

ANÁLISE SOBRE A DIGITALIZAÇÃO TRIDIMENSIONAL DE INSETOS PRESERVADOS A SECO

ANALYSIS ON THREE-DIMENSIONAL SCAN OF PINNED INSECTS

Laura Moura^{1*}

Milton Vieira¹

*Autor para correspondência: lauramoura2093@gmail.com

Resumo: Este artigo analisa o potencial da tecnologia de digitalização 3D como ferramenta no auxílio à preservação, à difusão e ao estudo de insetos conservados a seco em museus, revisa alguns métodos de aquisição de modelos e discute o processo desde a aquisição física até o modelo digital final. Em virtude das dimensões e superfícies de difícil representação encontradas na maioria dos insetos, esses espécimes necessitam de métodos específicos para digitalização. Por essa razão, por meio de uma metodologia de pesquisa exploratória e bibliográfica, efetuou-se primeiramente um levantamento de trabalhos já realizados na área de digitalização de acervos museográficos, e posteriormente foram analisados métodos para digitalização de insetos demarcando suas características e procedimentos. Com isso, foi possível analisar e apontar alguns aspectos fundamentais no que tange à digitalização 3D de insetos.

Palavras-chave: preservação digital; fotogrametria; digitalização 3D de insetos.

Abstract: This paper analyze the potential of 3D scanning technology as a tool to aid in the preservation, diffusion and study of pinned insects in museums, review the state of the art in model acquisition methods and discuss the process from physical acquisition to model digital output. Due to the difficult-to-represent dimensions and surfaces found in most insects, these specimens require specific scanning methods. For this reason, through an exploratory and bibliographical research methodology, a survey of works already carried out in the area of digitization of museographic collections was carried out. Methods were then analyzed for the scanning of insects, marking their characteristics and procedures. With this, it was possible to analyze and point out some fundamental aspects regarding the 3D scanning of insects.

Keywords: digital preservation; photogrammetry; 3D scan of insects.

¹Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – Florianópolis (SC), Brasil.

INTRODUÇÃO

Instituições detentoras de patrimônio cultural sempre tiveram a preocupação de manter registros de seus acervos. Originalmente apenas descritivos e ilustrativos, com o surgimento da fotografia e, especialmente, da fotografia digital esses registros ficaram cada vez mais detalhados. Seja com o objetivo de divulgar, preservar ou estudar seus bens, a cada dia mais e mais dados são gerados. Com o crescente aprimoramento nas técnicas de captura e visualização tridimensional, instituições de todo o mundo estão aderindo a esse novo meio de registro de suas coleções. Como exemplo citamos o Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR), que cedeu peças de seu arquivo para estudos acerca de digitalização (ANDRADE *et al.*, 2012); a Universidade de Ciências Agrônômicas e Medicina Veterinária de Bucareste, que digitalizou dois dos principais monumentos culturais da Romênia (CALIN *et al.*, 2015); o Instituto Vavilov para a História da Ciência e Tecnologia da Academia Russa de Ciências, que financiou a digitalização da torre de rádio Shabolovka, em Moscou (LEONOV *et al.*, 2015).

Cabe destacar que a preservação de bens materiais é aqui entendida em um sentido amplo, envolvendo: a identificação (inventários, levantamentos, documentação e registro), a conservação (manutenção, restauração, consolidação) e a proteção (valorização, educação patrimonial, comunicação e difusão) (MEIRA, 2004).

Apesar de os trabalhos de digitalização serem, em sua maioria, de peças de acervos culturais, existem também diversas pesquisas voltadas à captura de peças de acervos biológicos e zoológicos, que têm tido como principal objetivo de estudo a taxonomia de seus exemplares (NGUYEN *et al.*, 2014).

De acordo com Marinoni e Peixoto (2010), as coleções biológicas têm caráter didático-científico e, em muitos casos, representam o único registro de uma espécie extinta ou de espécies de difícil acesso na natureza. A digitalização de tais amostras pode auxiliar na administração de eventuais desastres. Caso ocorra algum evento no qual a coleção seja perdida, a versão digital pode continuar sendo fonte de informação (FRAZIER; WALL; GRANT, 2008).

