

# REVISTA DE ARQUEOLOGIA

Volume 31 No. 1 2018

ARTIGO

DE VOLTA AO PASSADO:

## A APLICAÇÃO DA FOTOGRAMETRIA PARA REGISTRO ARQUEOLÓGICO 3D

Artur Jorge Fernandes de Magalhães\*, Ana Luíza Berredo\*\*, MaDu Gaspar\*\*\*

### RESUMO

O artigo aborda o uso da fotogrametria de curto alcance como forma de registro na arqueologia, demonstrando como é possível utilizar ferramentas tecnológicas de forma simples e economicamente acessível a qualquer investigador. Serão apresentados dados preliminares de levantamentos fotogramétricos usados como estudo de caso na dissertação dos dois primeiros autores, apontando a metodologia usada para a sua aquisição. O objeto sob análise é um bloco com sepultamento proveniente do sambaqui de Amourins, localizado na Baía de Guanabara, no município de Guapimirim/RJ. Desta forma, esperamos contribuir para um melhor entendimento da metodologia necessária para a produção de modelos 3D através da fotogrametria aplicada à arqueologia e de como esta técnica pode auxiliar a análise da reconstrução de etapas do ritual funerário em sambaquis.

**Palavras-chave:** Fotogrametria; Modelação 3D; Sambaqui.

\* Licenciatura em Arqueologia e História, pela Universidade de Coimbra; Pós-Graduação em Arqueologia Subaquática, pelo Instituto Politécnico de Tomar e Universidade Autónoma de Lisboa; Mestrando em Arqueologia no Programa de Pós-graduação em Arqueologia (PPGARq) Museu Nacional/UFRJ; Bolsista da CAPES. Email: [arturjfmagalhaes@gmail.com](mailto:arturjfmagalhaes@gmail.com).

\*\* Bacharelado e Licenciatura em História pela Universidade Federal do Rio de Janeiro; Mestranda em Arqueologia no Programa de Pós-graduação em Arqueologia (PPGARq) Museu Nacional/UFRJ; Bolsista da CAPES. Email: [analuzaberredo@hotmail.com](mailto:analuzaberredo@hotmail.com).

\*\*\* Doutora em Arqueologia pela Universidade de São Paulo. Professora Colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Arqueologia, Museu Nacional/UFRJ. Pesquisadora do CNPq. E-mail: [madugaspar@terra.com.br](mailto:madugaspar@terra.com.br).

## BACK TO THE PAST: THE APPLICATION OF PHOTOGRAMMETRY FOR 3D ARCHAEOLOGICAL RECORD

---

### ABSTRACT

The use of short-range photogrammetry will be addressed throughout this article as a recording method in archeology, demonstrating how it is possible to carry out this type of survey in a simple and economically accessible way to any researcher. In this work we will present preliminary data of photogrammetric surveys used as a case study in the dissertations of the authors, pointing out the methodology used for its acquisition. A burial block of Amourins, shell-mound located in Guanabara Bay, in the county of Guapimirim / Rio de Janeiro, Brazil, will be used as a case-study material. In this way, it is hoped to contribute to a better understanding of the methodology for a 3D models production through photogrammetry applied to archeology, and how this technique can aid in shell mounds funerary ritual stages reconstruction.

**Keywords:** Photogrammetry; 3D models; Shell-mound.

## VOLVER AL PASADO: LA APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA PARA EL REGISTRO ARQUEOLÓGICO 3D

---

### RESUMEN

A lo largo de este artículo se abordará el uso de la fotogrametría de corto alcance como una manera de registro arqueológico, demostrando cómo es posible llevar a cabo este tipo de encuestas de una forma sencilla y asequible para cualquier investigador. Se presentarán datos preliminares de estudios fotogramétricos utilizados como un estudio de caso en la tesis de los dos primeros autores, señalando la metodología utilizada para su adquisición. En el caso del estudio de caso se utilizará como material un bloque de enterramiento del Sambaqui Amourins, ubicado en la Bahía de Guanabara, en la ciudad de Guapimirim / RJ. Por lo tanto, se espera que contribuya a una mejor comprensión de la metodología para la producción de modelos en 3D a través de la fotogrametría aplicada a la arqueología y de cómo esta técnica puede auxiliar en el análisis de las etapas de reconstrucción del ritual funerario en sambaquis.

**Palabras clave:** Fotogrametría; Modelado 3D; Sambaqui.

## INTRODUÇÃO

Os materiais arqueológicos constituem uma parte considerável da nossa herança cultural. Investigar o passado por meio de pesquisas arqueológicas pode acarretar riscos, em muitos casos, quando o tipo de registro é insuficiente ou quando não são tomadas as devidas medidas de conservação. O processo de escavação cria um paradoxo epistemológico fundamental: a produção de conhecimento por meio de escavações implica na destruição do conjunto de dados *in-situ*, levando a uma reprodução de informações, tornando sua futura revisão científica e interpretação potencialmente problemáticas.

Os artefatos preservados em coleções patrimoniais são uma das mais significativas fontes de dados originais que permitem futuros estudos e interpretações. No entanto, os contextos dos quais foram retirados durante as escavações podem deixar de existir, como é o caso da estratigrafia presente num bloco com sepultamento. Esses testemunhos da atividade humana apenas são preservados por meio de registros de produção contemporânea, tais como desenhos, fotografias e, em alguns casos, filmes que, apesar de importantes, apresentam uma visão subjetiva, tornando-os nem sempre adequados para estudos e revisões posteriores. Na maioria dos casos, apenas a interpretação bidimensional de uma estrutura arqueológica que era originalmente tridimensional é privilegiada. Segundo Gaspar (2016:45-46), “adotar estratégias de campo que permitam recuperar o arranjo de camadas, lentes e objetos de uma perspectiva tridimensional é o desafio da arqueologia de sambaquis” e “recuperar volumes eliminados por abordagens planificadoras e buscar interpretações que contemplem a tridimensionalidade do espaço é o desafio das próximas escavações”.

