

## Tecnologia interativa para aprendizagem sobre vida marinha em espaço museal

*Title: Interactive technology for the learning of marine life in museum space*

Lucas Daniel Lira da Silva  
Universidade do Vale do Itajaí  
lucas.daniel@edu.univali.br

Adriana Gomes Alves  
Universidade do Vale do Itajaí  
adriana.alves@univali.br

Lincoln Henrique Müller  
Universidade do Vale do Itajaí  
lincolnhmuller@gmail.com

### Resumo

Aborda-se nesse artigo o desenvolvimento de tecnologias com adoção de interfaces naturais aplicadas à educação em espaços museais. O objetivo geral do estudo foi o desenvolvimento de soluções para ampliar a experiência de aprendizagem dos visitantes do MOVI - Museu Oceanográfico Univali - por meio de tecnologias interativas. A metodologia pautou-se no Design Science Research que legitima o desenvolvimento de artefatos como um meio para se produzir conhecimento científico. Por meio desta metodologia, levantaram-se as necessidades educativas do MOVI, desenvolveu-se um jogo de simulação e avaliou-se o produto junto ao público-alvo – visitantes do museu. O Ocean Simulator foi dessa forma concebido como um simulador de vida marinha que adota interface touch que considera fatores bióticos como cadeia alimentar, pirâmide de energia e limite populacional e abióticos, como a interferência humana por meio da pesca. O software foi experienciado pela equipe técnica e visitantes do MOVI, e mostrou-se promissor para implantação no espaço tecnológico educativo do museu.

**Palavras-chave:** Simulador, vida marinha, jogo educacional, interface natural.

### Abstract

This paper discusses the development of technologies with the adoption of natural interfaces applied to education in museum spaces. The general objective of the study was the development of solutions to increase the learning experience of visitors to the MOVI - Univali Oceanographic Museum - through interactive technologies. The methodology was based on Design Science Research that legitimates the development of artifacts as a means to produce scientific knowledge. Through this methodology, the educational needs of MOVI were raised, a simulation game was developed, and the product was evaluated with the target audience - museum's visitors. The Ocean Simulator was designed as a marine life simulator that adopts touch interface which considers biotic factors like the food chain, energy pyramid, and population limit and abiotic, such as human interference through fishing. The software was experimented by the technical staff and visitors of the MOVI and was promising for implantation in the educational technology space of the museum.

**Keywords:** Simulator, marine life, educational game, natural interface.

## 1 Introdução

De acordo com a Lei nº 11.904, de 14 de janeiro de 2009, que instituiu o Estatuto de Museus, “Consideram-se museus, para os efeitos desta Lei, as instituições sem fins lucrativos que conservam, investigam, comunicam, interpretam e expõem, para fins de preservação, estudo, pesquisa, educação, contemplação e turismo, conjuntos e coleções de valor histórico, artístico, científico, técnico ou de qualquer outra natureza cultural, abertas ao público, a serviço da sociedade e de seu desenvolvimento.” (Brasil, 2009). Ainda conforme esta Lei, os museus devem promover ações educativas, ampliando as possibilidades da sociedade ao acesso aos bens culturais, materiais e imateriais da Nação.

A ação educativa nos espaços museais significa uma ação caracterizada pela comunicação, por meio de interfaces de pesquisa, preservação e comunicação distanciando-se da compartimentalização das disciplinas e paralelamente estabelecendo diálogos entre pares e sujeitos envolvidos nos diversos projetos em que se esteja atuando. O processo museológico como processo educativo e de comunicação, contribui para a percepção e expressão da realidade, qualificada como patrimônio cultural, e permite ao cidadão transformar essa realidade (Santos, 2001).

Nesse contexto, o MOVI – Museu Oceanográfico Univali, localizado em Piçarras, SC, é uma referência para atividades de ensino e pesquisa, em níveis de graduação e pós-graduação. Possui um acervo que reúne coleções de conchas, mamíferos marinhos, tartarugas marinhas e elasmobrânquios (tubarões e raias). Tem como um de seus objetivos desenvolver coleções de referência que representem o maior número de táxons e possibilitem pesquisas sobre a fauna marinha. As temáticas de exposição incluem, dentre outras, formação dos oceanos, evolução dos seres vivos, história da oceanografia e seres vivos marinhos (UNIVALI, 2019).

Dentre as ações do MOVI inserem-se atividades educativas que visam apresentar aos visitantes conhecimentos científicos e culturais relacionados ao acervo. Realizam-se visitas de grupos de estudantes, notadamente da educação básica, que seguem um roteiro guiado pelas diferentes áreas do museu. Ao final desse roteiro, pretende-se disponibilizar um ambiente onde os visitantes possam interagir com tecnologias que complementem e reforcem o aprendizado a partir do acervo do museu.

O uso das tecnologias nos museus oferece vinculações entre os objetos e o conhecimento, possibilitando aos visitantes explorações muitas vezes inviáveis com os patrimônios ali expostos. O visitante poderá manipular um objeto, de forma virtual, estabelecendo uma ação física e uma experiência perceptiva, facilitando desta forma a sua compreensão sobre determinado fenômeno.

O uso de tecnologias propicia diferentes formas de interação possibilitando experiências em um espaço virtual que favorecem o acesso à informação. “Nesse contexto, o virtual surge como um espaço de compartilhamento de ideias, coisas ou lugares, o chamado ciberespaço, visando à interação entre os meios que o utilizam, para propagar experiências que podem se tornar concretas ou não.” (Cavenaghi, Nascimento, & Pereira, 2014). Os jogos ou sistemas de simulação vêm sendo adotados notadamente na área da educação, pois permitem que os usuários interajam com realidades ou situações que podem ser impossíveis ou arriscadas de serem realizadas no mundo real, e aprendam de maneira lúdica acerca do tema estudado.

O desenvolvimento de objetos de aprendizagem utilizando estes tipos de tecnologias apresenta-se como uma alternativa interessante e viável para o contexto de um museu. Entende-se por objeto de aprendizagem como “[...] qualquer entidade, digital ou não digital, que pode ser utilizada, reutilizada ou referenciada nos processos de aprendizagem apoiados pelas tecnologias” (Silveira, Schuhmacher, & Schuhmacher, 2014). Os objetos de aprendizagem virtuais são recursos

digitais que representam a realidade de forma diferenciada, por meio de imagem, texto, sons e visam a construção de conceitos de forma exploratória.

Assim, entende-se que as diferentes possibilidades de interação que podem ser obtidas por meio da tecnologia devam favorecer a aprendizagem no espaço museal. Haja vista que cada museu possui suas características e objetivos específicos, o desenvolvimento dos objetos de aprendizagem tornam-se objeto de investigação e pesquisa no intuito de prover informação e recursos que atendam às necessidades de suas instalações.

É nesta perspectiva que ao se idealizar um objeto de aprendizagem para contribuir com a área educativa do MOVI, desenvolveu-se um sistema de simulação de ambientes marinhos. O software se utiliza de interação por meio de interfaces intuitivas e permite ao usuário observar como se dá a interação entre espécies que habitam um ecossistema, como a intervenção de terceiros afetam o equilíbrio e até mesmo a extinção em massa das espécies que habitam aquele ecossistema (Lopes & Oliveira, 2013).

Este artigo é uma extensão do trabalho publicado nos Anais do SBGames – Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (Silva, Alves, & Müller, 2018). Apresenta-se neste artigo a abordagem metodológica da pesquisa, detalhada na seção 2, as bases conceituais da pesquisa na seção 3, os resultados evidenciados e as principais atividades desenvolvidas com os usuários, detalhados na seção 4, e por fim as considerações finais, seção 5, em que se discutem os principais resultados.

## 2 Metodologia

O desenvolvimento do projeto teve como base o trabalho interdisciplinar, que envolveu as áreas de Educação, Computação, Design, Biologia e Oceanografia. Sustentado pelo *Design Science Research* (DSR), o qual, conforme Dresch, Lacerda, & Antunes Jr (2015, p. 68) é um método “orientado à solução de problemas específicos, não necessariamente buscando a solução ótima, mas a solução satisfatória para a situação”, gerando “soluções passíveis de generalização para uma determinada classe de problemas”. O DSR, conforme Pimentel (2018, p. 58) “legitima o desenvolvimento de artefatos como um meio para se produzir conhecimento científico do ponto de vista epistemológico e filosófico”.

