

Estudo de métodos de modelagem tridimensional para a implementação de um Museu Virtual 3D sobre Ciências Antárticas

Study of three-dimensional modelling methods for a 3D Virtual Museum on Antarctic Sciences

Silvia Dotta

ORCID: [0000-0003-3555-1630](https://orcid.org/0000-0003-3555-1630)

Fabiana Costa

ORCID: [0000-0003-3596-0143](https://orcid.org/0000-0003-3596-0143)

Juliana Braga

ORCID: [0000-0003-2385-0051](https://orcid.org/0000-0003-2385-0051)

Sandra Freiburger-Affonso

ORCID: [0000-0001-7115-0733](https://orcid.org/0000-0001-7115-0733)

Matheus Lira

ORCID: [0009-0004-4496-3201](https://orcid.org/0009-0004-4496-3201)

Resumo

Este trabalho objetiva analisar metodologias para a produção de objetos 3D para a implementação de um museu virtual de ciências antárticas. O Museu Virtual 3D sobre Ciências Antárticas oferecerá duas formas de acesso ao acervo. A primeira permitirá que o usuário faça download dos objetos e possa imprimi-los em impressoras 3D. A segunda será o acesso interativo on-line, pelo qual o usuário poderá manipular os objetos, girando-os em todas as direções de um eixo XYZ. Foram modelados seis animais antárticos utilizando-se sculpt modeling, fotogrametria e tomografia. A comparação entre os processos permitiu identificar o tempo de produção, os recursos necessários, o conhecimento técnico e artístico, a facilidade de uso de softwares, a precisão alcançada nos resultados, a escalabilidade e a maleabilidade de cada método. Como resultado concluiu-se que a tomografia pode ser um método mais apropriado para modelar organismos microscópicos, o sculpt modeling é um processo mais lento e exige de aplicar, favorecendo a produção em grande escala.

Palavras-chave: Museu virtual. Modelagem 3D. Divulgação Científica. Ciências Antárticas.

Abstract

This paper aims to analyze methodologies for producing 3D objects to implement a virtual museum of Antarctic sciences. The 3D Virtual Museum on Antarctic Sciences will offer two ways to access the collection. The first will allow the user to download and print the objects on 3D printers. The second will be the online interactive access, through which the user can manipulate the objects, rotating them in all directions of an XYZ axis. Six Antarctic invertebrate animals were modeled using sculpt modelling, photogrammetry, and tomography. The comparison between the processes allowed identifying: the production time, the necessary resources, the technical and artistic knowledge, the software ease of use, the precision achieved in the results, the scalability and malleability of each method. As a result, tomography may be a more appropriate method for modelling microscopic organisms; sculpt modelling is a time-consuming process requiring more outstanding artistic and technical knowledge, and photogrammetry is faster and more accessible, more suitable for this work.

Keywords: *Virtual Museum. 3D Modeling. Science communication. Antarctic Sciences.*

1. Introdução

A ampliação do universo midiático sobre a Antártica e as pesquisas brasileiras conduzidas naquela região podem despertar a percepção e a sensibilização para sua importância, contribuindo para a formação de uma mentalidade antártica. O paradigma da divulgação científica que ampara os pressupostos deste trabalho sugere a democratização do conhecimento, a inclusão social e o acesso a saberes antes inacessíveis. Segundo Folador (2021), há grande “possibilidade de o museu virtual participar ativamente na transposição dos modelos de déficit cognitivo para modelos contextuais, mais democráticos e que valorizam o papel determinante que a sociedade tem nos rumos da ciência”.

Conforme sugerem Eichler e Del Pino (2007), o conceito de museu virtual é usado para descrever exposições interativas e não só para indicar a aplicação de sistemas imersivos em 3D presentes na realidade virtual. De fato, a realidade virtual pode ser entendida como uma forma de oferta de conhecimento e experiência pela interação homem-máquina (Morganti; Riva, 2006), na qual os usuários experimentam desde a sensação de receber a informação até a de, eventualmente, estar naquele ambiente elaborado, construindo, portanto, uma relação inclusiva entre si e este ambiente virtual (Bricken, 1994).