Assim, a partir disso, o presente trabalho tem como objetivo demonstrar o potencial do uso da fotogrametria de curto alcance como ferramenta de registro arqueológico 3D de Sambaquis. Embora o esse tipo de registro tenha se tornado uma prática cada vez mais comum na arqueologia, com aplicação em peças arqueológicas, painéis de arte rupestre, áreas de escavação ou até mesmo de sítios arqueológicos submersos, seu uso na arqueologia de sambaquis é desconhecido.

A técnica fotogramétrica e sua aplicação na arqueologia serão apresentadas a seguir, além de uma breve descrição do sítio Amourins e do bloco de sepultamento objeto de estudo, sendo descrita a metodologia aplicada no levantamento fotogramétrico do bloco bem como o grau de precisão obtido pela técnica e o tempo dispendido para obtenção do modelo 3D. Por último, será analisado o potencial do registro arqueológico 3D como ferramenta analítica dos sítios tipo sambaquis, da paisagem onde estes se inserem, dos sepultamentos a estes associados e de sua estratigrafia.

## FOTOGRAMETRIA APLICADA À ARQUEOLOGIA

Uma das maneiras de aprimorar o registro de estruturas arqueológicas é a fotogrametria, que pode ser classificada de acordo com a evolução dos equipamentos e materiais envolvidos nos processos: fotogrametria analógica (1901-1950), fotogrametria analítica (1951-1990) e fotogrametria digital (1990 – até ao presente), esta última dividindo-se em fotogrametria aérea, de satélites e fotogrametria à curta distância. A fotogrametria de curto alcance é aplicada a objetos que variam de alguns centímetros até 200 m, desde que a distância entre a câmera e o objeto não ultrapasse tal distância.

Nos últimos anos o uso das tecnologias digitais é crescente em todas as disciplinas, e a arqueologia não é exceção. Embora o seu uso ainda não seja comum no trabalho de campo, o registro digital 3D vem propagando-se cada vez mais entre os arqueólogos,

sendo possível encontrar hoje em dia várias ferramentas de registro digital utilizadas tanto para prospeções como em escavações.

Para melhor compreensão dos métodos disponíveis, pesquisadores como Pavlidis *et al.* (2007) e Remondino & Rizzi (2010) produziram sínteses das técnicas de registro 3D. Sobre as técnicas propriamente ditas, pesquisadores como Chodoronek (2015), Dell'Unto (2014); Doneus *et al.* (2011), De Reu *et al.* (2013), Ortiz *et al.* (2013); Peng *et al.* (2017); Pierdicca (2017) e Zang Chun-Sen *et al.* (2017) têm usado a fotogrametria de curto alcance para o registro de escavações arqueológicas. Podemos citar, ainda, Samaan *et al.* (2013), com relação aos artefatos, Verhoeven (2017) para estudos da paisagem e Henriques (2012) para conservação e restauro.

Investigações sobre a aplicação do escâner a laser, combinado com a fotogrametria à curta distância, foram realizadas para o registro de sítios arqueológicos por Arav *et al.* (2016), Doneus & Neubauer (2005), Hoffmeister *et al.* (2014) e Powel (2009). Forte *et al.* (2012; 2015), Lambers (2007), Lerma *et al.* (2010), Kjellma (2012), Xu *et al.* (2014) e Trinks *et al.* (2017).

Bennet (2014), Bewley *et al.* (2005), Chase *et al.* (2011; 2014); Doneus *et al.* (2007; 2008) e Evans *et al.* (2013) são pesquisadores que aprofundaram o uso do LIDAR para produzir ortofotos e modelos digitais de terreno e de superfície, enquanto Doneus *et al.* (2015) utilizou o LIDAR como ferramenta de prospecção e registro de patrimônio submerso. Outros estudiosos detiveram-se no uso de escâneres de luz estruturada para levantamento de peças e sítios arqueológicos, como McPherron *et al.* (2009) e de gravuras, como Güth (2012).

O uso da tomografia para visualização de esqueletos em bloco foi explorado por Lynnerup (1997) e para moedas concrecionadas por Miles *et al.* (2017). Entre os que trataram da aplicação dos sistemas GIS para a visualização, análise e gestão de dados arqueológicos 3D estão Agugiaro & Remondino (2014), Connolly & Lake (2006), Dell Unto *et al.* (2015), Katsianis *et al.* (2008), Lei Luo *et al.* (2014); Schwerin *et al.* (2013) e Wheatley *et al.* (2002). Galiatzatos (2014) usou imagens de satélite para estudo das paisagens, enquanto pesquisadores como Forte (2014) e Pescarin (2014) debruçaram-se sobre a aplicabilidade dos modelos digitais para a criação de museus virtuais, realidades imersivas e aumentadas.

No Brasil, embora ainda exista uma utilização pouco efetiva dos métodos de registro 3D, apontamos os trabalhos dos seguintes pesquisadores: Figueirôa (2012), com a digitalização de cerâmicas através de escâner de luz estruturada; Santos *et al.* (2013), com a aplicação de várias técnicas (laser escâner, luz estruturada e tomografia) para registro 3D (cerâmicas, epígrafes, sarcófagos e múmias) e impressão 3D; Kipnis (2013), com o levantamento de gravuras rupestres através da aplicação combinada do laser escâner terrestre e da fotogrametria de luz estruturada; Narciso (2016), com a utilização da fotogrametria para produzir ortofotos e Modelos Digitais de Terreno (MDT) de escavações arqueológicas. Torres *et al.* (2017) e Yamafume *et al.* (2016) trabalharam com o registro fotogramétrico de naufrágios e reconstrução 3D de navios; Moraes Wichers *et al.* (2017), através da utilização de laser escâner para digitalização de peças arqueológicas, criaram realidades aumentadas dos artefatos que foram usados posteriormente no âmbito de Educação Patrimonial; Fleming *et al.* (2017) fez uso de laser escâner para digitalização de artefatos, impressão 3D e realidade virtual através do projeto "DOMUS Visita Virtual"; Ulguim (2017), voltado para o uso de modelos 3D na zooarqueologia.