A metodologia da pesquisa consiste em cinco etapas, conforme sumarizado na Figura 1 e descrito a seguir:

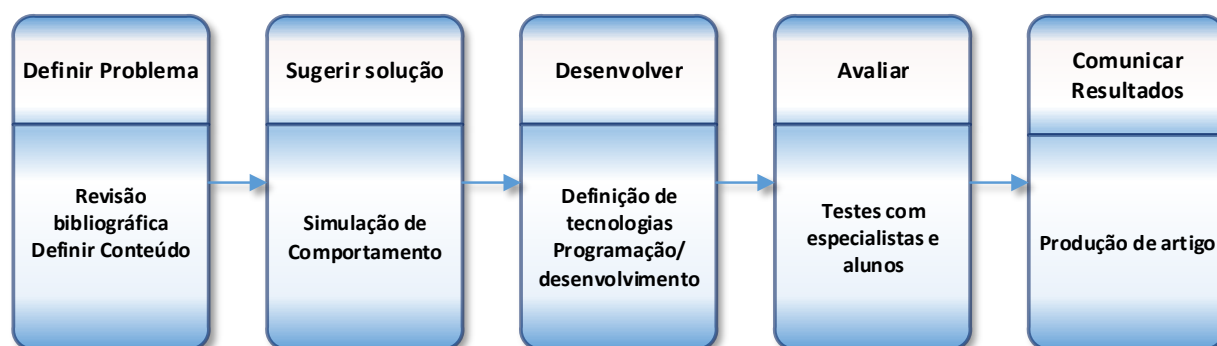


Figura 1: Processo metodológico

Fonte: adaptado de Dresch, Lacerda, & Antunes Jr (2015)

A etapa “Definir o problema” refere-se à pesquisa bibliográfica e ao levantamento de trabalhos envolvendo o uso de tecnologias em museus além de jogos com mecânicas de simulação para a sua interação com o usuário, com foco em jogos digitais educativos. Nesta etapa, foram consultados artigos, livros, teses e dissertações na área, além de jogos comerciais que possuem esse estilo de mecânica. Após a pesquisa voltada a interação, buscaram-se informações sobre a vida marinha e por meio dessa pesquisa, foram definidos os principais conceitos a serem ensinados aos visitantes do museu, sendo esses, cadeia alimentar, pirâmide de energia e limite populacional. O jogo foi desenvolvido visando a interação com telas sensíveis ao toque.

A etapa “Sugerir solução” encontrou como melhor método para a simulação da vida marinha, o desenvolvimento de máquinas de estado, nas quais os estados representassem um aspecto do comportamento do animal, e com isso, foram feitas pesquisas adicionais, além de conversas com especialistas do Museu Oceanográfico da Univali – educadores, biólogos e oceanógrafos –, para definir quais as principais características, para que, o jogo, ensine de forma lúdica informações reais de como funciona a vida marinha.

A etapa “Desenvolver” consistiu no desenvolvimento do jogo, visando a interação com telas sensíveis ao toque. O desenvolvimento do projeto foi dividido em etapas, sendo elas: desenvolvimento da ideia base, checar viabilidade, fundamentação acerca dos elementos biológicos e ambientais, desenvolvimento do modelo de simulação, elaboração dos algoritmos, análise de resultados obtidos nas simulações e desenvolvimento da arte. Assim, tem-se as seguintes etapas:

- No desenvolvimento da ideia base, foram concebidos os alicerces do conceito do software, em que se definiu que o jogo deve ser intuitivo e ter personagens e objetos que possam ser colocados em cena para o usuário “ver o que acontece”, de forma que isso seja um entretenimento educativo, o método de definir o cenário a ser simulado, o qual ocorre com o ato de tocar, segurar e arrastar até a área de simulação o animal/planta a ser simulado, podendo ser feito com a simulação rodando ou pausada;
- Na verificação de viabilidade, realizaram-se pesquisas para verificar se há poder computacional suficiente para que a simulação ocorra de forma adequada e se há suporte de tecnologia *touch* para telas maiores;
- Na fundamentação acerca dos elementos biológicos e ambientais, pesquisou-se sobre o funcionamento de ecossistemas marinhos, pirâmides de massa, cadeias biológicas e limite populacional de espécies;
- No desenvolvimento do modelo de simulação, foram definidos as variáveis, os atributos, os processos e os eventos que poderão ocorrer na simulação;
- Na elaboração dos algoritmos, foram escritos os algoritmos que fazem a simulação funcionar corretamente;
- Na análise dos resultados obtidos nas simulações, foram analisados os dados obtidos no mundo real, assim validando a simulação para que ela seja condizente com o mundo real;
- No desenvolvimento da arte foram feitas as pesquisas de design de interface e da arte aplicada aos animais a serem simulados no software.

A etapa de “Avaliar” consiste na avaliação do jogo desenvolvido no museu, visando verificar se os objetivos definidos na sua especificação foram atendidos. Nesta etapa foram realizadas avaliações junto ao público-alvo do museu – seus visitantes – e a implantação física do projeto junto à área educativa tecnológica do MOVI.

A etapa “Comunicar resultados” consiste na criação de conhecimento escrito e compartilhamento por meio da elaboração de artigo científico com os achados da pesquisa.

### 3 Referencial teórico

O uso de tecnologias em museus fundou suas bases em duas ideias principais: promover uma nova forma de interação dos visitantes do museu, dentro dos temas abordados e o ensino de conhecimento de forma lúdica, para que, sem perceber, os visitantes aprendam importantes conceitos sobre os temas do museu. Nas subseções a seguir ampliamos essa discussão.

#### 3.1 Jogos de Simulação e aprendizagem

Simulação, conforme Valente (1993), “envolve a criação de modelos dinâmicos e simplificados do mundo real”. A simulação permite explorar situações que se assemelham àquelas existentes no mundo real, porém que podem ser impossíveis, caras ou arriscadas de se manipular, como escavações, experimentos químicos, viagens ao espaço e desastres ecológicos. Do ponto de vista do projeto, a simulação é um sistema com algoritmos no qual o propósito é gerar um ambiente virtual que se aproxime ao máximo de um sistema real.

Para se criar uma simulação computacional de forma adequada, primeiro deve-se entender o cenário a ser simulado, de forma a poder identificar como o sistema deve reagir a cada interação, como cada elemento do sistema deve se comportar diante de cada situação. Com essas informações adquiridas, elabora-se o conceito do modelo que determinou como a simulação funciona, o qual é implementado e posto à prova quando executado e comparado aos dados do modelo e do sistema (Paragon, s.d.).

Jogos em suas plataformas digitais atraem com maior efetividade o seus usuários devido à sua mecânica, a qual possui estímulos e desafios ao usuário de forma mais complexa que jogos tradicionais, e por sua vez, com as dificuldades que esses jogos possuem, se adequam ao usuário, proporcionando um desafio que exige o máximo das habilidades do usuário, de forma a gerar um entretenimento mais atrativo (Brandão, Bittencourt, & Vilhena, 2010).

O uso de outros métodos de ensino, diferente do tradicional método nos quais os alunos são postos em frente de um professor que passa matéria em sala e os alunos copiam em seus cadernos, apresentam um índice interessante de aprendizagem, desde de que por sua vez, esses métodos provoquem no aluno a necessidade de raciocinar sobre o que ele está fazendo. Caso o método seja uma receita a ser seguida, sem questionamentos, sem provocar raciocínio nos alunos, a capacidade de passar conhecimento da tarefa se torna muito reduzida (Almeida, Figueiredo, & Galvão, 2012).

Estudos provam que um método de ensino misto de matérias com recursos visuais e orais possuem uma maior eficiência na aprendizagem, para tal afirmação foram feitos testes, nos quais o conteúdo foi passado em diversas formas, e percebeu-se que métodos mistos de ensino possuíam maior potencial de aprendizagem (Mayer, 2001). Assim, o uso de simuladores é uma das alternativas para esta forma de ensino e aprendizagem.

A simulação é um método de ensino aplicado em diversas áreas do conhecimento. Está presente em cursos técnicos e superiores (Jaakkola & Veermans, 2020), com uso no ensino de microeletrônica (Dickerson & Clark, 2018), redes de computadores (Damasceno, Nardi, Silva, Junior, & Cardoso, 2017), análise acústica (Nascimento, Santos, Oliveira, Vieira, & Oliveira, 2018), educação empresarial (Gatt, Ulrich, & Seele, 2019), enfermagem e outros (McEnroe-Petitte & Farris, 2020).

Por possuírem o foco em imitar um cenário/evento, os simuladores trazem vivências que auxiliam na fixação de informação. Assim, simuladores provêm aprendizado, desde que estejam de acordo com situações reais (Shepherd & Burton, 2019; McEnroe-Petitte & Farris, 2020). A prática pela simulação, gera a busca por aperfeiçoamento, pela possibilidade de testar diversas

formas de alcançar os resultados (Gatt, Ulrich, & Seele, 2019). Os simuladores permitem que o usuário aprenda mais a cada uso.