Observando a relevância da digitalização 3D no auxílio à preservação de patrimônio, especificamente para acervo biológico, este trabalho visa analisar o processo de fotogrametria de insetos tendo como base dois trabalhos já realizados na área. O primeiro foi efetivado por Nguyen *et al.* (2014), para a Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), e tinha como objetivo auxiliar no controle de espécies invasivas. O segundo foi elaborado por Ströbel *et al.* (2018), na Universidade de Darmstadt, com o objetivo de desenvolver um equipamento de digitalização 3D voltado para acervos museológicos de insetos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Preservação de patrimônio

Recentemente a literatura na área vem aumentando e projetos relacionados à preservação de patrimônio têm sido reportados no mundo todo. Aos poucos, o setor museológico tem feito uso da tecnologia de digitalização 3D para auxiliar na preservação, na restauração, no estudo e na divulgação das peças de seus acervos. Betts *et al.* (2011) afirmam que um acervo 3D não tem o objetivo de substituir, mas de complementar os estudos feitos acerca das peças digitalizadas; Andrade *et al.* (2012) possuem foco na aquisição de texturas de alta qualidade e fidelidade às obras de arte indígenas originais; Arbace *et al.* (2013) relatam a importância da digitalização 3D para o processo de restauração da Madonna de Pietranico; Leonov *et al.* (2015) mostram todo o processo para escanear a torre de rádio Shabolovka, em Moscou; Calin *et al.* (2015) desenvolvem as principais diferenças entre escaneamentos de monumentos para escaneamentos de sítios arqueológicos.

Segundo Pons (2011), a proliferação dos acervos virtuais, além de ampliar as possibilidades de acesso ao público, viabilizou novas formas de interação, tornando-as mais flexíveis, o que acabou por transformar o próprio conceito original de preservação:

[...] além da preservação da integridade física dos objetos, passamos a ter de zelar também pela integridade intelectual: os dados, sua principal característica, e os metadados, registrando informações sobre a sua geração, manutenção e acesso (PONS, 2011, p. 51).

Mídia e representação

Representações gráficas de história natural são feitas há milhares de anos. Desde as pinturas rupestres de caçadores, passando pelos estudos anatômicos de artistas como Da Vinci, até as atuais tecnologias de representação 3D, a humanidade vem criando diferentes meios de registrar suas descobertas (FRAJHOF, 2015).

As representações de maneira alguma substituem o acervo original, mas mantêm-se preservadas por mais tempo, além de serem um importante meio de estudo e divulgação. De acordo com Pereira (2006), as ilustrações científicas desenvolvidas entre os séculos XVI e XVIII cumpriram importante papel na identificação, classificação e disseminação de conhecimento sobre diferentes espécies, em sua maioria de plantas. Tais ilustrações foram se tornando ainda mais relevantes no decorrer do tempo, uma vez que com o perecimento das coleções algumas dessas representações foram se tornando a única memória de espécies já extintas na natureza.

Com o advento da fotografia, especialmente a fotografia digital, o registro de coleções científicas tornou-se mais acessível e muito mais rápido. Agora as reproduções são, até certo modo, fiéis à obra original, com uma interferência consideravelmente menor do artista. Por mais que se reconheça a participação do sujeito (aquele que opera o equipamento) na construção de uma fotografia, o que se procura é a ideia de a etapa da formação da imagem não sofrer intervenção humana (SOUZA E SILVA, 2007).

Recentemente equipamentos de digitalização 3D capazes de criar modelos de alta resolução têm se tornado mais acessíveis, possibilitando aos pesquisadores escanear e arquivar coleções ao redor do mundo. Embora tal tecnologia tenha sido projetada originalmente para a indústria manufatureira, suas aplicações no campo científico e museológico são revolucionárias, permitindo por exemplo que diferentes pesquisadores ao redor do mundo tenham acesso ao arquivo virtual de um artefato que de outro modo não seria possível (KUZMINSKY; GARDINER, 2012).

Digitalização 3D

Digitalização 3D é o nome dado a um conjunto de técnicas com as quais é possível obter dados geométricos da superfície de um objeto físico e reproduzi-los em meio digital por intermédio de *software*. A precisão desses dados varia de acordo com o método de captura e o equipamento utilizado.

Atualmente existem diversos métodos de captura tridimensional que se dividem, de modo geral, em sistemas com contato e sistemas sem contato. De acordo com Silva (2006), “os sistemas baseados em contato são normalmente bastante úteis para formas simples, onde apenas poucos pontos são necessários”.