No âmbito do estudo do bloco com sepultamento proveniente do sambaqui de Amourins, consideramos que a técnica em apreciação é uma ferramenta complementar, que pode diminuir drasticamente a quantidade de tempo normalmente requerida no

registro arqueológico em relação às técnicas tradicionais de documentação. Ao mesmo tempo, fornece modelos tridimensionais de qualidade visual e analítica de igual ou superior qualidade em relação às técnicas convencionais.

Outra vantagem da fotogrametria é o fato de ser um método de registro indireto, que não necessita tocar no objeto alvo de registro nem impacta materiais sensíveis, como é o caso dos ossos humanos presentes no bloco que foi estudado. É também durável, pois o seu armazenamento é digital, podendo facilmente ser copiado. Além do mais, é reutilizável, já que as fotografias que compõem a base do registro fotogramétrico oferecem a possibilidade de refazer o modelo fotogramétrico com melhor resolução e em velocidades mais rápidas no futuro. Por último, a flexibilidade e manipulação das saídas dos modelos 3D fazem, também, da fotogrametria uma ferramenta útil para promover o compartilhamento de dados, apresentações públicas e divulgação do Patrimônio Arqueológico. No entanto podemos observar algumas limitações. Um dos inconvenientes é a falta de controle direto sobre os dados gravados. As fotografias precisam estar em um conjunto completo ou, pelo menos, parcialmente completo, antes de poderem ser processadas no *software*, tendo em vista que os dados incorretos não podem ser reconhecidos antes de o processamento ter terminado. Assim, o usuário precisa estar ciente desse aspecto do processo, pois, em péssimo cenário os dados podem ser irrecuperáveis. Desta forma, é necessário desenvolver, previamente, uma compreensão fundamental de como a tecnologia SFM reconstrói um ambiente espacial através de uma série de fotografias e ter familiaridade com estratégias de registro fotográfico, para que se realize um bom levantamento fotogramétrico e conseqüentemente um bom modelo 3D.

Um ponto desfavorável desta metodologia é o grande volume de dados que gerado pela fotogrametria. As imagens devem ser tiradas nos mais altos padrões possíveis para garantir sua reutilização no futuro. Isso significa que a gravação precisa ser feita em alta resolução com câmeras de qualidade, o que proporcionará a produção de grandes quantidades de dados.

Contudo, o maior problema da fotogrametria está relacionado às suas limitações quando se lida com superfícies móveis ou reflexivas. Cenas com cordas ou grama, objetos cilíndricos monocromáticos que não possuem bordas claramente definidas quando vistas na rodada assim como vidro e outras superfícies transparentes impedem uma boa modelagem, fazendo com que a modelação 3D não seja apropriada para todos os objetos e áreas devido às limitações técnicas do software.

Finalmente, o modelo 3D fotogramétrico é melhor desenvolvido em um ambiente controlado, onde a luz pode ser direcionada. No entanto também pode ser perfeitamente viável em operações de campo, desde que tenham sido tomadas medidas para minimizar as características problemáticas e uma boa cobertura fotográfica de todas as oclusões para maximizar a eficácia do computador ao tentar recriar o ambiente espacial.

No que se refere ao estudo em apreço, o processo de escavação arqueológica de bloco com sepultamento é uma desmontagem de diferentes elementos que integram uma estrutura funerária, trata-se da identificação e retirada de ossos humanos, adornos, cinzas, conchas trituradas, ossos de animais e marcas de estacas que são mantidos juntos em decorrência da presença de sedimento. Como em toda escavação, as diferentes maneiras de documentar a presença de elementos e suas articulações é aspecto importante da pesquisa. Com o objetivo de otimizar as técnicas de registro, o 3D é utilizado para garantir a permanência virtual da estrutura e o acesso à diferentes tipos de informação referentes ao arranjo dos materiais e à própria escavação, mesmo após o desmonte do bloco. No caso do bloco do sambaqui de Amourins, a partir de sua

escavação, foi possível realizar o registro 3D dos materiais envolvidos na preparação do terreno para deposição do corpo em seu local de destino.

Desta forma, e considerando que a fotogrametria de curto alcance é uma técnica simples, rápida e de grande precisão para o registro arqueológico, entendemos que esta pode ser aplicada ao estudo dos sambaquis com o intuito de auxiliar na compreensão da construção do ritual funerário através da análise do modelo 3D. É nosso intuito que as etapas de desmonte do bloco de sepultamento sejam registradas em três dimensões para que posteriormente, após a finalização da escavação, em laboratório, seja possível retornar ao modelo 3D, aproveitando-o como uma base geométrica e visual que serve de auxílio à análise do terreno que foi preparado para receber o cadáver<sup>1</sup>.

#### SAMBAQUI DE AMOURINS

O sambaqui de Amourins está localizado na fazenda Santa Rita de Cássia, a 5 km da Baía da Guanabara, na margem esquerda do Rio Guapimirim. Segundo Gaspar et al. (2013), o sítio, atualmente, tem cerca de 60 m de comprimento, 10 m de largura e 2,80 m de altura. Em seu interior há uma sucessão de camadas compostas por conchas inteiras e fragmentadas, ossos de peixes, finas lentes de carvões, depósitos de cinzas que correspondem a restos de fogueiras e sepultamentos humanos.