Comparada a aulas (palestras), a simulação como método de aprendizagem possui maior eficácia em auxiliar na resolução de problemas (Farashahi & Tajeddin, 2018). A métrica usada por Farashahi e Tajeddin (2018) foi a análise fatorial de componente principal (PCA) para mensurar a eficiência do uso da simulação e de demais métodos de ensino. Os resultados do trabalho mostraram que a simulação possui um PCA médio 4.61, enquanto a aula possui PCA médio de 3.29. O uso de representações semelhantes ao ambiente real, facilita o aprendizado prático (Jaakkola & Veermans, 2020; McEnroe-Petitte & Farris, 2020). Os simuladores também servem para realizar ensino de instrumentos não disponíveis (Nascimento, Santos, Oliveira, Vieira, & Oliveira, 2018).

As atividades em simuladores, conseguem emular práticas com objetos reais (Damasceno, Nardi, Silva, Junior, & Cardoso, 2017). Com o uso dos simuladores, é possível ensinar tarefas com diversos equipamentos, sendo uma alternativa de ensino na carência de material necessário (Damasceno, Nardi, Silva, Junior, & Cardoso, 2017). Mas, juntamente com simbologias teóricas, auxilia na correlação entre prática e teoria (Jaakkola & Veermans, 2020). Assim, os usuários podem vivenciar práticas equivalentes as reais em simulações.

O ensino por meio da simulação, é uma forma prática e exploratória de testar e adquirir conhecimento. A simulação fornecesse diversas possibilidades e, a cada teste, os usuários registram o ocorrido, dessa forma a fixação dos conteúdos é fortalecida (Gatt, Ulrich, & Seele, 2019). Os testes efetuados com a simulação sanam os pontos fracos, devido à natureza de repetições que as simulações possibilitam (McEnroe-Petitte & Farris, 2020).

A aprendizagem por simulação, também é percebida como um método mais eficiente no desenvolvimento de habilidade e no autoconhecimento (em relação ao conteúdo testado) (Farashahi & Tajeddin, 2018). Ainda há registros que o uso de simulação, faz com que alunos se sintam mais motivados e aprendam de forma mais agradável (McEnroe-Petitte & Farris, 2020).

Tais fatores derivam do fato que experiências com simuladores provêm uma vivência parecida com práticas na vida real. Essa característica é reforçada por relatos que dizem “ver conceitos em prática” (Dickerson & Clark, 2018). Em comparação na realização de tarefas, com e sem simulação, os indivíduos que passaram pelo simulador, possuem desempenho melhor na maioria das vezes (Damasceno, Nardi, Silva, Junior, & Cardoso, 2017).

Por esses motivos, a simulação se apresenta como uma alternativa interessante para se embarcar no ambiente museal. Alunos relatam que o uso de simulação ensina conceitos que não seriam aprendidos em aula (Dickerson & Clark, 2018). Entregando uma experiência de ensino diferente do restante do museu, a simulação pode ensinar conceitos que, possivelmente, não seriam fixados em uma visita não interativa.

### 3.2 Jogos e tecnologias em museus

*Mystery at the Museum* é um jogo exploratório desenvolvido para o *Boston Museum of Science*, que promove interação entre os visitantes com auxílio de tecnologias móveis. A dinâmica do jogo instiga as pessoas a prestarem mais atenção na visita e colaborarem junto aos demais visitantes para que alcancem a pontuação no jogo. Este trabalho usa objetos virtuais escondidos nos ambientes, os quais devem ser procurados e identificados por meio de *tags* infravermelhas (Klopfer, Perry, Squire, Jan, & Steinkuehler, 2005).

O jogo *Gossip at palace*, proposto por Rubino, Xhembulla, & Malnati (2015), apresenta minijogos temáticos que são ativados por meio de imagens capturadas pelo celular em ambientes do museu, direcionando o visitante para outros espaços do museu de acordo com a assertividade

das respostas. O enredo do jogo apresenta personagens inspirados em culturas de diversas eras. Um destes personagens é um espião e fica cada vez mais fácil identificar o traidor conforme o desenrolar do jogo. A cada partida é alterado o traidor, para que a experiência não seja prejudicada por outro visitante do museu. Além desses métodos de identificação de ambientes/objetos, para relacionar a visita ao museu com um jogo interativo, os autores utilizaram a tecnologia como meio de adicionar informações que não estão presentes no museu.

Uma caça ao tesouro no espaço do Norsk Telemuseum foi a proposta de Ceipidor, Medaglia, Perrone, Marsico e Romano (2009). Por meio de QR Code espalhados pelo museu, informações das obras eram apresentadas a crianças, incentivando-as a percorrerem o museu e obterem maiores informações acerca das obras. As pesquisas ora apresentadas revelam o potencial do uso da tecnologia nos museus, em especial os jogos digitais, no sentido de promover o maior interesse e a interação dos visitantes com o acervo e informações disponibilizados nesses importantes espaços culturais.

### 3.3 Trabalhos relacionados

Para esta pesquisa, foram avaliados alguns jogos de simulação com características semelhantes ao que se pretendeu desenvolver, os quais são apresentados nas subseções a seguir.

#### 3.3.1 *Universe Sandbox*

O Universe Sandbox é um simulador de espaço que permite ao usuário criar, destruir e interagir com diversos corpos celestes, simulando sua física em tempo real. Entre as características simuladas estão a gravidade, o clima, a colisão entre diversos corpos e as interações entre materiais diferentes (Universe Sandbox, s.d.). A Figura 2 apresenta uma simulação de deformação de superfícies, por meio do impacto de planetas com asteroides e cometas, criando crateras fundidas.



Figura 2: Impacto de planetas e asteroides.

Fonte: Universe Sandbox (s.d.)

#### 3.3.2 *Calango*

Calango é um jogo de simulação, situado na região do rio São Francisco, no qual o jogador controla e edita um lagarto, com a finalidade de sobreviver e passar de fase. O jogo pretende



ensinar o conceito de evolução aos jogadores (Loula, Calmon, Castro, & El-Han, 2011). A Figura 3 apresenta a interface do jogo.



Figura 3: Interface do jogo Calango.

Fonte: Loula, Calmon, Castro, & El-Han (2011).

### 3.3.3 *City Skyline*

O City Skyline é um simulador de cidades no qual o usuário tem como objetivo criar e gerir uma cidade. Durante o jogo haverá diversos eventos com os quais o jogador terá que lidar para fazer a cidade crescer; cada escolha gera consequências no jogo, que tem como variáveis, dentre outras, educação, hidroeletricidade, polícia, bombeiros e saúde (Steam, 2017). O jogo ainda possui simulação de tráfego, distritos e políticas, no qual o jogador escolhe como aplica políticas públicas e simulação de tempo, sendo que os períodos do dia interferem na simulação como um todo. A Figura 4 apresenta um cenário da cidade no jogo.



Figura 4: Simulação da cidade no Skyline.

Fonte: Steam (2017).



### 3.3.4 *Spore*

*Spore* é um simulador de vida criado pela Maxis, no qual o jogador assume o papel de um ser unicelular que terá que evoluir passando por diversos tipos diferentes de obstáculos (Vinha, 2014). O jogo usa a ideia da evolução para desenvolver sua simulação. Os traços que o usuário adquire para seu personagem, no decorrer da *gameplay*, devem ser usados para a sobrevivência e evolução. O jogo desenvolve a temática até chegar em civilizações e a exploração espacial. O principal diferencial é que nesse jogo, o jogador escolhe os traços e estratégias para conseguir manter sua espécie, enquanto a simulação joga contra ele. A Figura 5 apresenta a interface do jogo.



Figura 5: Interface do jogo Spore.

Fonte: Vinha (2014).

## 3.4 Fundamentos técnicos

Para um melhor design de interação é necessário saber com quais conceitos de criação se está lidando, desta forma, alguns pilares são fundamentais para o Ocean Simulator, assim estão listados nas subsecções a seguir os principais conhecimentos aplicados no jogo.

### 3.4.1 *Interface Humano-Computador*

Tendo em vista a melhor capacidade de uso do software, para que ele possua maior usabilidade, ou seja capacidade que um software possui em ser de fácil manuseio para seu usuário, de maneira que a tarefa a ser realizada pelo mesmo, não demande muito esforço e/ou tempo (Barbosa, 2010), optou-se pela interface *touch* como meio de interação com o objeto de aprendizagem.

A interface *touch* é mais intuitiva para os usuários no uso de software se comparada ao teclado e mouse, na realização de tarefas (Ferreira, 2014). Desta forma, a interação do usuário com o sistema é feita pelo movimento de tocar e arrastar os elementos (animais, barco) dispostos na barra lateral para a área da simulação, onde esses elementos ganham “vida”.

### 3.4.2 *Elementos biológicos e ambientais*

Para o desenvolvimento do software, foi necessária a realização de pesquisa na área da biologia para que os comportamentos dos NPCs (personagem não jogável) fossem similares à realidade. Para tal, os seguintes conceitos foram analisados: fatores bióticos (produtores, consumidores, decompositores) e fatores abióticos (luz, temperatura).