Segundo Freitas (2006), existem diversos sistemas de digitalização sem contato, entre os quais: triangulação por *laser*, triangulação por cores, radar *laser*, luz infravermelha, sensor conoscópico, tomografia, tunelamento e fotogrametria. Em geral, os escâneres sem contato geram nuvens de pontos, que precisam ser alinhadas, tratadas e trianguladas. O alinhamento das nuvens de pontos é necessário, pois cada digitalização captura apenas uma parte do objeto e, como tais equipamentos podem sofrer interferências do próprio ambiente, essas digitalizações

por muitas vezes acabam obtendo pontos desnecessários, que precisam ser deletados para haver uma maior uniformidade na malha tridimensional (SILVA, 2006). Na fotogrametria, os dados são obtidos em formato de imagens bidimensionais; desses dados são extraídas as formas e dimensões tridimensionais por meio de *softwares* específicos. Esta última tem sido a mais utilizada na digitalização de insetos, por sua fidelidade de reprodução de cores e texturas, além da forma, e por seu custo ser consideravelmente menor se comparado a outros métodos de digitalização.

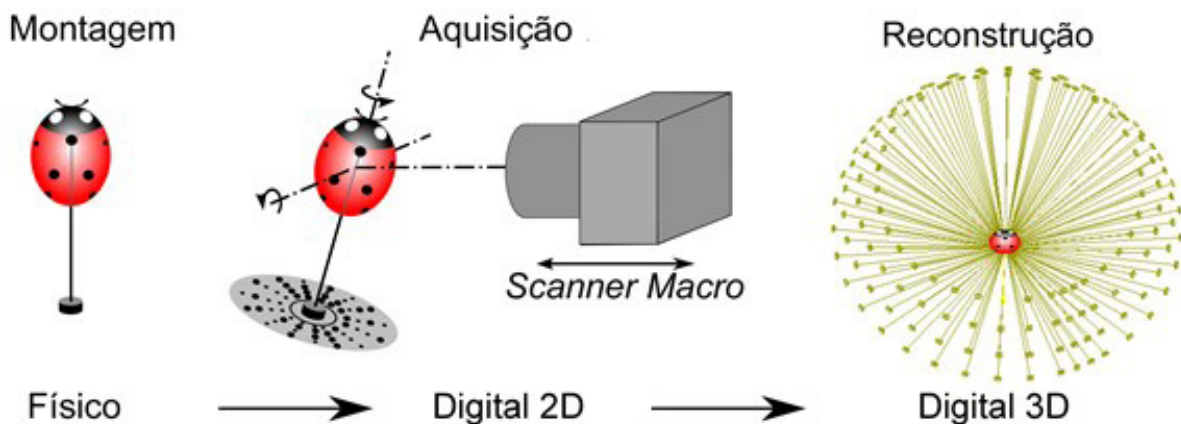
METODOLOGIAS DE DIGITALIZAÇÃO 3D DE INSETOS

A digitalização de insetos apresenta seus próprios desafios, uma vez que, além de suas dimensões, sua superfície possui estruturas complexas e propriedades ópticas cuja representação virtual é desafiadora (NGUYEN *et al.*, 2014).

A representação dessas superfícies é importante, pois a refletividade e as cores delas ajudam na classificação das espécies quando se observam grupos muito semelhantes entre si (WEATHERBEE *et al.*, 1999).

Cada técnica de digitalização possui suas particularidades, assim como cada exemplar a ser digitalizado, porém as diversas metodologias criadas podem ser divididas em três grandes etapas: a preparação, a aquisição de dados e o processamento dos dados obtidos (figura 1).

Figura 1 – Os três principais passos para criar um modelo 3D de cor natural



Fonte: Adaptado de Nguyen *et al.* (2014, p. 2)