Eichler e Del Pino (2007) afirmam que museus virtuais são um tipo de museu de aprendizagem que provêm informações sobre as coleções físicas interligadas com informações digitais. No estudo citado, os autores levantaram não só as características e categorias dos museus virtuais, mas, também, as razões para o investimento em exposições virtuais, a saber:

- (i) falta de espaço físico; (ii) simulação de ambientes que não possuem mais existência atual ou real, ou necessitam ser reconstruídos, ou dificilmente podem ser alcançados, devido sua distância ou dificuldade de acesso, ou que sua visita seja difícil ou perigosa; (iii) acessibilidade, podendo ser acessada de maneira remota, desde locais muito distantes da exposição real, por múltiplos visitantes, ao mesmo tempo, de formas diferentes. (Lepouras et al. 20041, apud Eichler; Del Pino, 2007).

Walczak, Cellary e White² (2006, apud Eichler; Del Pino, 2007) sugerem que museus, em todo o mundo, possuem inúmeros artefatos não exibidos ao público devido aos espaços limitados, a fragilidade dos objetos ou ao elevado custo para criar e manter as apropriadas exposições. Nesse sentido, as novas tecnologias interativas de simulação e realidade virtual possibilitam a disponibilização de artefatos museais de outra forma inacessíveis e nos quais os visitantes podem interagir com os conteúdos digitais assim como fariam com os objetos concretos e reais, caso estivessem disponíveis.

O estudo de Amaral et al. (2020) destaca que os museus de ciências quando incorporam a interatividade por uma abordagem multidisciplinar e problematizadora, levando em conta os

aspectos social, cultural, científico e tecnológico, contribuem para a formação de cidadão crítico, participativo, cientificamente consciente e atraído para os debates políticos e sociais. Os autores ainda acrescentam não existir:

uma definição a respeito da melhor abordagem educativa em museus, cada um tem sua própria identidade, mas é crescente, a defesa de alternativas mais contemporâneas, para que seja possível que os museus ponham em prática, de maneira mais adequada e completa, a função de mediadores entre ciência e o público na sociedade moderna (Amaral et al. 2020).

No caso desta pesquisa, o Museu Virtual 3D sobre Ciências Antárticas oferecerá duas formas de acesso ao acervo. A primeira permitirá ao usuário realizar download dos objetos e imprimi-los em impressoras 3D, e compor o seu próprio kit museal 3D,, cujas orientações para a montagem serão disponibilizadas no ambiente virtual. O tema não está sendo tratado, por não compor os objetivos deste artigo. A segunda será o acesso interativo on-line, pelo qual o usuário poderá manipular os objetos, girando-os em todas as direções de um eixo XYZ. Esta proposta converge com as ideias de Sabbatini (2003)

O museu virtual deveria proporcionar experiências multimidiáticas autênticas em seu domínio, mas sem aspirar à autenticidade do objeto real, que por sua própria definição não pode ser mediada. Nunca haverá um museu virtual no sentido completo da palavra, uma vez que a visita virtual é fundamentalmente uma experiência midiática e não uma experiência museística (Sabbatini, 2003)

Como afirma Lévy (2003), a virtualização de objetos que possuem existência física pode tornar um acervo acessível e democrático. Nesse sentido,

o museu virtual pode ser considerado um meio de se promover a cultura científica, na medida em que possibilita o acesso àquelas pessoas que não conseguem visitar um museu físico, mas possuem a disponibilidade de visitá-lo por meio da internet, que pode ainda comportar-se como uma importante ferramenta de divulgação do local, despertando o interesse do visitante em conhecer também o museu físico (Folador, 2021, p. 129).

Em nossa pesquisa, com o intuito de levar temas antárticos ao horizonte conceitual de públicos não especializados, por meio de metodologias participativas, iniciamos o desenvolvimento de um museu de ciências virtual. Trata-se de um museu 3D concebido para engajar os diferentes públicos e levá-los a conhecer o ambiente antártico e desenvolver um melhor letramento científico. Os modelos deverão ser materializados por impressoras 3D e compor kits museais digitais e interativos com informações sobre os animais e amostras e orientações de como podem ser exibidos em feiras de ciências, atividades de sala de aula e museus, dentre outros.