Esse sítio foi estudado primeiramente na década de 1980, por Heredia e colaboradores (HEREDIA & BELTRÃO, 1980; HEREDIA *et al.*, 1982) e está situado em uma ampla planície sedimentar, destacando-se por ser uma elevação coberta por vegetação constituída por arbustos e algumas árvores (HEREDIA, 1980:103). Devido as cheias que ocorreram no Rio Guapimirim, os embates da água foram responsáveis pela destruição de boa parte do sambaqui

Posteriormente, as pesquisas no sambaqui de Amourins foram retomadas em 2010 (ver Figura 1 B), com o projeto “Sambaquis médios, grandes e monumentais: estudo sobre as dimensões dos sítios arqueológicos e seu significado social” (Sambaqui MGM), coordenado por Madu Gaspar e apoiado pela FAPERJ/PRONEX (Processo: e-26/110.569/2010), que teve como objetivo realizar a recuperação, revisão e sistematização de dados sobre sambaquis do Rio de Janeiro e Santa Catarina, visando contribuir para a interpretação da ocupação pré-colonial do litoral (GASPAR *et al.*, 2013:8).

Durante a pesquisa foram identificados três sepultamentos, todos situados próximo à base do sítio, a alguns centímetros acima da superfície atual. Dois deles foram localizados durante a abertura da coluna zoo-antracológica, estando o primeiro na seção do perfil, compreendida entre 30-35 m, a aproximadamente 1,30 m de profundidade, e o segundo na seção 7,5-8,5 m, a cerca de 0,70 m de profundidade. Segundo Gaspar et al (2013) os sepultamentos recuperados nas pesquisas relacionadas com o projeto Sambaquis MGM, juntamente com os recuperados por Heredia e Beltrão (1980), resultaram em cinco corpos identificados neste sítio.

Os três blocos (nomeados de A, B e C) foram resgatados com o objetivo de se realizar a escavação minuciosa em laboratório para que não se perdesse informações importantes quanto à análise bioarqueológica, estratigráfica dos sedimentos utilizados na construção do lugar do morto, além de possibilitar a aplicação da técnica da fotogrametria. Dentre os três blocos de testemunhos, o sepultamento C (ver Figura 1 A) foi escolhido para ser objeto do presente artigo. O bloco com este sepultamento foi

---

<sup>1</sup> Para informações sobre o estudo de blocos com sepultamento proveniente do sambaqui de Amourins ver Barreto (2016) e para informações sobre a retirada de esqueleto em bloco ver Mendonça de Souza et al (2013)

escavado no Laboratório de Arqueologia Casa de Pedra do Museu Nacional/UFRJ, no âmbito da dissertação de mestrado de uma das autoras (BERREDO, 2018).

**Figura 1** – (A) Vista de topo da escavação do Sepultamento C; (B) vista geral da campanha de escavação de 2010 do sambaqui de Amourins (fonte: Gaspar 2011).



## METODOLOGIA

### Coleta de dados

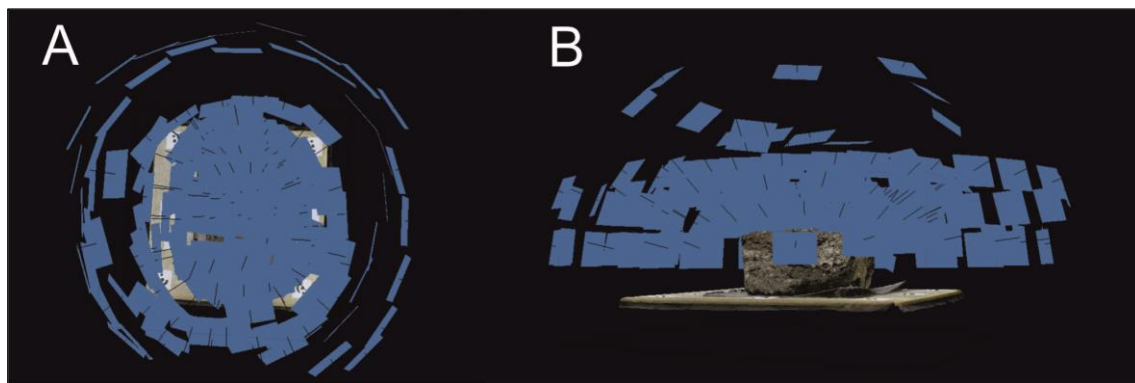
Para um bom levantamento fotográfico de uma área ou objeto, três fatores devem ser considerados: a profundidade de campo, o enquadramento e o tempo de exposição. Segundo Henriques (2013: 78),

no primeiro ponto, o da profundidade de campo, a abertura ou fecho do diafragma assumem uma importância fundamental. Quanto mais fechado for o diafragma, maior profundidade de campo terá a fotografia. Isto quer dizer que terá mais planos focados. Para fotografar artefatos, quando se trata de registrar à curtas distâncias, deverá procurar-se no equipamento fotográfico o valor mais alto de diafragma. Em relação ao enquadramento, trata-se de um parâmetro essencial para que os objetos estejam verdadeiramente em "campo", ou seja, dentro da área registrável. No que concerne ao tempo de exposição, este parâmetro, quando relacionado com o diafragma, e uma vez que os objetos estão imóveis, permite fazer a medição de luz, a fotometria. Na prática, quanto mais fechado estiver o diafragma, com valores numéricos mais altos indicados no equipamento, menos luz entra na câmara, e como tal, terá que haver maior tempo de exposição. Para evitar que as imagens fiquem tremidas, em fotografia técnica, é obrigatório o uso de tripés estabilizadores.

No que se refere previamente ao levantamento, devem ser tomados pontos de controle obtidos através da colocação de alvos fotogramétricos, que devem ser posicionados em volta do objeto e implantados através de um sistema métrico absoluto, ou seja, de medidas de referência conhecidas entre os pontos, de forma a se criar um modelo à escala. No caso do sepultamento C, foram colocados ao redor do bloco oito alvos fotogramétricos (alvos de 12 bits 10 mm, ver Figura 3) gerados no próprio programa *PhotoScan*, através de arquivo (PDF) e impressos em papel, colocados a uma distância de 40 cm entre cada alvo.