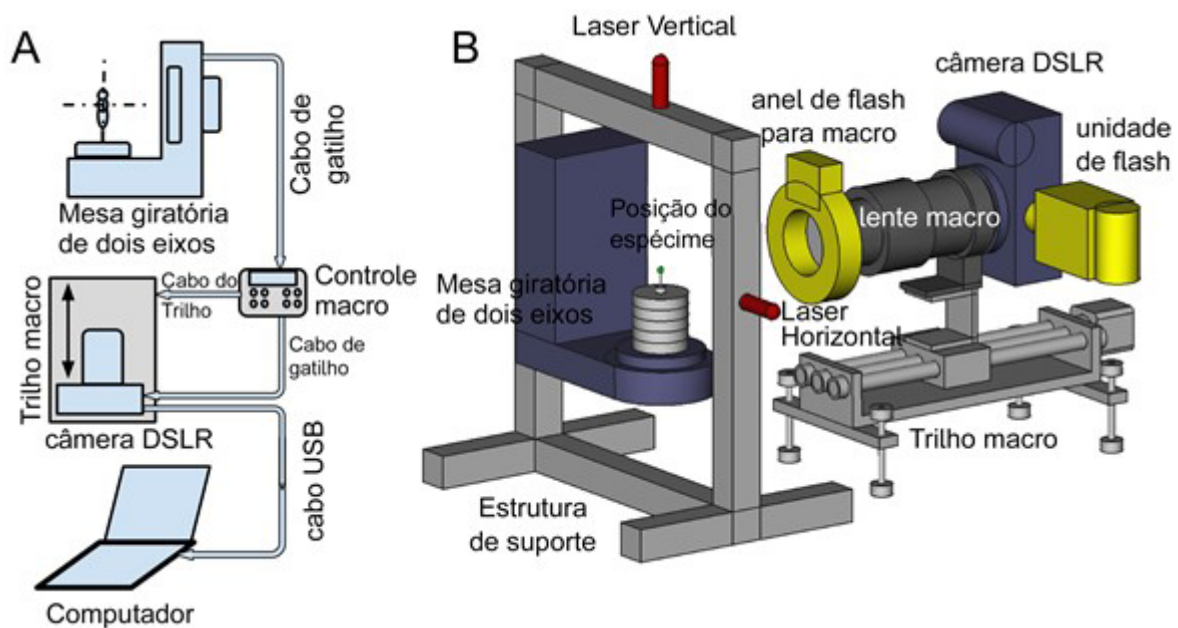
Os espécimes digitalizados nos dois métodos apresentados a seguir são caracterizados por sua preservação a seco. Nessa categoria de preservação o exemplar é fixado por uma haste de aço similar a um alfinete, que também pode ser chamada de alfinete entomológico.

Os métodos analisados no presente artigo são os desenvolvidos por Nguyen *et al.* (2014) e Ströbel *et al.* (2018). Ambos fazem uso da fotogrametria e se caracterizam pelo baixo custo, se comparados a outros métodos, além de manter a fidelidade de cores e texturas. A definição dos modelos resultantes de tais processos está diretamente ligada à resolução e nitidez dos equipamentos utilizados.

Método proposto por Nguyen

O sistema de captura desenvolvido por Nguyen *et al.* (2014) é composto por uma base giratória de dois eixos, uma câmera digital com lentes macro, um *laser* macro para auxiliar na configuração de foco da câmera, dois *lasers* para auxiliar no alinhamento do espécime e um computador para processamento de imagens 2D e reconstrução de modelos 3D (figura 2).

Figura 2 – Conexões (A) e *hardware* (B) para aquisição de imagens no modo macro



Fonte: Adaptado de Nguyen *et al.* (2014, p. 3)

Primeiramente, na etapa de preparação, o inseto é fixado com uma haste de aço, de modo a ficar na posição vertical. Após a fixação, a haste é colada em um pequeno ímã que a manterá fixada na mesa giratória. Em seguida, é anexada uma base com um padrão impresso que auxiliará o *software* de reconstrução a posicionar a câmera com relação à amostra virtualmente, tornando possível a triangulação e, conseqüentemente, a reconstrução digital do espécime.

A etapa de aquisição consiste em, basicamente, capturar imagens 2D em diversos ângulos diferentes. No modo macro foi adicionada uma etapa a mais: a captura de imagens com diferentes níveis de foco. Isso se fez necessário pois em modo macro o comprimento de foco da lente é menor que o tamanho total do espécime, deixando apenas parte do espécime focado.