Entendemos que a alternativa de um museu virtual 3D pode potencializar a democratização do conhecimento. Por esta razão, o Museu Virtual 3D de Ciências Antárticas parte do pressuposto de que a criação de um espaço virtual inclusivo possa viabilizar a interação do usuário com

elementos indisponíveis materialmente que sejam fundamentais para a conscientização e construção do conhecimento (neste caso, no que diz respeito às Ciências Antárticas). Assim sendo, este museu disponibilizará objetos virtuais representativos de coleções biológicas, paleontológicas e geológicas, obtidas pelos pesquisadores colaboradores quando em campo na Antártica. Os elementos modelados tridimensionalmente ficarão disponíveis para interação on-line e para download e impressão 3D, possibilitando que também o processo reverso (virtual-real) seja capaz de transmitir, quando experimentados virtualmente, o conhecimento sobre as formas impressas (e.g., morfologia dos organismos), auxiliando, portanto, o usuário na imersão do ambiente antártico e compreensão de sua importância.

Modelos 3D são gerados a partir de uma combinação de coordenadas cartesianas de pontos no espaço, os vértices (Cohen; Manssour 2006). Para manipular e alterar as características desses modelos são feitas transformações geométricas, como translação, rotação e escala (Oliveira et al., 2010). São dois os principais métodos utilizados para esta modelagem (Azevedo; Conci, 2003): o automático, ou matemático, obtido, por exemplo, com o auxílio de dispositivos de scanners 3D. Tal abordagem é, em geral, utilizada para modelar efeitos naturais, ou objetos que se pretendem realistas, de organismos microscópicos a paisagens. O segundo método é a modelagem “manual”, que se utiliza de softwares específicos (e.g., Blender®, Maya®) necessita de medidas tomadas de um modelo real (Azevedo; Conci 2003) e um profissional “modelador” para a sua confecção em ambiente virtual

São conhecidos bancos de objetos 3D, como o DigiMorph® e o Sketchfab®, por exemplo, onde é possível encontrar modelos 3D gratuitos para download e composição de um museu. Entretanto, em nosso caso, organizaremos um acervo virtual com milhares de animais antárticos pouco conhecidos do público e, portanto, pouco representados por esses bancos, salvo raras exceções, como os pinguins e krill. Para esta finalidade, portanto, é necessária a análise de diferentes métodos, automáticos e manuais, com o intuito de compreender suas limitações e potencialidades para esse tipo de produção, buscando-se, para tal, comparar o tempo de produção, os recursos necessários (como o conhecimento técnico e artístico), a facilidade de uso de software, a precisão alcançada no resultado, a escalabilidade e a maleabilidade de cada método.

2. Metodologia

A fim de compararmos os processos de modelagem de cada método durante a produção dos objetos 3D, foram selecionados seis animais marinhos antárticos. Os animais foram coletados ao longo dos últimos 40 anos na Baía do Almirantado, Península antártica, e pertencem à Coleção Biológica Prof. Edmundo F. Nonato do Instituto Oceanográfico da USP. A coleção é formada por milhares de espécimes, sendo mais de 15 mil coletados em expedições antárticas. Para este trabalho,

foram selecionados seis animais invertebrados, a saber: gastrópode, estrela-do-mar, anêmona, krill, anfípodes e esponja-do-mar. A seleção elencou os diferentes níveis de dificuldade para a execução da modelagem, levando-se em consideração suas características anatômicas, (e.g., presença de apêndices muito finos e simetria corporal mal definida). Um estudo sobre a anatomia de cada animal com base em Hickman et al. (2016) e complementado com pesquisas exploratórias na web.

Todos os animais foram submetidos aos testes de modelagem a partir de diferentes métodos e por profissionais de diferentes áreas. Foram realizados estudos com as seguintes metodologias:

