaboração de Amy Wallace (2020). Criatividade: Como vencer as forças que bloqueiam a inspiração. Clube do Autor, S. A. (1ª edição).



# Anexos

## A. Guião Técnico

Nº de cena	Nº de plano	Ângulo/ Perspetiva	Escala do Plano	Movimentos de câmara	Iluminação	Local da ação	Descrição da ação	Tempo aproximado	Pós-Produção
1	1	360º	Plano geral	(sem movimento)	Sol	Espaço	A Terra do período Cámbrico gira em volta da câmara, no Espaço. O narrador explica sobre este período.	40s / 960f	-
1	2	360º	Close-up	Zoom-In	Sol	Espaço	A câmara aproxima-se da Terra, como se fosse a entrar nela.	2s / 48f	Utilizar um efeito no final para a mudança de cenário.
2	1	360º	Plano geral	A descer	Natural	Cenário Aquático (Versão Pequena)	A câmara encontra-se no Cenário Aquático, enquanto desce para o fundo.	8s / 192f	Começar com o mesmo efeito.
3	1	360º	Plano aproximado	(sem movimento)	Natural	Fundo do Mar (Versão Pequena)	A câmara encontra-se no Fundo do Mar do Cenário Aquático.	-	-
3	2	360º	Plano aproximado	(sem movimento)	Natural	Fundo do Mar (Versão Pequena)	A câmara encontra-se no Fundo do Mar do Cenário Aquático. Podemos observar alguns animais a vaguear no fundo do cenário.	6s / 144f	-
3	3	360º	Plano aproximado	Pequenos movimentos para ajustar-se aos animais (quase sem movimento)	Natural	Fundo do Mar (Versão Pequena)	Entram na cena os dois primeiros animais, Forfexicaris e Occacaris, um a seguir ao outro. São "analisados" e mudamos de cena.	20s / 480f	-
4	1	360º	Plano geral	(sem movimento)	Natural	Cenário azul de análise	São apresentadas algumas características do Forfexicaris e do Occacaris (ao mesmo tempo ou um de cada vez?). Estes estão a rodar em volta da cúpula.	40s / 960f	-
5	1	360º	Plano aproximado	Pequenos movimentos para ajustar-se aos animais (quase sem movimento)	Natural	Fundo do Mar (Versão Pequena)	Voltamos ao cenário anterior, onde vemos os animais a nadar e a comer.	10s / 240f	-
5	2	360º	Plano aproximado	Pequenos movimentos para ajustar-se aos animais (quase sem movimento)	Natural	Fundo do Mar (Versão Pequena)	Um Occacaris é atacado por um Opabinia e esconde-se na sua concha. O resto dos animais fogem.	15s / 360f	-
5	3	360º	Plano aproximado	Pequenos movimentos para ajustar-se aos animais (quase sem movimento)	Natural	Fundo do Mar (Versão Pequena)	O Opabinia é "analisado" e mudamos de cena.	5s / 120f	-
6	1	360º	Plano geral	(sem movimento)	Natural	Cenário azul de análise	São apresentadas algumas características do Opabinia. Este está a rodar em volta da cúpula.	25s / 600f	-
7	1	360º	Plano médio	Pequenos movimentos para ajustar-se aos animais (quase sem movimento)	Natural	Fundo do Mar (Versão Média)	Voltamos ao cenário anterior, para observar as restantes características e os comportamentos do Opabinia.	20s / 480f	-
7	2	360º	Plano médio	Pequenos movimentos para ajustar-se aos animais (quase sem movimento)	Natural	Fundo do Mar (Versão Média)	Aparece o Anomalocaris por cima, que assusta todos os outros animais no cenário.	15s / 360f	-
7	3	360º	Plano médio	Pequenos movimentos para ajustar-se aos animais (quase sem movimento)	Natural	Fundo do Mar (Versão Média)	O Anomalocaris é "analisado" e mudamos de cena.	5s / 120f	-
8	1	360º	Plano geral	(sem movimento)	Natural	Cenário azul de análise	São apresentadas algumas características do Anomalocaris. Este está a rodar em volta da cúpula.	25s / 600f	-
9	1	360º	Plano geral	Pequenos movimentos para ajustar-se aos animais (quase sem movimento)	Natural	Fundo do Mar (Versão Grande)	Voltamos ao cenário anterior, para observar as restantes características e os comportamentos do Anomalocaris. Este usa as suas "mandíbulas" para atacar e comer um Opabinia que estava a passar.	25s / 600f	-
9	2	360º	Plano geral	A seguir o Anomalocaris	Natural	Fundo do Mar (Versão Grande)	Este Anomalocaris, depois da sua refeição, pausa e começa a dormir.	15s / 360f	-
10	1	360º	Plano geral	(sem movimento)	Natural	Cenário em preto ou o Cenário azul de análise	Créditos	30s / 720f	-