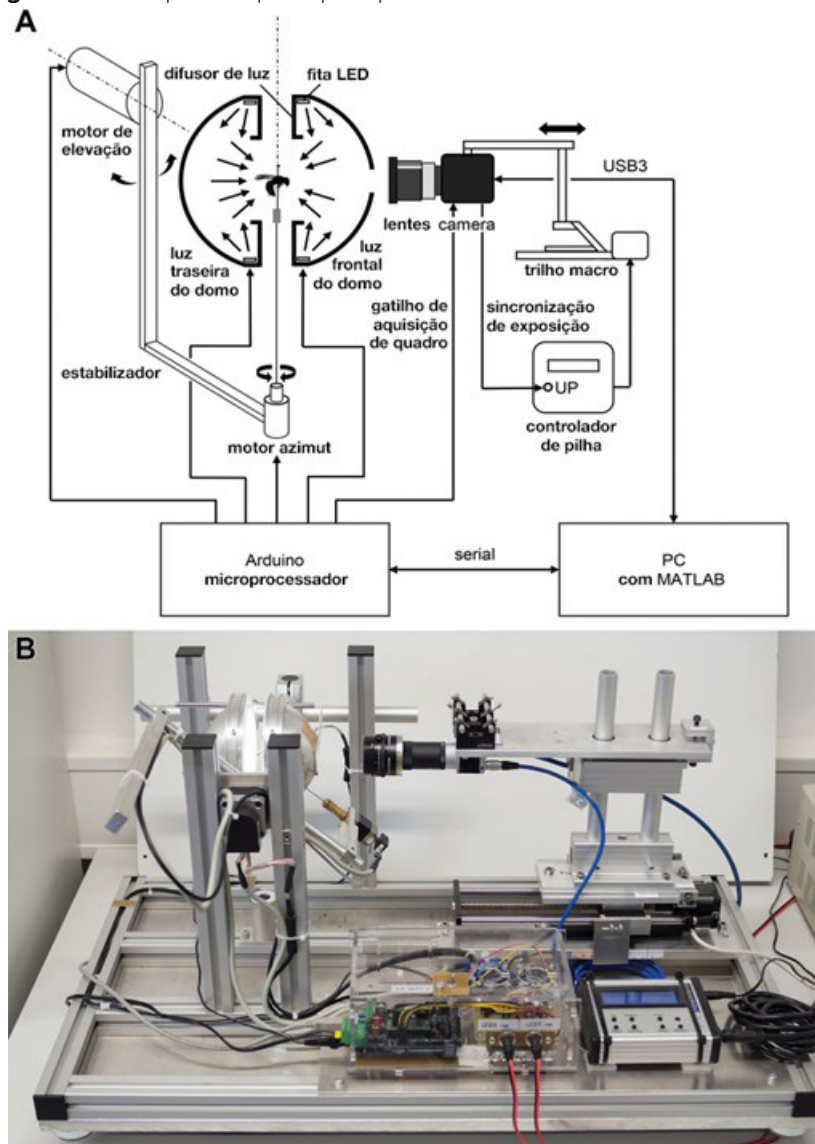
A etapa final do processo compreende o procedimento de manipular as imagens 2D digitalmente adquiridas do espécime físico para produzir um modelo 3D virtual.

Método proposto por Ströbel

Ströbel *et al.* (2018) desenvolveram um equipamento específico para captura de imagens de insetos adequadas para produzir modelos 3D, o que resultou em uma maior automatização em todo o processo e modelos virtuais de maior precisão.

O equipamento, batizado de DISC3D, é composto por dois domos semiesféricos com iluminação LED difusa. O domo frontal possui uma abertura para a lente da câmera, e o inseto é posicionado no meio dos domos por meio de uma haste de metal fixada em uma base giratória (figura 3).

Figura 3 – Os passos principais para criar um modelo 3D de cor natural



Fonte: Adaptado de Ströbel *et al.* (2018, p. 5)

Na etapa de preparação, a haste de fixação do espécime é fixada em um adaptador de espuma preto, que está conectado a uma haste de aço de suporte de 100 mm de comprimento por 1 mm de espessura. Esse processo ocorre sem nenhuma interferência física ao próprio espécime.

A aquisição e o processamento das imagens são completamente automatizados. O DISC3D é equipado com uma câmera industrial e uma lente macro compacta (figura 3). As principais vantagens dessa configuração sobre um sistema de câmeras DSLR são a excelente acessibilidade angular à amostra, a ausência de um obturador mecânico e o controle total por computador da aquisição e do processamento da imagem. Como esse projeto também trabalha com empilhamento de foco, a câmera se move sobre um trilho capturando imagens com foco em diferentes partes do inseto. Isso resulta em uma pilha de imagens que são posteriormente mescladas em uma única imagem, com um campo focal que compreende o tamanho total do inseto. Dependendo do tamanho dos insetos, o tempo total de digitalização, incluindo o processamento da pilha de imagens, varia de duas a cinco horas.