Modelagem “manual” - sculpt modeling

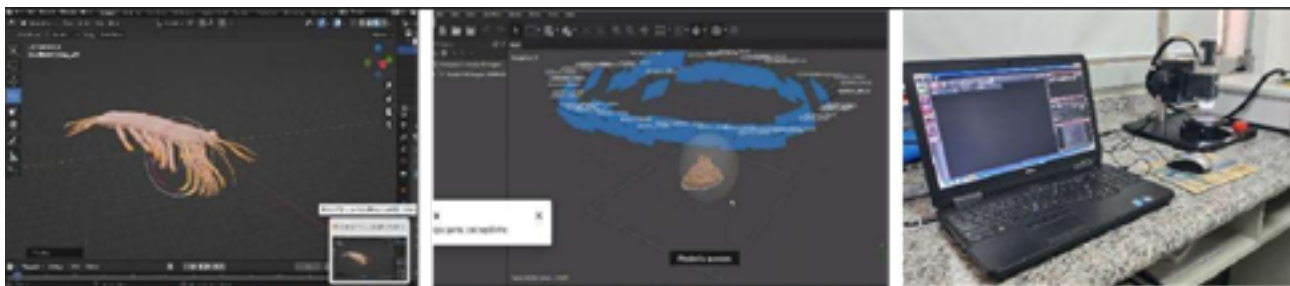
Galyean e Hughes (1991) observam a modelagem através de sculpting como um processo análogo ao trabalho feito com esculturas de barro. No entanto, nesse processo, o modelador esculpe o objeto em uma malha tridimensional. Chamamos de “manual” por se tratar de um processo que exige um conhecimento artístico do modelador para dar forma tridimensional ao objeto. Neste trabalho utilizamos o software Blender 3D 3.5.1. com uma fotografia de referência para o desenho do modelo (Figura 1).

Fotogrametria

A fotogrametria consiste em uma técnica definida pela American Society of Photogrammetry (1979) como “a arte, a ciência e tecnologia de obtenção de informação confiável sobre objetos físicos e o ambiente pelo processo de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas e padrões de energia eletromagnética gravada e outros fenômenos”. Nesse processo, são tomadas múltiplas imagens sobrepostas do entorno do objeto, realizando-se uma cobertura imagética (scan) de 360 graus. Em seguida, as imagens em formato .JPG, são inseridas em um software (Agisoft 2.0.1 Standard). Foram produzidas dezenas de fotografias nos diferentes ângulos (Figura 2).

Tomografia

Trata-se de uma técnica descoberta em 1961 cujo aperfeiçoamento tem permitido a reconstrução de imagens a partir de raios X por meio da tomografia axial computadorizada. Seu uso para aquisição de imagens tridimensionais iniciou-se na década de 1980 e tem-se tornado importante ferramenta para, por exemplo, elucidar a anatomia de fósseis. Nesse processo, o objeto é submetido a um sistema de tomografia por coerência óptica que realiza um imageamento óptico de alta resolução axial e não destrutiva, fornecendo imagens transversais de estruturas e resultando em uma imagem final 3D. A imagem é processada a partir do animal real (Figura 3).

**Figura 1.** Sculpt Modeling**Figura 2.** Fotogrametria.**Figura 3.** Tomografia OCT

Para a tomografia foram realizados testes apenas com uma amostra de krill depositado em uma placa de Petri para que a imagem pudesse ser capturada pela própria câmera do equipamento. Nesse caso, deve-se demarcar, na imagem capturada, a área que será escaneada para a formação do objeto 3D. Devido ao tempo necessário para a renderização das imagens, somente uma pequena área foi selecionada (Figura 4).

Todos os animais marinhos foram fotografados para a realização do experimento em fotogrametria. Cada conjunto de fotos precisou ser realizado nas mesmas condições de iluminação, abertura de diafragma, velocidade de obturador e ISO, e posicionamento da câmera.

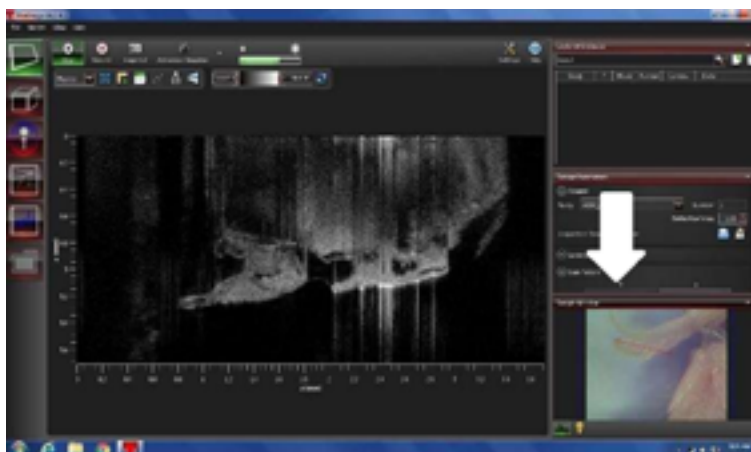


Figura 4. Interface do software mostrando a tomografia de uma porção de um apêndice do krill. A seta em branco aponta para uma região em vermelho que seleciona a área a ser escaneada. A área escaneada é apresentada na imagem ampliada, com detalhes, à esquerda.