Fatores bióticos em biologia são os efeitos causados por organismos em um ecossistema que geram condições às populações que os formam. Considerando a obtenção de alimentos, os organismos classificam-se em (Paz, Abbeg, Alves Filho, & Oliveira, 2006):

- Produtores: seres autótrofos, que não precisam se alimentar de outros animais, pois produzem seu próprio alimento, por meio de fotossíntese ou por meio de quimiossíntese;
- Consumidores: são animais que comem outros para se manterem vivos. Há diferentes graus de consumidores, por exemplo, o animal que se alimenta de produtores é o consumidor primário, o que se alimenta do consumidor primário é o consumidor secundário e assim por diante;
- Decompositores: são seres microscópicos como bactérias e fungos que se alimentam dos restos alimentares dos consumidores e com isso devolvem nutrientes ao ambiente marinho.

Fatores abióticos são todas as influências do ambiente que os seres vivos recebem, quer sejam de ordem física ou química, tais como luz, temperatura, compostos orgânicos e inorgânicos (Paz, Abbeg, Alves Filho, & Oliveira, 2006).

### 3.4.3 Máquina de Estados Finitos

Máquina de estados finitos é um modelo criado para representar estados de um software, no qual os estados são finitos e o software está em um estado de cada vez; o estado que o software se encontra no momento é denominado de estado atual. A transição entre cada estado é dada por meio de uma condição, chamada de atividade (Santos, 2004). O exemplo da Figura 6 mostra dois estados, o estado “A” e o estado “B”, considerando que o estado atual seja o “A”, a atividade que leva ao estado “B” é a atividade “Próxima Letra”. Quando estiver no estado “B” a condição para ir ao estado “A”, é a atividade de “Letra anterior”.

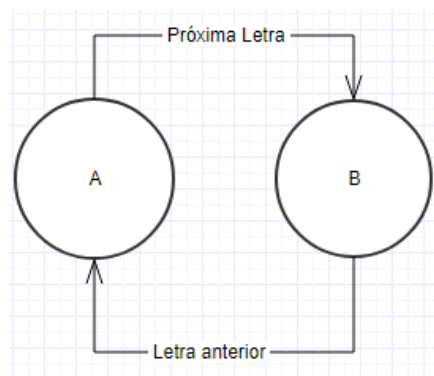


Figura 6: Exemplo de máquina de estados finitos.

Fonte: Silva, Alves & Muller (2018).

## 4 Resultados

O *Ocean Simulator* é um software que possibilita a criação livre de um ambiente oceânico e sua simulação que mostra, de forma mais realística possível, sua viabilidade, possibilitando a aprendizagem de informações importantes sobre ecossistema marinho e seus funcionamentos. De forma interativa e divertida, o usuário pode aprender como funciona um ecossistema marinho e como a interferência humana pode afetar os seres que nele habitam, como desequilíbrio e até mesmo a extinção de espécies.

#### 4.1 Descrição da ideia

Seguindo conceitos básicos de um ecossistema, como pirâmide de energia, cadeia alimentar e limite populacional, desenvolveu-se um jogo-simulação que entrega dados similares aos encontrados na natureza, a fim de transmitir tais conceitos aos usuários.

Para o projeto *Ocean Simulator*, optou-se por utilizar a máquina de estados finitos para descrever os possíveis comportamentos de cada ser vivo que possa ser inserido pelo usuário no ambiente de simulação. Esses seres vivos são considerados NPCs pois não serão controlados pelo usuário, que apenas poderá observar os comportamentos dos animais a partir do momento que esses são inseridos no ambiente. O comportamento de cada NPC irá variar de acordo com sua ordem na cadeia alimentar, a interação com outros NPCs, bem como com relação aos seus aspectos de reprodução.

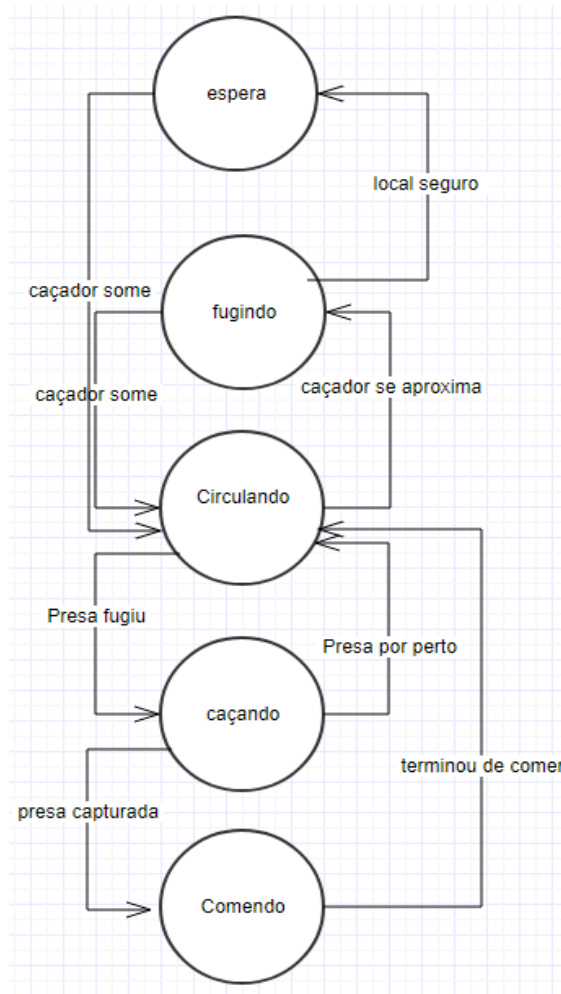


Figura 7: Máquina de estados de um NPC.

Fonte: Silva, Alves & Muller (2018).

Um esboço da máquina de estados dos NPCs não consumidores primários na cadeia alimentar estão representados na Figura 7 na qual apresentam-se as ações que os NPCs irão fazer de acordo com o estímulo de outros NPCs que estão no ambiente simulado. Pode-se observar que o comportamento do NPC se inicia em um estado que ele apenas circula pelo ambiente e o encontro com outros NPCs dispara eventos que levam a outros estados. Essa máquina de estados tende a se tornar mais complexa com a adição de atributos, como por exemplo, um animal termina de comer, ele fica satisfeito e por um tempo fica com a ação de caçar desativada.

Há outros aspectos da biologia dos animais marinhos que também devem ser simulados para que todos os conceitos escolhidos no desenvolvimento da ideia base sejam atendidos na simulação. Um desses aspectos é a reprodução, que é necessária para que haja o crescimento populacional, dado pelas seguintes premissas: (a) o animal precisa de um parceiro da mesma espécie e do sexo oposto e (b) o animal precisa estar em idade de acasalamento. Ainda há especificações no acasalamento que variam de espécie para espécie, tais como animais que põem ovos ou que a gestação ocorre dentro do animal. Há espécies que necessitam de um lugar próprio para que o acasalamento ocorra com sucesso e há animais que após encontrar um parceiro, não acasalam com outros.

Plantas marinhas são representadas de forma mais simples. Após inseridas na simulação, as plantas irão crescer com o passar do tempo, gerando novas plantas independentemente. Ao serem consumidas por um consumidor primário, a planta sofrerá dano até que morra.

Consumidores primários não se alimentam de outros animais, por esse motivo, a ação de caça se torna nula, mas o animal ainda precisa se alimentar, mas tendo em vista que o animal não irá devorar toda sua “presa”, a ação de alimentar será cessada quando o animal estiver satisfeito. As espécies de animais e vegetais presentes no jogo foram escolhidas com o auxílio dos biólogos do MOVI, os animais são: copépoda, krill, sardinha, atum, tubarão. As plantas são duas espécies de algas: fitoplâncton (unicelulares) e fitobento (pluricelular).

## 4.2 Arte

O desenvolvimento de arte no projeto *Ocean Simulator* foi realizado por meio do estudo de técnicas de ilustração devidamente voltadas para a área de desenho cartoon 2D. Estilo de arte com traços vetorizados mais simples e direcionados ao público mais jovem que possibilitam a fácil compreensão dos animais marinhos representados na tela com o uso de poucos traços, gerando mais oportunidade de animação e mais elementos gráficos a serem desenvolvidos.

Com a direção de arte centralizada em um estilo específico de arte foi possível dar início ao processo de criação de *assets* e elementos de interface gráficas, como silhuetas, estudo de paletas de cor, geração de alternativa e *key frames* de animação.

Focado no estudo da vida marinha, realizou-se construção de um moodboard que reúne as imagens principais de referências de cada animal marinho tal como: forma, tamanho, cor e habitat. Desta forma desenvolveram-se as várias alternativas de cada animal. A geração de alternativas da silhueta dos animais, possibilitou fácil reconhecimento visual da forma do personagem, mesmo em um ambiente com baixa pregnância de formas na tela, a serem identificadas, e sujeitando as alternativas para aprovação.