Quadro comparativo

Inicialmente, na etapa de preparação, já podemos observar uma grande diferença entre os métodos. O quadro 1 mostra as principais semelhanças e diferenças entre ambos.

Quadro 1 – Comparação entre métodos

Item	Nguyen <i>et al.</i> (2014)	Ströbel <i>et al.</i> (2018)
Técnica utilizada	Fotogrametria	Fotogrametria
Interfere no espécime	Sim	Não
Empilhamento de imagens	Sim	Sim
Etapas automatizadas	Aquisição de imagens	Aquisição de imagens e empilhamento de imagens
Necessita de pontos de referência	Sim	Não

Fonte: Primária

Vale destacar que ambos os métodos fizeram uso da técnica de fotogrametria para digitalizar os espécimes. Já com relação ao processo de digitalização em si, no primeiro método o inseto montado em alfinete entomológico sofre uma interferência abrupta ao ter sua haste de fixação removida de seu lugar original e realocado para outro local mais favorável à digitalização. Isso acontece porque o espécime precisa estar posicionado na vertical para uma maior qualidade de digitalização.

Para os objetivos deste trabalho em específico, essa pode ser uma solução aceitável, porém a nova fixação comporta um risco extremo de danificar o espécime, e provavelmente nenhum museu concordaria em reposicionar qualquer espécime de sua coleção. Já no método proposto por Ströbel *et al.* (2018) o processo de realocação do espécime não se faz necessário.

Também se nota que ambos os métodos fizeram uso de empilhamento de imagens, que é uma técnica utilizada para ampliar a profundidade de foco das imagens obtidas por lente macro. Tal processo pode ser demorado se feito manualmente (foto a foto). Ströbel *et al.* (2018) desenvolveram seu próprio *software*, que automatiza também essa etapa, de modo que as imagens obtidas pela câmera passam diretamente para o computador e são empilhadas antes de serem processadas pelo *software* de fotogrametria.

DISCUSSÃO

Um dos aspectos mais importantes para o sucesso de um processo de fotogrametria dá-se pelo foco das imagens obtidas. Em alguns casos, o comprimento de foco da lente é menor que o tamanho total do espécime. Dessa forma, apenas parte do espécime estará em foco de cada vez. Imagens de foco parcial resultam em modelos tridimensionais de baixa precisão.

Uma solução simples para aumentar a profundidade de foco é reduzir a abertura da câmera. No entanto, em virtude do efeito de difração da lente, uma menor abertura da câmera leva a uma menor resolução óptica. Isso efetivamente resulta em modelos 3D de baixa resolução e baixa precisão. Tal efeito foi relatado por Gallo, Muzzupappa e Bruno (2014) e confirmado por Nguyen *et al.* (2014) e Ströbel *et al.* (2018).

Como resultado, a abertura da câmera deve ser grande o suficiente para manter uma resolução óptica aceitável. Para obter uma imagem com todo o espécime em foco e sem sacrificar a resolução óptica, várias imagens são capturadas em diferentes profundidades focais

ao longo do eixo óptico da câmera. Essas imagens são então empilhadas numericamente para formar uma única imagem com foco em todas as partes da amostra.

Outro problema relacionado a lentes de alta ampliação é o desfoque de movimento. A maioria das câmeras digitais profissionais ainda usa um obturador mecânico para controlar o tempo de exposição ao capturar uma imagem. Normalmente a vibração do obturador tem um efeito insignificante na qualidade da imagem, todavia, quando uma imagem é capturada com alta ampliação, um pequeno movimento de vibração também é ampliado, levando a um desfoque de movimento significativo. A luz do *flash* é, portanto, usada para reduzir o tempo de exposição efetivo a alguns milissegundos e, assim, eliminar o desfoque de movimento.

Ambos os métodos trabalham com o empilhamento de foco, o qual – apesar de inserir uma etapa a mais no processo aumentando consideravelmente o tempo total da digitalização – se faz necessário para uma maior qualidade final do modelo 3D resultante.