Foram tomadas imagens 360° de cada animal. Cada ângulo fotografado era parcialmente sobreposto ao anterior, de forma a permitir que as imagens fossem fundidas pelo software que construiu o modelo 3D. A Figura 5 apresenta um conjunto dessas imagens que são compiladas pelo software para a composição do modelo 3D, e a Figura 6 apresenta o resultado após o processamento das imagens, pelo software Agisoft®.

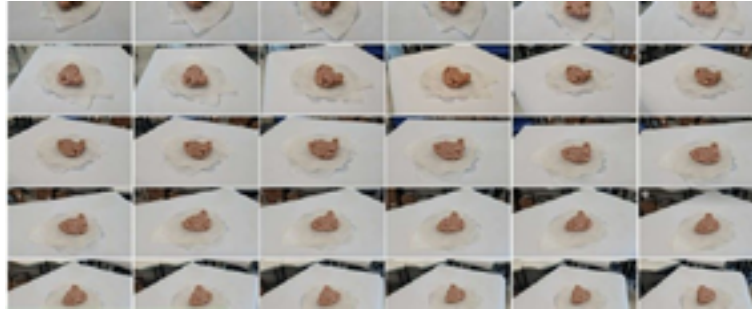


Figura 5. Conjunto de fotos 360° de uma esponja-do-mar durante a fotogrametria.



Figura 6. Modelo da esponja-do-mar concluído após o processamento e modelagem automática realizados pelo Agisoft.

Para a modelagem manual, o modelador recebeu as fotografias dos animais e realizou o processo de desenho e parametrização manual, utilizando-se, para isto, do Blender®. Nesse caso, o modelador foi orientado para que o objeto final pudesse ser o mais realista possível. As Figuras 7 e 8 mostram as imagens de referência de um isópode utilizado pelo modelador e o modelo desenvolvido.



Figura 7. Fotos do isópodes, utilizadas pelo modelador.

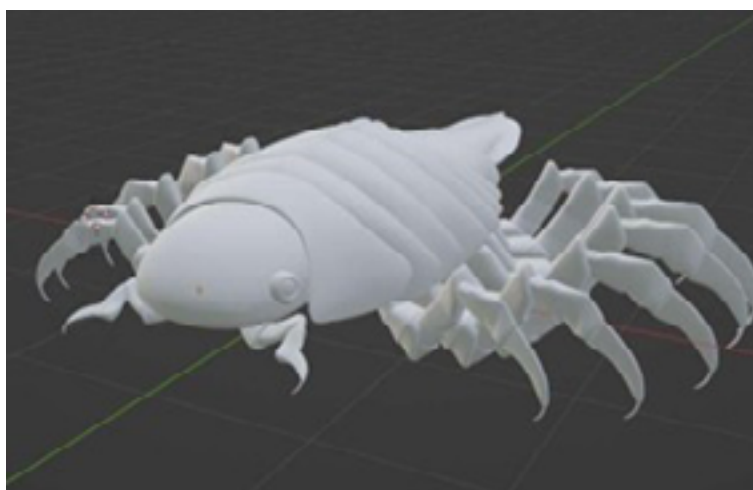


Figura 8. Modelo concluído, realizado “manualmente” utilizando-se o Blender.

Para compararmos as características entre os processos, os mesmos animais foram modelados por todos os métodos.

3. Resultados e Discussão

A tomografia realizada no krill apresentou resultados de extrema precisão, indicando que os modelos 3D de animais com estruturas mais delicadas e ricas em detalhes podem resultar em modelos de ótima qualidade em termos de detalhamento e resolução. A área testada para a realização deste trabalho foi inferior a 2 mm e levou aproximadamente 20 minutos para ser executada, desde a captura da imagem do krill até a sua total renderização (Figura 9). Considerando-se que esse animal mede aproximadamente 7 cm de comprimento, seria necessário investir, na melhor das hipóteses, aproximadamente 12 horas/homem para a produção do modelo completo.