Com a escolha da silhueta do animal e com suas características próprias realizou-se o estudo das cores a serem utilizadas, e detalhamento que definem o personagem e lhes dá a característica principal de suas ações. O estudo de cores e tons para cada animal marinho, manteve-se fiel a referência em moodboard, apenas em alguns casos a escolha da paleta de cores teve de ser alterada para facilitar a identificação do personagem na tela, como é o caso de animais de nível quase microscópicos, como krill e copépoda, cuja transparência na vida real dificultaria o usuário a manipular e visualizar o personagem no simulador, a Figura 8 exemplifica isso.

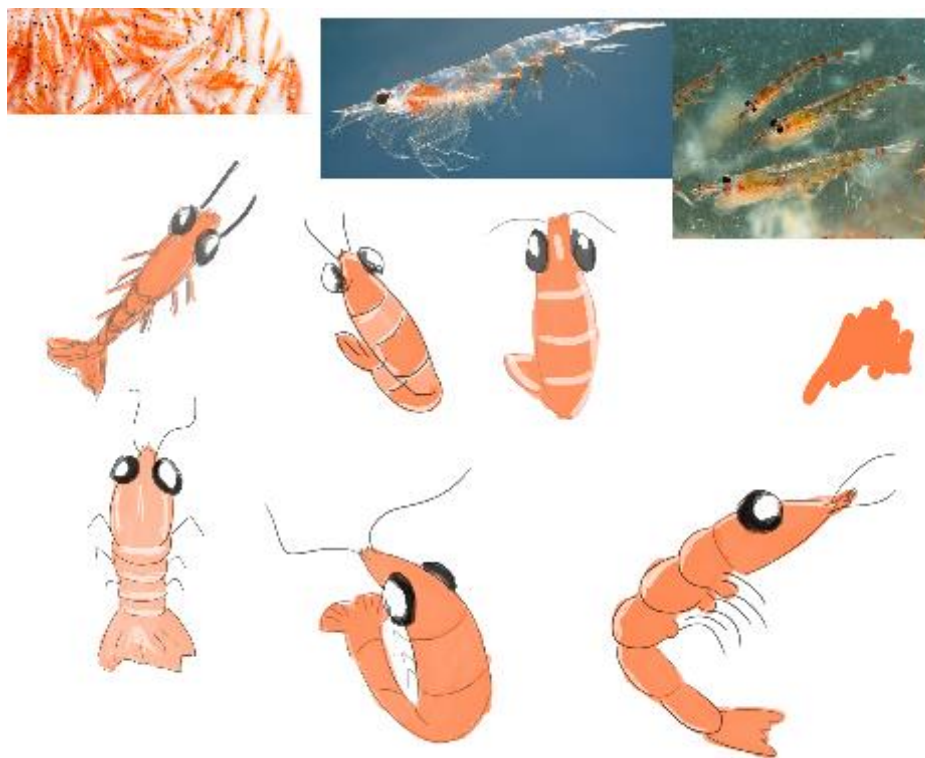


Figura 8: Tela de Conceito de Criação.

Fonte: Silva, Alves & Muller (2018).

Quanto ao estudo de formas e cores para a interface do software, optou-se por manter cores frias que remetem melhor percepção e imersão ligados ao tema do projeto. A questão principal em balancear os tons de azul é inserir cores mais escuras entre os tons para passar a impressão de profundidade, e melhorar o background da interface padronizada por todo o software.

Botões e elementos tangíveis da interface, também passaram por processo de geração de alternativas e cores, para melhor identificação do usuário quanto a associação cognitiva da cor e da forma atribuída na ação resultante de sua seleção. Há inversão de cores dos botões e degradês usados para representar ações de clique.

O uso de softwares de arte e vetores gráficos como Adobe Illustrator e Adobe Photoshop, e com auxílio de uma mesa gráfica de desenho possibilitaram a criação dos vetores de cada animal e por fim sua coloração voltada para parte artística, cada frame sobreposto e redesenhado para inspirar comportamento orgânico de cada personagem animado.

Cada animação possui até cinco frames que possibilitam movimentação orgânica nos personagens, todos vetorizados e ilustrados em 2D estilo cartoon, desde as alternativas dos *concept art*, até sua versão final gerada para o produto.

Para o desenvolvimento da interface e dos animais marinhos foram utilizados conhecimentos na área de direção de arte voltada para a criação de personagens e estudo cromático, inserindo cores frias ao layout do projeto aproximando-o mais do objetivo de simular o ciclo de vida marinha em seu habitat natural.

### 4.2.1 Implementação

O jogo foi desenvolvido na *engine* Unity e seus algoritmos codificados na linguagem de programação C# (c-sharp), os quais foram desenvolvidos seguindo a lógica das máquinas de estados criadas na etapa anterior do projeto.

A programação da simulação do software adotou técnicas de programação orientada a objetos. Como exemplo apresenta-se a função “Verifica”, que é uma função de controle, a qual chama outras funções de acordo com certas condições geradas por meio da interação do animal com o ambiente simulado e com variáveis internas dele mesmo. Nela, a escala de prioridade das ações se dá pela organização das verificações feitas na função, a qual pertence à classe que comanda o comportamento do animal simulado e possui parâmetros iniciais facilmente editáveis, os quais podem ser definidos pela interface do próprio Unity, assim se tornando genérico e facilitando a criação de novos animais. O código 1 mostra a função de controle dos animais postos em cena.

```
void Verifica()
{
    if (emGestacao)
        if (tempoGerindo < 0)
            parirFilho();

    if (fugadeanimal)
        fuga();

    if (irParaLocalSeguro)
        irLugarSeguro();

    if (andarAleatorio)
        andarAleatoriamente();

    if (cacaAnimal)
        if (fome < 70) caca();

    if (tempoDeResguardo < 0)
        tempoDeResguardo = 0;

    if (acasalar && aptoAAcasalar && !emGestacao
        && !assexuada && tempoDeResguardo <= 0)
        irParaAcasalamento();
    else
    {
        if (acasalar && aptoAAcasalar && !emGestacao
            && assexuada && tempoDeResguardo <= 0 ) {
            reproduzirAssexuado();
            tempoDeResguardo = tempoDeGestacao;
        }
        else
        {
            if (Time.timeScale != 0)
                tempoDeResguardo = tempoDeResguardo - 0.0004f;
        }
    }
    atualizaIdade();
    morrerDeFome();

    if (Idade > idadeMorte)
        Destroy(this.gameObject);
}
```

Código 1: Função de verificação de estado.

Fonte: Silva, Alves & Muller (2018).



#### 4.2.2 Jogabilidade

O jogo foi criado para dispositivos com tela tátil, mas podendo também ser jogado com mouse. A ideia que seja jogável por vários jogadores de forma colaborativa no mesmo dispositivo, por ser um jogo voltado ao ambiente de visitação do museu. O número máximo de usuários simultâneos durante a simula o   limitado pela capacidade de toques identificados pelo dispositivo no qual estiver instalado.

No *Ocean Simulator*, o usuário não assume a posi o de um personagem no ambiente do jogo, como ocorre no jogo simulador, Euro Truck Simulator 2 (Eurotrucksimulator, s.d.), O modo de jogo se assemelha ao do Universe Sandbox, no qual o usuário insere e modifica planetas e condi es físicas (Universe Sandbox, s.d.). No *Ocean Simulator* o usuário efetua o controle sobre os eventos que ocorrem no ambiente adicionando/apagando objetos nesse mundo virtual, de forma que as leis desse jogo respondam às suas intera es.



Figura 9: Interface in game do *Ocean Simulator*.

Fonte: Silva, Alves e Müller (2018).

Criou-se uma interface na qual op es de seres vivos a serem inseridos na simula o estejam dispostas nas laterais da tela e a simula o ocorre no centro da tela, como os comportamentos programados. A Figura 9 apresenta a interface *in game* do jogo. A inser o de seres vivos na simula o se d  com a a o de selecionar a representa o gráfica do animal que se deseja nas laterais e arrastá-lo até   área da simula o e soltá-lo. A partir desse momento o usuário não poderá mais mover o animal posto na simula o, e a IA terá como tarefa agir de forma a imitar com a maior semelhança possível, as a es de um animal que estaria no meio marinho.

Com o cenário montado, o usuário ver  como os animais reagem   situa o criada por ele, podendo presenciar um desequilíbrio ecológico, com uma espécie tendo seu crescimento populacional desequilibrado, ver espécies sendo extintas, recursos naturais acabando, ou conseguir o equilíbrio ecológico, entre mais eventos que podem ser causados. Ainda, pode inserir um fator abiot ico, que   um barco de pesca, que poderá eliminar todos os animais nos trechos por onde passar no cenário, simulando uma pesca de arrasto.