Na etapa de processamento, outra diferença pode ser observada em ambos os métodos. Enquanto Nguyen *et al.* (2014) fazem uso de *softwares* disponíveis no mercado, Ströbel *et al.* (2018) desenvolveram a programação do próprio processo. Infelizmente as informações de tempo de digitalização e processamento do método proposto por Nguyen *et al.* (2014) não estão disponíveis, mas, como seu processo possui mais etapas manuais, assume-se que no total seu método custe mais tempo.

O tempo total da digitalização também é um fator importante, pois a diversidade de espécies de insetos é considerável, e museus entomológicos costumam ter dezenas de milhares de exemplares em seus acervos. Tomemos como base, por exemplo, o Museu Entomológico Fritz Plaumann, no interior de Santa Catarina, que possui aproximadamente 60 mil exemplares preservados (MARTELLO; TEIXEIRA, 2018). Se cada digitalização durar cerca de 8 horas para ser concluída – tendo em vista que a jornada de trabalho padrão dura 8 horas por dia –, trabalhando 5 dias por semana, 52 semanas por ano, ainda assim decorreriam cerca de 230 anos para que todo o acervo fosse digitalizado. Esse tempo poderia ser consideravelmente encurtado se tivéssemos mais de um escâner em paralelo, mas ainda assim precisaríamos de uma grande quantidade de equipamento e pessoal capacitado para que todo o acervo fosse digitalizado em uma janela de tempo plausível.

As 2 a 5 horas de digitalização descritas no processo de Ströbel *et al.* (2018) podem parecer muito tempo, mas vale ressaltar que a maior parte desse tempo é empregada no processamento dos dados obtidos. Com o constante desenvolvimento computacional, esse tempo pode acabar sendo abreviado consideravelmente, o que torna factível a digitalização 3D de acervos entomológicos completos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de existirem diversos trabalhos na área de digitalização 3D para preservação de patrimônio, identificou-se que em áreas específicas como a de digitalização de insetos pouco tem sido feito. Isso se dá pela dificuldade de obter dados de superfícies transparentes ou reflexivas, comumente encontradas em insetos. Outro fator observado foi o tempo demandado para tais digitalizações, que ainda possui notável campo para aprimoramento.

Os métodos analisados buscam suprir algumas dessas demandas. Ambos os métodos se utilizam de fotogrametria para obter forma e cor dos espécimes digitalizados. Para uma melhor precisão, ambos fizeram uso de iluminação padronizada e empilhamento de foco. A principal diferença entre tais métodos ocorre na automatização dos processos. Enquanto o primeiro faz uso de equipamentos mais acessíveis, o segundo necessita de uma menor interação humana.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Beatriz Trinchão; BELLON, Olga Regina Pereira; SILVA, Luciano; VRUBEL, Alexandre. Digital preservation of Brazilian indigenous artworks: generating high quality textures for 3D models. **Journal of Cultural Heritage**, v. 13, n. 1, p. 28-39, 2012. ISSN 1296-2074. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2011.05.002>. Acesso em: abr. 2019.

ARBACE, Lucia; SONNINO, Elisabetta; CALLIERI, Marco; DELLEPIANE, Matteo; FABBRI, Mateo; IDELSON, Antonio I.; SCOPIGNO, Roberto. Innovative uses of 3D digital technologies to assist the restoration of a fragmented terracotta statue. **Journal of Cultural Heritage**, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2012.06.008>. Acesso em: set. 2018.

BETTS, Matthew W.; MASCHNER, Herbert D. G.; SCHOU, Corey D.; SCHLADER, Robert; HOLMES, Jonathan; CLEMENT, Nicholas; SMUIN, Michael. Virtual zooarchaeology: building a web-based reference collection of northern vertebrates for archaeofaunal research and education. **Journal of Archaeological Science**, v. 38, n. 4, p. 755-762, 2011.

CALIN, Mariana; DAMIAN, George; POPESCU, Tiberiu; MANEA, Raluca; ERGHELEGIU, Bogdan; SALAGEAN, Tudor. 3D Modeling for Digital Preservation of Romanian Heritage Monuments. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 6, p. 421-428, 2015. ISSN 2210-7843. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.111>. Acesso em: set. 2018.