Em seguida, utilizou-se uma câmera DSLR Nikon D3300<sup>2</sup> estabilizada com tripésendo feitas 172 fotografias do bloco através de tomadas sucessivas circulares. Dessa maneira formaram-se sequências de fotografias com sobreposição superior a 70% entre imagens e a diferentes alturas (Figura 2). As fotos foram tiradas em alta resolução (6000x4000 pixels), priorizando o modo de Abertura utilizando um “*f-stop*” de *f*/14.

**Figura 2** - Os retângulos azuis indicam as posições das câmeras calculadas automaticamente pelo programa Agisoft Photoscan. Vista de topo (A); vista lateral (B) (fotografia dos autores).



Tratamento e processamento dos dados

Após a conclusão dos levantamentos fotogramétricos, as fotos foram triadas e tratadas no que diz respeito à luz, saturação e cor. Contudo, a distorção da lente não foi alvo de tratamento, pois o próprio *PhotoScan*, por possuir a *Nikon D3300* na sua base de dados, executou a sua calibração de forma automática.

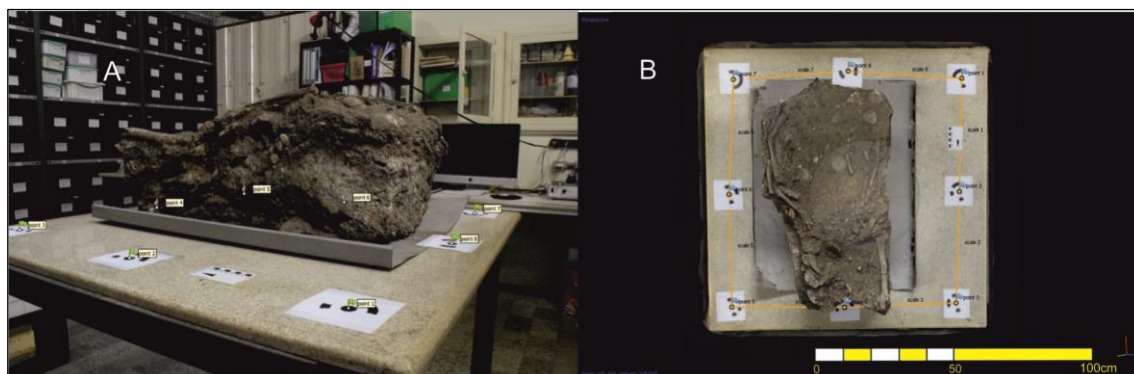
Para o tratamento das fotos e processamento de dados foi utilizado um computador MSI GT72 2QE Dominator Pro com um processador Intel Core i7-4710HQ (2.5GHz, 3.5GHz Turbo Boost), placa gráfica Nvidia GeForce GTX 980M 8GB GDDR5, 32GB de memória DDR3-1600 (4x8GB) e disco rígido de 1TB 7200RPM.

Concluído o tratamento das fotos, as imagens foram carregadas em software de modelagem 3D *PhotoScan* e seguiram quatro passos semiautomáticos de forma a se obter o modelo 3D. O primeiro passo foi o alinhamento das fotos. Nesta fase, o programa procura por pontos em comum em fotografias e combina-os, encontrando a posição da câmera para cada imagem e refinando os parâmetros de calibração. Como resultado, uma nuvem de pontos esparsos e um conjunto de posições de câmera são formadas (Figura 4A).

De maneira a refinar ainda mais o alinhamento do modelo, foram indicados os pontos de controle presentes em cada fotografia (Figura 3). Embora o programa possua um modo automático de detecção dos marcadores (menu tools/markers/detect markers) recomendamos que este processo seja executado manualmente, pois o reconhecimento automático nem sempre é exato, o que pode prejudicar o alinhamento correto das imagens. Após a colocação manual dos marcadores ao longo da série de fotografias foi feita uma otimização do alinhamento e criada uma nuvem de pontos esparsos refinada.

<sup>2</sup> Sensor de imagem de formato DX CMOS de 24.2 megapixels e Lente AF-S DX NIKKOR 18-55 mm *f*/3.5-5.6G VR II para mais informações sobre as características da câmera consultar o manual disponível em: [http://download.nikonimglib.com/archive2/37rKu00hLYnf023buin15jajNY58/D3300RM\\_\(Pt\)03.pdf](http://download.nikonimglib.com/archive2/37rKu00hLYnf023buin15jajNY58/D3300RM_(Pt)03.pdf) Acessado em 07/01/2017.

**Figura 3** - A imagem (A) apresenta uma fotografia do bloco de sepultamento com os alvos fotogramétricos colocados em sua volta, em cada fotografia o centro dos alvos foi marcado manualmente para que o programa possa otimizar o alinhamento das imagens. A imagem (B) representa uma vista de topo com os alvos e régua criadas a partir da distância conhecida entre eles (40 cm) após a otimização do alinhamento (fotografia dos autores).