#### 4.2.3 Processo de avaliação do Ocean Simulator

Para a avaliação do *Ocean Simulator* realizou-se uma pesquisa qualitativa por meio de alguns experimentos com seu público-alvo – visitantes do MOVI, no próprio espaço do museu. A coleta se deu por meio de observação participativa, vídeos, fotografias, e entrevista semiestruturada e aberta. Os dados foram analisados empiricamente, identificando as interações, as sugestões, as reações dos usuários, os problemas encontrados no uso e operação do software, de forma a gerar subsídios para sua adequação e averiguação do potencial de uso no museu.

Os experimentos trouxeram dados para a avaliação do *Ocean Simulator*, os quais serviram para a análise nos seguintes aspectos: experiência, aprendizagem, interação e funcionamento. A coleta de dados se deu por meio de observação dos usuários pelos pesquisadores, as quais foram registradas, incluindo os tempos de atividade com o software.

A entrevista com os usuários após o experimento teve por propósito averiguar a compreensão dos conceitos e a satisfação com o software. Na satisfação, o foco estava em saber se o usuário conseguiria interagir de forma eficiente com o software, ou seja, qual a facilidade em executar os comandos desejados, sua satisfação e diversão. Também foram coletados dados junto aos funcionários e estagiários do museu, por meio de entrevistas abertas.

#### 4.2.4 Experimentos do Ocean Simulator

O *Ocean Simulator* foi experimentado em eventos ocorridos no MOVI, em que os usuários puderam utilizar o software de forma livre. Os usuários foram observados pelos pesquisadores, os quais eventualmente orientaram e sugeriram interações com o software. O foco das observações mudou conforme o evento. No primeiro evento o foco estava na aprendizagem, no segundo evento, a acessibilidade era a característica central observada.

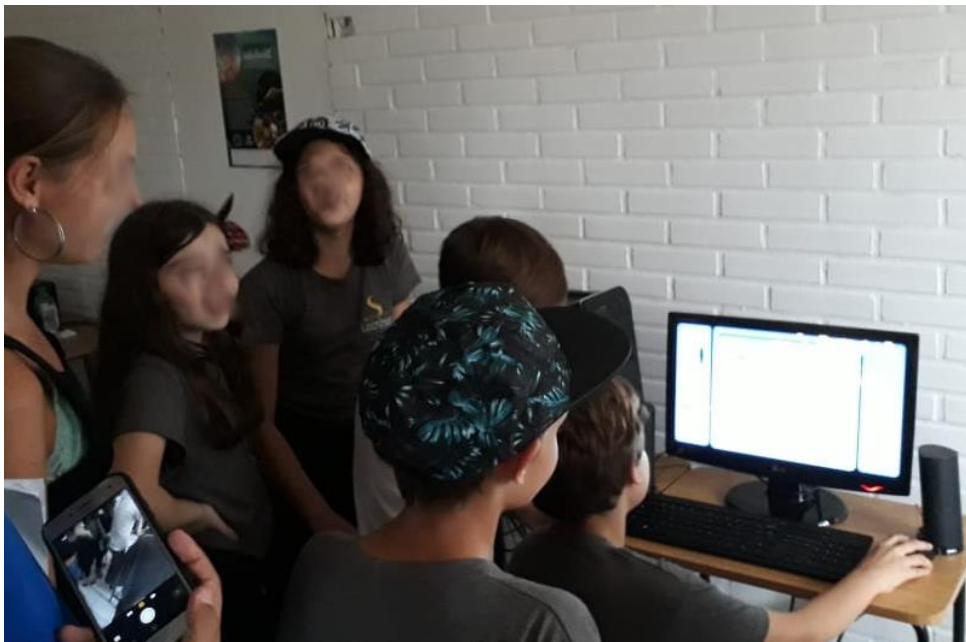


Figura 10: Visitantes experimentam o Ocean Simulator na semana dos museus.

Fonte: Silva, Alves & Müller (2018).

##### 4.2.4.1 Semana dos Museus

A Semana dos Museus que ocorreu entre os dias 14 e 20 de maio de 2018 permitiu a oportunidade de levar o software construído para avaliação e experimentação dos seus usuários finais –

visitantes e funcionários do MOVI. Isso permitiu identificar percepções sobre a experiência de uso do programa. Na tarde em que o software foi disponibilizado para utilização, tivemos a participação de estudantes do ensino fundamental dos anos finais. A Figura 10 apresenta os visitantes brincando com o *Ocean Simulator*.

Percebeu-se um grande interesse dos visitantes em testar o limite de animais possíveis de se pôr no software. Eles tentavam inserir o máximo de animais de uma mesma espécie na simulação até que o limite de processamento do computador fosse atingido. Com esse comportamento vindo do usuário, a simulação respondia de acordo com o algoritmo e padrões de alimentação, tempo de reprodução, entre outros parâmetros internos da simulação.

Após a inserção de enorme quantidade de animais em tela, eles envelheciam ao ponto de estarem aptos a acasalar, e como o posto em maior quantidade era o krill (ovíparo), ocorreu uma enorme desova na simulação (Figura 11). Na eclosão dos ovos houve o aparecimento de uma enorme quantidade de krills, os quais não viviam muito, pois não havia alimento suficiente para se manter essa população, desta forma foi validado o conceito de limite populacional, e ensinando os efeitos do desequilíbrio ecológico.



Figura 11: Avanço populacional.

Fonte: Silva, Alves & Müller (2018).

No decorrer da experimentação, o usuário repetiu o experimento, só que dessa vez colocando algas para que os krills não morressem de fome. Por causa dessa adição de elemento na simulação, os krills se multiplicaram e a curva de crescimento populacional se tornou exponencial. Nesse momento, a bióloga responsável pela área educacional do museu, que também participou do desenvolvimento como especialista, indicou ao usuário a inserção na simulação de alguns atuns.

Os atuns são predadores naturais dos krills, e a inserção deles na simulação fez com que a população de krills fosse “controlada”. Após os atuns estarem em simulação, eles começaram a comer os krills, e um equilíbrio se estabeleceu no ambiente simulado. Outros usuários interagiram com o software e realizaram experiências similares, mas envolvendo outros animais da simulação, como o tubarão.

A experiência permitiu identificar algumas melhorias a serem implementadas, como a necessidade de minimizar o tempo em que os animais postos na simulação consigam viver sem se alimentar, desta forma, não entrando no acasalamento antes de precisarem se alimentar pela primeira vez. Outras melhorias se deram com relação à arte, que após a experiência foi revisada para deixar os animais mais orgânicos, com movimentos mais suaves nos seus deslocamentos no ambiente aquático simulado.

Com o intuito de identificar as aprendizagens com o software, os visitantes foram questionados quanto a sua percepção sobre o *Ocean Simulator*. A Tabela 1 apresenta as perguntas e algumas respostas obtidas ao final do experimento. A Tabela 2 apresenta as anotações feitas pelos observadores. Observa-se que os visitantes ficaram motivados pelo software, relatando que acharam “bonito”, “legal”, “divertido”. Esses relatos nos direcionam ao atendimento dos objetivos do projeto, relacionados ao fator entretenimento, a ser proporcionado no ambiente do museu. O fator diversão é fundamental para o engajamento do visitante, pois é por meio dele que a atividade se torna atrativa e amplia a possibilidade de aprendizagem.

Tabela 1: Entrevista com visitantes.

Perguntas	Respostas
Como foi a experiência com o <i>Ocean Simulator</i> ?	<p>Usuário 1. Muito divertido, os krills se procriam muito rápido e senão por uns atuns, eles dominam o jogo todo.</p> <p>Usuário 2. Foi legal, os animais são bonitinhos.</p> <p>Usuário 3. É divertido, não sabia que atum come sardinha.</p> <p>Usuário 4. São bem legais os animais.</p> <p>Usuário 5. É legal pôr os animais e ver o que acontece.</p> <p>Usuário 6. Gostei, é divertido arrastar os animaizinhos</p> <p>Usuário 7. Muito divertido, se colocar bastante krills eles ficam na tela toda.</p>
O que mais lhe chamou atenção?	<p>Usuário 1. A quantidade de ovos que os krills colocam, se não pôr um atum eles dominam o mar.</p> <p>Usuário 2. Os peixinhos fugindo do tubarão.</p> <p>Usuário 3. Os peixes fugindo do tubarão e os krills se multiplicando.</p> <p>Usuário 4. Os tubarões, eles comem muito.</p> <p>Usuário 5. A velocidade que os krills se espalham na tela.</p> <p>Usuário 6. Os peixes se escondendo no coral e o tubarão esperando eles saírem.</p> <p>Usuário 7. Os krills, eles se pegam a tela toda.</p>
O que você aprendeu com o jogo?	<p>Usuário 1. Os atuns comem sardinha e comem krills, e se você quiser tirar eles têm que por atuns. Também que os tubarões comem todos os atuns.</p> <p>Usuário 2. Os krills se multiplicam muito e são comidos pelos peixinhos. O tubarão come os peixinhos. E os plânctons comem as algas.</p> <p>Usuário 3. Os peixinhos são comidos pelos tubarões, e os krills são comidos pelos peixinhos.</p> <p>Usuário 4. Os tubarões comem muitos peixinhos até ficarem satisfeitos. O meu comeu 15 peixinhos cinza (sardinhas). Os azuis (atuns) ele comeu menos.</p> <p>Usuário 5. Os krills se crescem muito, se não tiver uns peixes para comer eles, eles dominam o oceano. Também precisa de uns tubarões para controlar os peixes.</p> <p>Usuário 6. Se comer todos os peixinhos, depois de um tempo, os tubarões somem, mesmo tem muitos krills na tela.</p> <p>Usuário 7. Tem que por uns peixes para os krills não dominarem o mar. Mas tem que ser do mesmo peixe, se não os grandes (atuns) comem os pequenos (sardinhas).</p>

Fonte: dados coligidos pelos autores

Tabela 2: Tempo de uso e anotações feitas pelos observadores.