FRAJHOF, Leonardo. **Prospecção de tecnologias 3D para uso em medicina**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Artes & Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/26615/26615.PDF>. Acesso em: mar. 2019.

FRAZIER, Christopher K.; WALL, John; GRANT, Sharon. **Initiating a Natural History Collection Digitisation Project**. 1. ed. Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility, 2008.

GALLO, Alessandro; MUZZUPAPPA, Maurizio; BRUNO, Fabio. 3D reconstruction of small sized objects from a sequence of multi-focused images. **Journal of Cultural Heritage**, v. 15, n. 2, p. 173-182, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2013.04.009>. Acesso em: maio 2018.

KUZMINSKY, Susan C.; GARDINER, Megan S. Three-dimensional laser scanning: potential uses for museum conservation and scientific research. **Journal of Archaeological Science**, v. 39, n. 8, p. 2744-2751, 2012.

LEONOV, Andrey V.; ANIKUSHKIN, Mikhail N.; IVANOV, Andrey V.; OVCHAROV, Stanislav V.; BOBKOV, Alexander E.; BATURIN, Yuri M. Laser scanning and 3D modeling of the Shukhov hyperboloid tower in Moscow. **Journal of Cultural Heritage**, v. 16, n. 4, p. 551-559, Jul.-Aug. 2015. ISSN 1296-2074. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2014.09.014>. Acesso em: set. 2018.

MARINONI, Luciane; PEIXOTO, Ariane L. As coleções biológicas como fonte dinâmica e permanente de conhecimento sobre a biodiversidade. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 62, n. 3, p. 54-57, 2010.

MARTELLO, Caroline; TEIXEIRA, Maria do Rocio Fontoura. O ensino de Ciências como prática pedagógica no museu: a experiência no Museu Entomológico Fritz Plaumann. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**, v. 4, n. 12, p. 517-530, 2018.

MEIRA, Ana Lúcia. **O passado no futuro da cidade**: políticas públicas e participação popular na preservação do patrimônio cultural de Porto Alegre. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004.

NGUYEN, Chuong V.; LOVELLI, David R.; ADCOCK, Matt; SALLE, John L. Capturing Natural-Colour 3D Models of Insects for Species Discovery and Diagnostics. **Plos One**, v. 9, n. 4, p. e94346, 2014. Disponível em: [doi:10.1371/journal.pone.0094346](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094346). Acesso em: set. 2018.

PEREIRA, Rosa Maria A. Gabinetes de curiosidades e os primórdios da ilustração científica. *In*: ENCONTRO DE HISTÓRIA DA ARTE, 2., IFCH/Unicamp, 2006. Disponível em: <https://www.ifch.unicamp.br/eha/atas/2006/PEREIRA,%20Rosa%20Maria%20Alves%20-%20IIEHA.pdf>. Acesso em: abr. 2019.

PONS, Andressa Roxo. **A interoperabilidade como estratégia para ampliação do acesso a acervos digitais**: um estudo sobre a base de dados do Arquivo Fotográfico Memória. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.

SIBBR – SISTEMA DE INFORMAÇÃO SOBRE A BIODIVERSIDADE BRASILEIRA. 2018. Disponível em: <http://www.sibbr.gov.br>. Acesso em: set. 2018.

SILVA, Fábio Pinto da. **O uso da digitalização tridimensional a laser no desenvolvimento e caracterização de texturas aplicadas ao design de produtos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em: <http://www.ndsm.ufrgs.br/portal/downloadart/109.pdf>. Acesso em: ago. 2018.

SOUZA E SILVA, Wagner. Entre fotografias científicas e a ciência da fotografia. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**, n. 17, p. 435-444, 2007.

STRÖBEL, Bernhard; SCHMELZLE, Sebastian; BLÜTHGEN, Nico; HEETHOFF, Michael. An automated device for the digitization and 3D modelling of insects, combining extended-depth-of-field and all-side multi-view imaging. **Zookeys**, v. 759, p. 1-27, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3897/zookeys.759.24584>. Acesso em: set. 2018.

WEATHERBEE, Scott D; NIJHOUT, H. Frederik; GRUNERT, Laura W; HALDER, Georg; GALANT, Ron; SELEGUE, Jayne; CARROLL, Sean. Ultrabithorax function in butterfly wings and the evolution of insect wing patterns. **Current Biology**, v. 9, n. 3, p. 109-115, 1999.