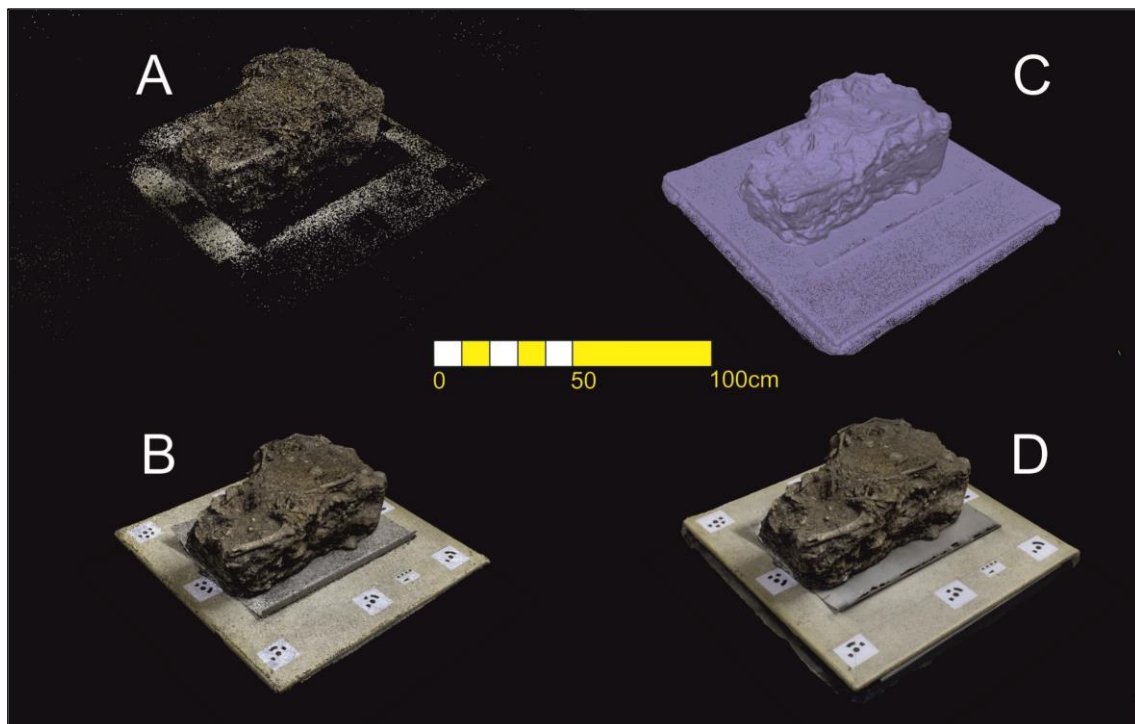


A seguir foi processada a nuvem densa de pontos com base nas posições estimadas das câmeras e das fotografias (Figura 4B). Nesta fase, foram criadas escalas indicando a distância conhecida entre os pontos de controle. No presente modelo utilizou-se 8 régua de 40 cm, medida previamente determinada entre os alvos colocados ao redor do bloco de sepultamento.

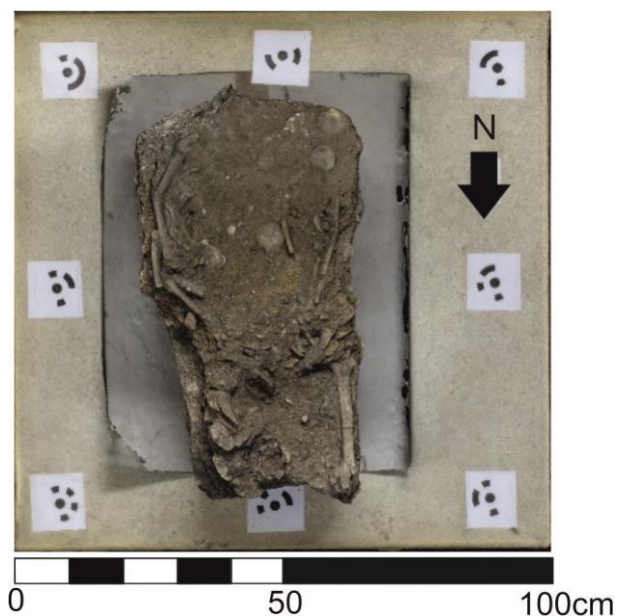
A etapa posterior foi a construção da malha poligonal 3D representativa da superfície do objeto com base na nuvem densa de pontos (Figura 4C). Nesta fase, o programa atribui uma cor a cada um dos vértices a partir das cores dos *pixels* das fotografias. Tendo construído a malha, pode ser necessário editá-la através de algumas correções como aparar, fechar buracos ou remover componentes destacados. No presente caso foi fechado um buraco no modelo na sua parte inferior, representada pela mesa onde o bloco estava assentado.

Por último, foi aplicada a textura do objeto, conferindo a este um aspecto foto realista (ver Figura 4D) e permitindo, também, a criação de ortofotomapas ou, neste caso, de vistas planimétricas ou de perfis estratigráficos do bloco (ver Figura 5).

**Figura 4** – (A) nuvem esparsa de pontos; (B) nuvem densa de pontos; (C) malha poligonal 3D; (D) modelo 3D com textura (fotografia dos autores).



**Figura 5** - Ortofoto da planta baixa do bloco de sepultamento C, esta imagem encontra-se retificada quanto à distorção, podendo ser usada para tomar medidas diretas do objeto de estudo e/ou vectorização da imagem (fotografia dos autores).



Após o processamento dos dados, como se pode verificar através da Figura 6A, todas as 172 fotografias foram alinhadas com sucesso, resultando numa nuvem esparsa com 78.665 pontos convergentes. Posteriormente todos os 8 pontos de controle foram identificados e marcados no modelo, e foi realizada uma otimização do alinhamento. Em seguida, criamos uma nuvem densa de pontos em baixa resolução, da qual resultaram 3.510.507 pontos de convergência entre as fotografias processadas. Da conexão desses pontos obtivemos uma malha poligonal 3D com 691.046 faces

representativas da geometria da superfície do bloco de sepultamento, tendo sido aplicada sobre esta uma textura foto realista.

Com base nos 8 pontos de controle colocados em volta do bloco, foram criadas 8 réguas, as quais serviram para colocar o modelo em escala e apresentaram um erro de distorção de 0,811mm, ou seja, um erro inferior a um milímetro. Tal resultado comprova a alta precisão do registro fotogramétrico, que em muito ultrapassa a do desenho, aproximando-se, em termos de precisão, a um levantamento por escâner a laser, porém, a um custo bem mais reduzido (Figura 6B).