Aspecto	Anotações
Tempo em minutos	(Usuário 1) 6.2, (Usuário 2) 3.4, (Usuário 3) 3.9, (Usuário 4) 3.7, (Usuário 5) 5.1, (Usuário 6) 5.8, (Usuário 7) 3.9
Dificuldades com a interface	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 O usuário 1 não possuiu uma interação intuitiva. Ele tentou clicar algumas vezes e estava quase saindo quando foi mostrado como funcionava.</li> <li>2 Os usuários 2, 3 e 4 estavam juntos ao usuário 1, já sabiam como funcionava, e não apresentaram dificuldades.</li> <li>3 Os usuários 5 e 6 eventualmente erravam o plâncton quanto tentavam colocar, uma possível solução é aumentar o ícone.</li> <li>4 O usuário 7 ao tentar limpar a tela de simulação fechou a aplicação. Mudar o posicionamento dos controles evitará esse ocorrido.</li> </ol>

Fonte: dados coligidos pelos autores

Os usuários relacionaram a informação sobre os aspectos biológicos com os cenários gerados na simulação. Em geral, a informação melhor fixada foi a que os animais sem predadores possuem um crescimento populacional elevado, como se pode observar na fala “*Os krills se crescem muito, se não tiver uns peixes para comer eles, eles dominam o oceano*” (Usuário 5). O aumento populacional é um evento dentro da simulação que toma grande parte da área de simulação, como se pode observar na figura 11, e esse é o provável motivo de ser mais marcante aos usuários. A segunda informação melhor fixada é da cadeia alimentar, em que os usuários aprenderam qual animal é predador de qual animal, como se observa na fala “*Os atuns comem sardinha e comem krills, e se você quiser tirar eles têm que por atuns. Também que os tubarões comem todos os atuns*” (Usuário 1).

Do ponto de vista dos funcionários e estagiários do museu que participaram da experiência com os visitantes, o *Ocean Simulator* é muito interessante, traz diversão e aprendizagem, estando alinhado com a temática do MOVI. Como sugestão indicaram adicionar uma maior variedade de animais para a simulação.

#### 4.2.4.2 12° Primavera dos Museus

A segunda avaliação do *Ocean Simulator* se deu na 12° Primavera dos Museus (Figura 12), realizada em 21 de setembro de 2018, tendo por tema “Celebrando a Educação em Museus”. Neste dia o MOVI ofereceu visita mediada, oficina de toque às cegas e o uso das tecnologias digitais. Foram participantes da visita alunos da APAE de Piçarras, crianças do Abrigo Municipal e algumas senhoras da APAB (Grupo de dança sênior). Estes constituíram-se usuários diferenciados da primeira experiência, haja vista a presença de pessoas com deficiência e pessoas da terceira idade.

A participação desse público diferenciado permitiu observar a interação desses com o software, em especial aqueles com deficiência. Esses apresentaram dificuldades em manipular os objetos da interface, com relação ao movimento de segurar e arrastar. Aqui recomenda-se uma maior avaliação dos critérios de acessibilidade em jogos digitais, de forma a ampliar as possibilidades de uso do *Ocean Simulator*.





Figura 12: Teste na primavera dos museus.

Fonte: Os autores (2018)

Em todos os experimentos, observou-se que os visitantes gastavam em média uns 15 minutos interagindo com o software e pareciam se divertir bastante colocando os animais na simulação e vendo como a intervenção deles no ambiente podia promover um equilíbrio na cadeia alimentar ou a extinção de todos os animais.

## 5 Considerações Finais

Este artigo apresentou a criação do objeto de aprendizagem *Ocean Simulator* que teve por objetivo disponibilizar ao Museu Oceanográfico Univali – MOVI - tecnologias para proporcionar a aprendizagem associada ao contexto de um museu oceanográfico. Optou-se pelo uso das telas táteis para oferecer ao visitante do museu uma alternativa intuitiva de manipulação dos softwares.

A escolha da simulação como gênero de jogo, se deu no sentido de que esta é uma abordagem que permite apresentar e simular situações reais, visando a compreensão dos fenômenos e, no caso específico, a intervenção humana num ecossistema. Considerando o usuário – visitantes do MOVI – que abrange um público-alvo muito variado e dispõe de poucos momentos para interagir com as tecnologias, a solução constitui-se em experiências que podem ser realizadas sem um limite de tempo para conclusão, dependendo somente do interesse e disponibilidade do usuário.

Desta forma, o software entrega uma simulação com o máximo de fidelidade da vida marinha, dentro dos padrões possíveis de um ambiente de visita museal, a ponto de que além de um objeto de aprendizagem, também seja um simulador com algoritmos capazes de prever eventos dentro das cadeias alimentares inseridas na simulação e suas reações a distúrbios causados pelo usuário.

Os experimentos realizados, mostraram a viabilidade e aderência do tipo de solução proposta. Foi possível perceber o interesse e curiosidade dos visitantes em manipular os objetos, diretamente relacionados com a visita ao museu realizada momentos antes. Porém, sugere-se como trabalhos futuros avaliar o software sob diferentes aspectos, considerando sua usabilidade, acessibilidade, funcionalidade e aprendizagem gerada com a experiência.



Com os experimentos realizados, pôde-se notar a aprendizagem de conceitos da vida marinha selecionados para o simulador, notadamente o limite populacional e a cadeia alimentar. As respostas dos usuários evidenciaram a percepção do crescimento populacional de espécies sem predadores, e o consequente desequilíbrio do sistema. O conceito do limite populacional ficou claro a medida em que se percebeu que determinada espécie se reproduz de forma descontrolada ou se extingue quando lhe falta alimento, e que os predadores são necessários para o restabelecimento desse equilíbrio. Os usuários foram capazes de perceber que algumas espécies só se alimentam de determinadas espécies, entretanto, o conceito de pirâmide de massa não ficou evidente, ou seja, a quantidade necessária de alimentos que cada espécie necessita para sobreviver.

As experiências com os usuários sugeriram melhorias, como contadores associados aos animais, os quais irão mostrar quantos animais/plantas eles comeram, para assim evidenciar o conceito de pirâmide de massa. Outra possível ampliação do projeto é a adição de novos animais ao simulador, de forma a aumentar as possibilidades de interação dos animais na cadeia alimentar. Há também a possibilidade de criar objetos de interação com finalidade didática, aproveitando os algoritmos e alterando a arte e os animais da simulação, desta forma criando, por exemplo um simulador de ecossistemas amazônicos, de animais terrestres, ou de microrganismos.

Considerando que o museu “é o lugar em que sensações, ideias e imagens de pronto irradiadas por objetos e referenciais ali reunidos iluminam valores essenciais para o ser humano. Espaço fascinante onde se descobre e se aprende, nele se amplia o conhecimento e se aprofunda a consciência da identidade, da solidariedade e da partilha” (Brasil, 2015), entende-se que as diferentes possibilidades de interação que podem ser obtidas por meio da tecnologia devam favorecer a aprendizagem no espaço museal. Haja vista que cada museu possui suas características e objetivos específicos, o desenvolvimento dos objetos de aprendizagem tornam-se objeto de investigação e pesquisa no intuito de prover informação e recursos que atendam às necessidades de suas instalações.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Univali e ao Art. 171 da Constituição do estado de Santa Catarina pelo financiamento da pesquisa e a equipe do MOVI pela parceria.