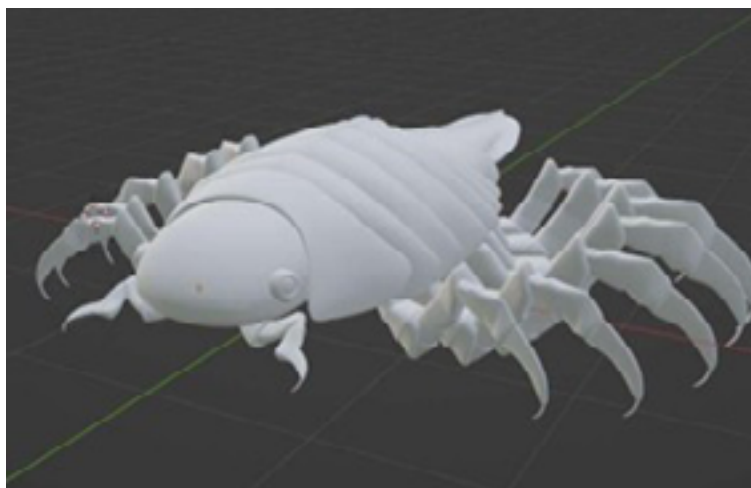


Figura 9. Objetiva utilizada para a captação de imagem no uso do tomógrafo.

O krill sobre a bandeja não é inteiramente visualizado pela objetiva.

Outro aspecto a ser considerado é o espaço disponível para a captação de imagens pelo tomógrafo. A objetiva, dispositivo usado para a captura e escaneamento das imagens (Figura 9), permite apenas que organismos de pequeno porte sejam trabalhados, limitando, assim, seu uso com outros animais de maior porte (e.g., anêmona, estrela-do-mar, isópodes).

As limitações de tempo de renderização da tomografia e a impossibilidade de aplicar o método em animais de maior porte levou-nos a abandonar temporariamente esse método, que poderá ser retomado a posteriori para a modelagem de organismos microscópicos.

Para que o museu alcance seu objetivo, leva-se em consideração a diretriz de que os modelos devam ser o mais realistas possível. As Figuras 10-12 mostram a foto de uma anêmona e os primeiros experimentos gerados por sculpt modeling e por fotogrametria. As imagens mostradas nas Figuras 11 e 12 devem ser refeitas para que se atinja o resultado esperado, já tendo sido possível perceber a diferença no resultado dos processos aplicados.



Figura 10. Fotografia real da anêmona.

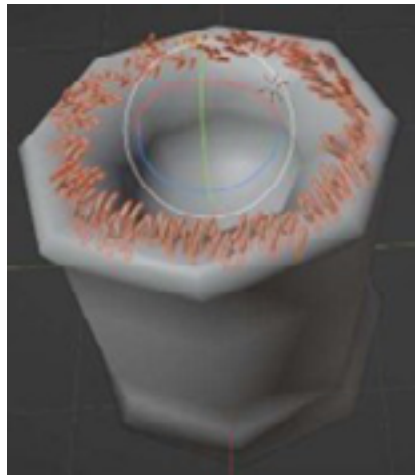


Figura 11. Modelagem manual.



Figura 12. Objetiva utilizada para a captação de imagem no uso do tomógrafo.

O processo de modelagem manual usou como referência as mesmas fotografias geradas para a fotogrametria. Nem sempre estas imagens permitiram que se chegasse ao resultado esperado, levando à necessidade de se realizar novas fotos, com ângulos, iluminação e distância focal diferentes das primeiras. Esse processo também é dependente dos conhecimentos estéticos do modelador, que investiu entre 8 e 12 horas para a produção de cada modelo.

Uma característica a ser considerada é o nível de detalhe pretendido para o modelo. Esse modelo para acesso on-line poderá ser mais detalhado, enquanto aquele para impressão terá limitações (e.g., um animal com tentáculos, como a anêmona, se for produzido com todos os seus detalhes, possivelmente exigirá um dispêndio excessivo de tempo e material (filamento de plástico) para impressão, e o produto impresso provavelmente resultaria em suportes e rebarbas para remoção, o que aumentaria o trabalho e tempo para a obtenção do objeto).

Para que a fotogrametria resulte em um modelo adequado são necessários alguns cuidados: todas as fotos devem estar alinhadas e em uma mesma direção, ou retrato ou paisagem; não podem ocorrer alterações na iluminação, nem sombras, e a configuração da câmera deve ser a mesma para todos os ângulos. Por esta razão, fotografias no modo automático devem ser evitadas. Além disso, quanto maior o número de ângulos registrados, maior será a fidelidade ao modelo real, embora, para isso, também sejam volumosas as nuvens de pontos para a formação do modelo, o que exigirá maior capacidade de processamento e maior tempo para a conclusão do modelo final. O tempo despendido para a geração dos modelos variou entre 30 minutos e 2 horas/máquina, somados de aproximadamente uma hora/homem para a realização das fotografias e upload dos arquivos no software.