## B. Texto da Narração

### **Narração de introdução sobre o Período Câmbrico:**

O Período Câmbrico foi um dos períodos mais importantes da história da vida na Terra. É o primeiro período da era Paleozóica, que começou há cerca de 542 milhões de anos e durou mais de 50 milhões de anos.

Nesta época, a distribuição geográfica da Terra era muito diferente da que é hoje. Todos os continentes estavam agrupados em um supercontinente chamado Pangeia.

Neste período, houve uma grande explosão de diversidade de organismos vivos na Terra, conhecida como "explosão Câmbrica".

Vamos explorar o fundo do mar, para ver se encontramos alguns destes animais.

### **Narração das características do Occacaris:**

O nome deste animal marinho era Occacaris (Occacaris oviformis). Era um artrópode, logo pertencia ao filo Arthropoda.

Animais do filo Arthropoda são seres invertebrados (que não têm ossos) e possuem um exoesqueleto e pares de apêndices articulados.

O seu tamanho era aproximadamente 1,5 centímetros de comprimento.

Era um animal carnívoro, que possuía dois apêndices com espinhos que usava para capturar pequenas criaturas ou pedaços de matéria orgânica.

### **Narração quando aparece um Forfexicaris:**

Aqui está outro animal. É bastante parecido com o Occacaris.

### **Narração das características do Forfexicaris:**



O seu nome era *Forfexicaris* (*Forfexicaris valida*) e também era um artrópode.

As suas dimensões eram aproximadamente 1,5 centímetros de altura.

Assim como o *Occacaris*, era um animal carnívoro.

Estas semelhanças justificam-se pois ambos faziam parte da mesma Ordem chamada "Pectocaridida".

#### **Narração do *Forfexicaris* no cenário:**

Para se deslocarem, estes animais usavam os vários pares de patas articuladas.

(Um *Forfexicaris* aparece a carregar um pedaço de carne)

Estes utilizavam as suas garras curvas e afiadas para capturar ou coletar alimentos.

#### **Narração quando aparece um *Opabinia*:**

Outro animal aproxima-se sorrateiramente.

(O *Opabinia* ataca rapidamente um dos *Forfexicaris* ocupado com o pedaço de carne)

#### **Narração das características do *Opabinia*:**

Este animal tinha o nome de *Opabinia* (*Opabinia regalis*) e era um artrópode.

O seu comprimento podia variar entre 4 a 7 centímetros.

Também era carnívoro e tinha a sua boca localizada debaixo da cabeça, atrás da probóscide (ou focinho alongado ou tromba) e apontada para trás.

#### **Narração do *Opabinia* no cenário:**

Insatisfeito com a carapaça rígida do *Forfexicaris*, o *Opabinia* desvia a sua atenção para outro alimento.

O *Opabinia* usava as suas "barbatanas" laterais para nadar.

(Opabinia larga o Forfexicaris e agarra o pedaço de carne)

Utilizava as suas garras e a sua longa tromba para coletar e levar os alimentos até à sua boca.

Uma das características mais distintivas do Opabinia era o facto de ter cinco olhos.

#### **Narração quando aparece um Anomalocaris:**

Um novo animal aparece entre as rochas.

#### **Narração das características do Anomalocaris:**

Este era um artrópode chamado Anomalocaris (*Anomalocaris canadensis*).

O seu tamanho variava entre 60 a 100 centímetros de comprimento. É o animal com as maiores proporções que vimos até agora.

Também era um animal carnívoro. Assim como o Opabinia, também tinha a sua boca localizada debaixo da cabeça, mas cheia de dentes afiados.

#### **Narração do Anomalocaris no cenário:**

O Anomalocaris também se deslocava usando as suas "barbatanas" laterais.

Esta criatura tinha uma ótima visão e utilizava as suas duas garras flexíveis e gigantes para capturar presas.

O Anomalocaris era considerado um dos maiores predadores dos mares do Câmbrico.