## Referências

- Almeida, P., Figueiredo, O., & Galvão, C. (2012). A argumentação em tarefas de manuais escolares portugueses de biologia e de geologia. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(1), 571-591. Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/172/116> [GS SEARCH]
- Barbosa, B. S. (2010). *Interação Humano-Computador*. Rio de Janeiro: Elsevier [GS SEARCH]
- Brandão, R. P., Bittencourt, M. I., & Vilhena, J. d. (2010). A mágica do jogo e o potencial do brincar. *Subjetividades*, 10(3), 835-862. Disponível em <https://periodicos.unifor.br/rmes/article/view/4949/3958> [GS SEARCH]
- Brasil. (2009) LEI Nº 11.904, DE 14 DE JANEIRO DE 2009. Institui o Estatuto de Museus e dá outras providências. Presidência da República - Casa Civil - Subchefia para Assuntos Jurídicos, 14 jan. 2009. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2009/Lei/L11904.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L11904.htm)

- Brasil. (2015). Os Museus. Portal do Instituto Brasileiro de Museus, 2015. Disponível em: <http://www.museus.gov.br/os-museus>
- Cavenaghi, A. J., Nascimento, A. M., & Pereira, V. B. (2014). Museu da Língua Portuguesa: tecnologia como atratividade turística na cidade de São Paulo. *Confluências Culturais*, 3(1). doi: [10.21726/rccult.v3i1.43](https://doi.org/10.21726/rccult.v3i1.43) [GS SEARCH]
- Ceipidor, U. B., Medaglia, C. M., Perrone, A., Marsico, M. D., & Romano, G. D. (2009). A Museum Mobile Game for Children Using QR-Codes. *proceedings of the 8th International Conference on Interaction Design and Children*, pp. 282-283. Disponível em <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=1551857> [GS SEARCH]
- Damasceno, E. F., Nardi, P. A., Silva, A. K., Junior, J. B., & Cardoso, A. (2017). 3D Virtual Simulation approach in Brazilian Vocational Education for Computers Network Adapted to Student Knowledge. *IEEE América Latina*, 1917-1925. doi:[10.1109/TLA.2017.8071236](https://doi.org/10.1109/TLA.2017.8071236) [GS SEARCH]
- Dresch, A., Lacerda, D. P., & Antunes Jr, J. A. V. (2015) Design Science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Porto Alegre: Bookman.[GS SEARCH]
- Dickerson, S. J., & Clark, R. M. (2018). A classroom-based simulation-centric approach to microelectronics education. *Computer Application in Engineering Education*, p. 14. doi:[10.1002/cae.21918](https://doi.org/10.1002/cae.21918) [GS SEARCH]
- Eurotrucksimulator. (s.d.). euro truck simulator 2. (SCS Software s.r.o.). Disponível em <https://eurotrucksimulator2.com/>
- Farashahi, M., & Tajeddin, M. (2018). Effectiveness of teaching methods in business education: A comparison study on the learning outcomes of lectures, case studies and simulations. *The International Journal of Management Education*, 131-142. doi:[10.1016/j.ijme.2018.01.003](https://doi.org/10.1016/j.ijme.2018.01.003) [GS SEARCH]
- Ferreira, D. d. (2014). Interação Natural por Meio de Gestos para Apoio a Docentes no Processo de Ensino em Saúde. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/6108> [GS SEARCH]
- Gatt, L., Ulrich, M., & Seele, P. (2019). Education for sustainable development through business simulation games: An exploratory study of sustainability gamification and its effects on students' learning outcomes. *Journal of Cleaner Production*, 207, 667-678. doi:[10.1016/j.jclepro.2018.09.130](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.130) [GS SEARCH]
- Irene Rubino, C. B., Xhembulla, J., & Malnati, G. (2015). Integrating a Location-Based Mobile Game in the Museum Visit: Evaluating Visitors' Behaviour and Learning. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, pp. 15-33. doi:[10.1145/2724723](https://doi.org/10.1145/2724723) [GS SEARCH]
- Jaakkola, T., & Veermans, K. (2020). Learning electric circuit principles in a simulation environment with a single representation versus “concreteness fading” through multiple representations. *Computers & Education*, 148. doi:[10.1016/j.compedu.2020.103811](https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103811) [GS SEARCH]
- Klopper, E., Perry, J., Squire, K., Jan, M.-F., & Steinkuehler, C. (2005). Mystery at the museum: a collaborative game for museum education. *Proceedings of the 2005 conference on Computer support for collaborative learning*, pp. 316-320 [GS SEARCH]

- Lopes, N., & Oliveira, I. (07 de 2013). Videojogos, Serious Games e Simuladores na Educação: usar, criar e modificar. *EFT-Educação, Formação e Tecnologia*, 6(1), pp. 4-20. Disponível em <http://www.eft.educom.pt/index.php/eft/article/view/346> [GS SEARCH]
- Loula, A. C., Calmon, J. H., Castro, L. N., & El-Han, C. N. (Novembro de 2011). Modelagem Ecológica para um Editor de Criaturas. *SBGames 2011 Computing Track*. Disponível em: [http://www.sbgames.org/sbgames2011/proceedings/sbgames/papers/comp/short/24-91965\\_2.pdf](http://www.sbgames.org/sbgames2011/proceedings/sbgames/papers/comp/short/24-91965_2.pdf) [GS SEARCH]
- Mayer, R. (2001). *Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press.
- McEnroe-Petitte, D., & Farris, C. (2020). Using Gaming as an Active Teaching Strategy in Nursing Education. *Teaching and Learning in Nursing*, 15, 61-65. doi:[10.1016/j.teln.2019.09.002](https://doi.org/10.1016/j.teln.2019.09.002) [GS SEARCH]
- Nascimento, E. O., Santos, D. A., Oliveira, F. L., Vieira, S. L., & Oliveira, L. N. (janeiro de 2018). Mobile Learning and Computational Simulation Applied in Environmental Acoustics. *IEEE Latin America Transactions*, 16(1), 265-271. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8291483> [GS SEARCH]
- Paragon. (s.d.). O QUE É SIMULAÇÃO? (Paragon). Disponível em <http://www.paragon.com.br/academico/o-que-e-simulacao/>
- Paz, A. M., Filho, I. A., Alves, J. d., & Oliveira, V. L. (2006). Modelos E Modelizações No Ensino: Um Estudo Da Cadeia Alimentar. *Ensaio*, 8(2), 133-146 [GS SEARCH]
- Pimentel, M. (2018). Um Pesquisador em Computação em Busca de um Modo de Fazer Pensar Pesquisas em Informática na Educação. *Brazilian Journal of Computers in Education*, [S.l.], v. 26, n. 01, p. 51, jan. 2018. ISSN 2317-6121. doi:[10.5753/rbie.2018.26.01.51](https://doi.org/10.5753/rbie.2018.26.01.51). Disponível em <http://br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/7177> [GS SEARCH]
- Rubino, I. C. B., Xhembulla, J., & Malnati, G. (2015). Integrating a Location-Based Mobile Game in the Museum Visit: Evaluating Visitors' Behaviour and Learning. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, pp. 15-33. doi:[10.1145/2724723](https://doi.org/10.1145/2724723). Disponível em <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2724723> [GS SEARCH]
- Santos, G. L. (2004). MÁQUINAS DE ESTADOS HIERÁRQUICAS EM JOGOS ELETRÔNICOS. Rio de Janeiro [GS SEARCH]
- Santos, M. C. T. M. (2001) MUSEU E EDUCAÇÃO: conceitos e métodos. Simpósio Internacional “Museu e Educação: conceitos e métodos”. São Paulo: USP.
- Shepherd, I., & Burton, T. (2019). A conceptual framework for simulation in healthcare education — The need. *Nurse Education Today*, 76(1), 21-25. doi:[10.1016/j.nedt.2019.01.033](https://doi.org/10.1016/j.nedt.2019.01.033) [GS SEARCH]
- Silva, L. D., Alves, A. G., & Müller, L. (2018). Educação museal com jogo de simulação de vida marinha. *SBC – Proceedings of SBGames 2018*, 1081-1087. Disponível em <https://www.sbgames.org/sbgames2018/files/papers/EducacaoFull/187346.pdf> [GS SEARCH]
- Silveira, C., Schuhmacher, E., & Schuhmacher, V. R. (2014). Objeto Virtual de Aprendizagem em Realidade no Ensino de Ciências. *Anais do Computer on the Beach*. Disponível em <https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/acotb/article/view/5309/2771> [GS SEARCH]
- Steam. (2017). Cities: Skylines. Disponível em [http://store.steampowered.com/app/255710/Cities\\_Skylines/](http://store.steampowered.com/app/255710/Cities_Skylines/)

- UNIVALI. (2019). Museu Oceanográfico Univali. Disponível em <http://www.univali.br/institucional/museu-oceanografico-univali/Paginas/default.aspx>
- Universe Sandbox. (s.d.). Universe Sandbox. (Giant Army). Disponível em <http://universesandbox.com/>
- Valente, J. A. (1993). Diferentes usos do computador na educação. Em Aberto(Ano 12), pp. 1-16.[[GS SEARCH](#)]
- Vinha, F. (2014). Crie e deixe o seu "animal" do jeito que achar melhor. Tectudo. Disponível em <http://www.techtudo.com.br/tudo-sobre/spore.html> [[GS SEARCH](#)]