Quanto mais fiel ao modelo real é o modelo final, maior será a malha de pontos para mapeamento do objeto, o que consumirá mais memória RAM, exigirá uma placa de vídeo mais potente e mais capacidade de processamento do computador onde o software está rodando. Por exemplo, um mesmo objeto configurado para ser mapeado no modo despendeu mais de 5 horas/máquina para concluir apenas 10% de uma das etapas, ao passo em que na configuração high, a mesma tarefa foi realizada completamente em 30 minutos.



Figura 13. Gastrópode gerado por fotogrametria.

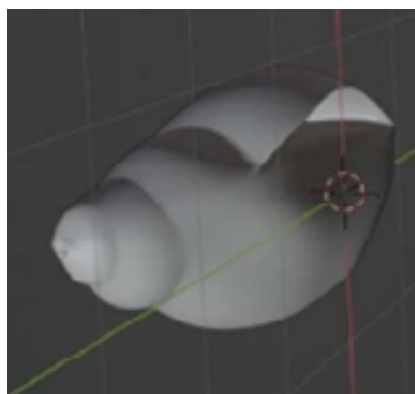


Figura 14. Gastrópode modelado manualmente.

No processo de modelagem por fotogrametria, os modelos resultaram em maior realismo e fidelidade aos animais (Figuras 6, 12 e 13). Além da forma realista e precisa, o software realizou a texturização, processo em cujo método sculpt modeling (Figura 14) trata-se de etapa posterior à modelagem e invariavelmente realizada por profissional diferente. Para a impressão do modelo final, a etapa de texturização não é essencial, embora, para a disponibilização do modelo digital para interação on-line, a etapa de texturização será fundamental.

Nesse sentido, observamos que um modelo gerado por fotogrametria pode ser utilizado para auxiliar na implementação do método de sculpt modeling, pois o primeiro ofereceu detalhes e dimensões cujas fotos de referência não o faziam devido à sua natureza bidimensional, e poderão facilitar a geração de texturas que podem ser copiadas do modelo resultante da fotogrametria.

4. Conclusão

Este trabalho analisou três diferentes métodos – tomografia, sculpt modeling e fotogrametria –, para a geração de modelos 3D de animais marinhos que estão sendo produzidos para a implementação de um museu virtual de ciências antárticas, cujo acervo poderá ser acessado de forma interativa em um ambiente virtual ou obtido por download e impressão 3D.

A tomografia revelou-se um processo de alta precisão, de produção lenta, requerendo grande tempo para escaneamento e renderização. Sua limitação de espaço para animais de grande porte contribuiu para que o método não fosse adotado. Todavia, para organismos microscópicos, esta parece ser a metodologia mais eficaz, e provavelmente será adotada em etapas futuras do museu, quando iniciarmos a modelagem de coleções de algas, fungos e pólenes.

O sculpt modeling é um processo que exige, além de conhecimentos técnicos para o uso de softwares, habilidades artísticas do modelador e dedicação de tempo para um melhor conhecimento da anatomia dos animais que estão sendo modelados, de modo a poder definir características morfológicas, imprescindíveis ou não, para serem representadas no modelo final. Devido ao então exposto, este método mostrou-se o mais demorado e o mais custoso, sendo para o uso virtual, ainda incompleto, pois ainda não foram realizadas as texturizações dos animais.

A fotogrametria revelou grande eficiência devido ao realismo anatômico dos modelos finais produzidos pela técnica, que são concluídos já texturizados. Foi o processo mais rápido e menos custoso, uma vez que não exigiu conhecimentos artísticos ou computacionais além daqueles para manipulação do software. Tais características sugerem maior escalabilidade de produção, o que pode ser muito vantajoso para um projeto que busca democratizar o acesso a coleções biológicas então inacessíveis.

O sculpt modeling e a fotogrametria são métodos que podem ser complementares. O processo do primeiro pode ser melhorado a partir dos resultados gerados pelo segundo, e este último pode ser implementado caso se aproprie de conhecimentos do primeiro.