**Figura 6** - A) Vista do espaço de trabalho em que são sintetizadas as diversas fases do processamento do modelo 3D (fotografia do autor). B) Tabela do erro apresentado pelas réguas criadas com base nos pontos de controle (fotografia dos autores).

A		B			
Workspace (1 chunks, 172 cameras)		Scale Bars	Distance (m)	Error (m)	
✓	Chunk 1 (172 cameras, 8 markers, 78665 points) [R]	<input checked="" type="checkbox"/>	scale 1	0.400000	-0.000524
>	Cameras (172, 172 aligned)	<input checked="" type="checkbox"/>	scale 2	0.400000	0.000042
>	Markers (8)	<input checked="" type="checkbox"/>	scale 3	0.400000	-0.000550
>	Scale Bars (8)	<input checked="" type="checkbox"/>	scale 4	0.400000	-0.000903
	Depth Maps (172, Low quality)	<input checked="" type="checkbox"/>	scale 5	0.400000	0.000096
	Dense Cloud (3510507 points)	<input checked="" type="checkbox"/>	scale 6	0.400000	0.001842
	3D Model (691046 faces)	<input checked="" type="checkbox"/>	scale 7	0.400000	0.000381
		<input checked="" type="checkbox"/>	scale 8	0.400000	-0.000562
			<b>Total Error</b>		<b>0.000811</b>

Uma avaliação do tempo despendido em todo o processo está descriminada abaixo com as respectivas fases (Figura 7), muito embora seja necessário considerar os recursos utilizados e a experiência profissional.

**Figura 7** - Gráfico que apresenta o tempo despendido por etapa para obtenção do registro 3D do bloco de sepultamento C, totalizando uma hora e cinquenta e seis minutos.



Todas as atividades foram realizadas em cerca de 2 horas, tempo suficiente para gerar um registro de 172 fotografias, um modelo digital da superfície do bloco com sepultamento com precisão inferior a um milímetro bem como uma ortofoto da planta baixa do bloco da qual podem ser extraídas medidas rigorosas, permitindo ainda a vetorização da ortofoto em desenho digital. Além do formato Tiff gerado pela ortofoto,

o modelo 3D foi ainda exportado em arquivo formato Obj. e PDF 3D. O primeiro (Obj.) permite a reedição do modelo em resoluções mais altas, caso se tenha acesso a um computador com maior capacidade de processamento. O segundo (PDF 3D) permite a visualização do modelo em qualquer computador que tenha a última versão do Adobe Reader, a qual suporta este tipo de arquivo e é grátis. Além disso, o modelo também se encontra disponível para visualização através do link: <https://skfb.ly/6nwJp>.

Destacamos, ainda, que estes resultados são preliminares e que nosso objetivo era reduzir o número de tomadas fotográficas sem comprometer a qualidade de precisão do modelo considerado satisfatório para embasar interpretações arqueológicas. Nosso intuito era diminuir o tempo de levantamento e processamento dos dados criando um arquivo que seja leve, capaz de ser visualizado em qualquer computador.

Com base nestes resultados podemos pensar que se o registro em 3D é rápido e de qualidade, as investigações podem se tornar mais ambiciosas. Podemos escolher objetivos mais complexos, obter uma quantidade maior e mais variada de dados, além de lidar com amostras maiores de forma a construir hipóteses robustas sobre o modo de vida de sociedades através da cultura material, assim como salvaguardar de maneira mais eficiente o patrimônio cultural. No que se refere aos estudos da sociedade sambaquieira, podemos contemplar a possibilidade de investigar a arquitetura de sambaquis e estabelecer comparações entre diferentes processos de formação dos cemitérios dos pescadores-coletores com base no estudo de estratigrafias. Vale ressaltar que Bianchini (2015) oferece uma dimensão da complexidade desse desafio.

#### REGISTRO ARQUEOLÓGICO 3D COMO FERRAMENTA ANALÍTICA

Ao longo deste trabalho verificou-se que a fotogrametria digital de curto alcance pode reduzir significativamente o tempo de produção da documentação arqueológica sem comprometer o seu rigor e precisão. Porém a pesquisa não se prende somente à questão da precisão, tempo e custo, também busca entender de que forma o registro arqueológico 3D pode servir como uma ferramenta analítica que auxilia na compreensão do programa funerário dos sambaquieiros.

Ainda, cabe destacar que o registro 3D não vem a substituir as formas de registro convencionais e sim complementá-las, pois o próprio desenho está imbuído da interpretação feita pelo arqueólogo. Essa premissa é de suma importância para a compreensão do sítio durante e após o processo de escavação. De fato, segundo De Reu *et al.* (2013) devido a sua rapidez de documentação, o registro 3D acarreta o risco de deixar a interpretação para uma fase de pós-escavação, situação que deve ser evitada, uma vez que a interpretação do modelo 3D é tão importante quanto às técnicas dos desenhos das seções de perfis estratigráficos. As interpretações necessitam ser iniciadas em campo, de forma prévia ao registro 3D, de maneira a potencializar o próprio levantamento tridimensional. Em outras palavras, é com base em uma hipótese construída previamente que se irá escolher a melhor estratégia para capturar todos os detalhes que se julgam importantes.

Uma das vantagens do uso de um modelo 3D, quando comparado às técnicas de registro bidimensionais tradicionais, como o desenho e a fotografia, é que a técnica da modelagem 3D permite adotar diferentes perspectivas do objeto. Através da fotogrametria é possível capturar imagens a partir de qualquer ponto de vista escolhido pelo pesquisador, aumentando a quantidade de informações disponíveis sobre o objeto. Além disso, a fotogrametria pode induzir a uma reformulação da maneira como os arqueólogos conduzem as análises, possibilitando *close-ups* de áreas de interesse sem ter que calcular escalas e tomar medidas exatas de uma maneira não invasiva, resguardando vestígios tão frágeis como fragmentos ósseos.