Em trabalhos futuros, testes de impressão 3D serão realizados, e para os quais um levantamento sobre os modelos de impressoras adotados por escolas e museus brasileiros já está sendo feito. A partir deste levantamento, poderemos identificar as configurações mínimas dos dispositivos acessíveis ao nosso público e, assim, definir como os modelos poderão ser disponibilizados. Também serão realizados estudos sobre as melhores maneiras de exibir esses objetos em ambientes virtuais.

Por fim, esperamos que os resultados apresentados neste trabalho possam contribuir com apontamentos a serem refletidos em experiências outras de implementação de outros museus virtuais, contribuindo, portanto, para a ampliação do acesso à ciência por públicos antes excluídos desses espaços.

Agradecimentos

Agradecemos ao apoio financeiro recebido pelo CNPq (Processo: 409341/2022-3), e pela inestimável colaboração dos bolsistas Diego Marques de Carvalho, João Victor C. Soares da Silva, Paulo Enrique Cassinelli, Pedro Monguilod, para o desenvolvimento técnico e artístico dos modelos.

Referências

- AMARAL, Sandra Regina; CRUZ BENTO, Denissandro; SILVA KAUARK, Fabiana. MUSEUS DE CIÊNCIA: ESPAÇOS DE CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO E ALFABETIZAÇÃO CIÊNTÍFICA. In: **Anais do CIET: EnPED: 2020- (Congresso Internacional de Educação e Tecnologias| Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância)**. 2020.
- AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. **Manual of Photogrammetry**, 1966. 1220p.
- AZEVEDO, Eduardo; CONCI, Aura. Computação gráfica: geração de imagens. **Eduardo Azevedo, Aura Conci**. Rio de Janeiro: Campus, 2003.
- BRICKEN, M. Virtual worlds: **No interface to design**. Cambridge: MIT Press, 1994.
- COHEN, Marcelo; MANSSOUR, Isabel Harb. **OpenGL: uma abordagem prática e objetiva**. Novatec editora, 2006.
- EICHLER, Marcelo Leandro; DEL PINO, José Claudio. Museus virtuais de ciências: uma revisão e indicações técnicas para o projeto de exposições virtuais. **RENOTE**, v. 5, n. 2, 2007.
- FOLADOR, Heloísa de Faria et al. **Museus Virtuais de Ciências: possibilidades e desafios para a divulgação científica**. Instituto de Educação, Letras, Artes, Ciências Humanas e Sociais, UFTM, 2021. [Dissertação de Mestrado].
- GALYEAN, Tinsley A.; HUGHES, John F. Sculpting: An interactive volumetric modeling technique. **ACM SIGGRAPH Computer Graphics**, v. 25, n. 4, p. 267-274, 1991.
- HICKMAN, Cleveland P.; ROBERTS, Larry S.; KEEN, Susan L. **Princípios integrados de zoologia**. Grupo Gen-Guanabara Koogan, 2016.
- LÉVY, Pierre. **O Que é o Virtual?** Rio de Janeiro, Editora 34, 2003.
- MORGANTI, F.; RIVA, G. **Conoscenza, comunicazione e tecnologia: aspetti cognitivi della realtà virtuale**. LED Edizioni Universitarie, 2006.

OLIVEIRA, Rafael G. et al. **Modelagem de objetos 3D no contexto do cangaço**. Época: Escola Potiguar de Computação, 2010. Disponível em: https://di.uern.br/epoca2010/artigos/78543_1.pdf. Acesso em 30 de maio de 2023.

RENAN, Juliana Manso Sayão; BANTIM, Alfredo Machado. A paleontologia no século XXI: novas técnicas e interpretações. **Ciência e Cultura**, v. 67, n. 4, p. 45-49, 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602015000400015>

SABBATINI, Marcelo. Museus e centros de ciência virtuais: uma nova fronteira para a cultura científica. **Com Ciência**, v. 45, 2003.

Sobre os autores

Silvia Dotta

Doutora, Universidade Federal do ABC
email: silviadotta@gmail.com

Fabiana Costa

Doutora, Universidade Federal do ABC

Juliana Braga

Doutora, Universidade Federal do ABC

Sandra Freiberger-Affonso

Doutora, Universidade Federal do ABC

Matheus Lira

Graduado, Universidade Federal do ABC