A técnica 3D aplicada ao bloco com o sepultamento C permitiu que tivéssemos acesso à sua forma em toda a sua tridimensionalidade. Foi possível observar de que maneira os ossos humanos e os acompanhamentos funerários se relacionam com a estratigrafia. A aplicação dessa ferramenta se justifica à medida que otimiza o tempo necessário para o registro das informações decorrentes do bloco. A realização das fotos bem como a caracterização da estratigrafia pode ser feita em um menor tempo, acelerando o trabalho no bloco, o que permite uma escavação mais rápida e mais efetiva.

A partir da fotogrametria, foi possível utilizar de forma complementar outras técnicas que auxiliaram na interpretação do programa funerário, como, por exemplo, os desenhos de seções estratigráficas, o fotomosaico (RAMOS *et al.*, 2009) e os desenhos interpretativos feitos por Henrique Vences que estão apresentados em Berredo (2018). Tais técnicas permitiram visualizar, descrever e analisar a disposição e composição das camadas estratigráficas evidenciadas no bloco com o sepultamento C onde foi depositado o corpo de um jovem adulto, do sexo feminino, disposto em decúbito dorsal apresentando ossos articulados em posição anatômica.

A visualização das diferentes inclinações das camadas estratigráficas do bloco permitiu a correlação entre a sua estratigrafia e a do próprio sambaqui, apesar da diferença entre as dimensões desses dois objetos de estudo e o tratamento diferenciado dado aos mesmos. No caso do sambaqui de Amourins, o estudo das seções está relacionado com uma abordagem estrutural do sítio e com a análise do bloco realizada de maneira mais detalhada em uma escala centimétrica (Figura 8).

Além de auxiliar na interpretação da disposição original do esqueleto e de possíveis alterações tafonômicas, a fotogrametria otimizou a escavação em bloco e permitiu retomar correlações entre elementos que não foram percebidos durante o seu desmonte. Ainda durante os trabalhos de campo notou-se que partes do esqueleto estavam desniveladas, sendo que esse arranjo espacial também foi evidenciado através da fotogrametria e, como sugerido por Bianchini (2015) no estudo do sambaqui de Sernambetiba, verificou-se que o cadáver foi depositado na interseção de montículos que formam os sambaquis da região.

Segundo Berredo (2018) o bloco analisado é composto predominante por *Ostrea sp*, *Lucina pectinata*, e *Anomalocardia brasiliana* em menor número. *Ostrea sp* e *Lucina pectinata* estavam dispostas muito próximas ao sepultamento, encontradas acima e abaixo do esqueleto, principalmente próximas às vértebras torácicas, lombares e escápulas. As conchas, também, foram dispostas para destacar partes do corpo, duas valvas de *Lucina pectinata* com a concavidade voltada para baixo, cobriam as patelas desse indivíduo e parte da cabeça estava envolvida por *Lucina pectinata* e *Ostrea sp*, dispostas de forma organizada como uma espécie de adorno.

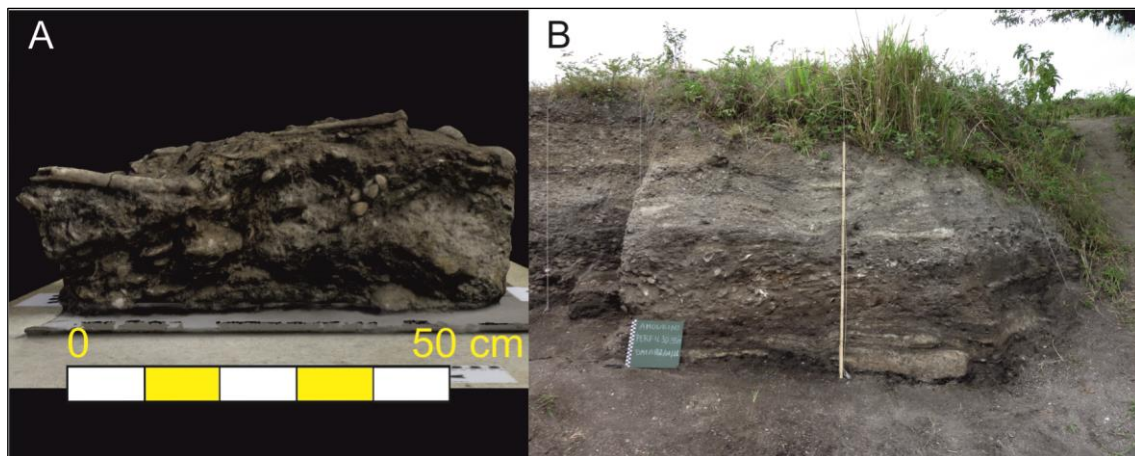
Camadas de cinzas variando de 5 a 15 cm repetem-se na estratigrafia, além das lentes de carvões relacionadas às cinzas, e chamam atenção para a importância do fogo na cerimônia fúnebre. Cardoso (2013), que também estudou o sambaqui de Amourins, observou que na coluna zooantracológica havia uma camada composta por ossos de peixe de *Bagre sp* e corvina, mesmas espécies encontradas associadas ao sepultamento C. Além disso, dentes e vértebras de tubarão das espécies *Charcarhinus limbatus* e *Charcarhinus brevipina*<sup>3</sup> estavam dispostos como acompanhamento funerário e foram encontrados próximo aos pés e pescoço do esqueleto. Marcas de estacas que cortavam verticalmente as camadas e lentes, distantes cerca de 9,5 cm dos ossos humanos, sugerem a existência de uma estrutura, semelhante a um jirau, sobre a qual foram

---

<sup>3</sup> Mariana Lopes, 2017 - comunicação pessoal.

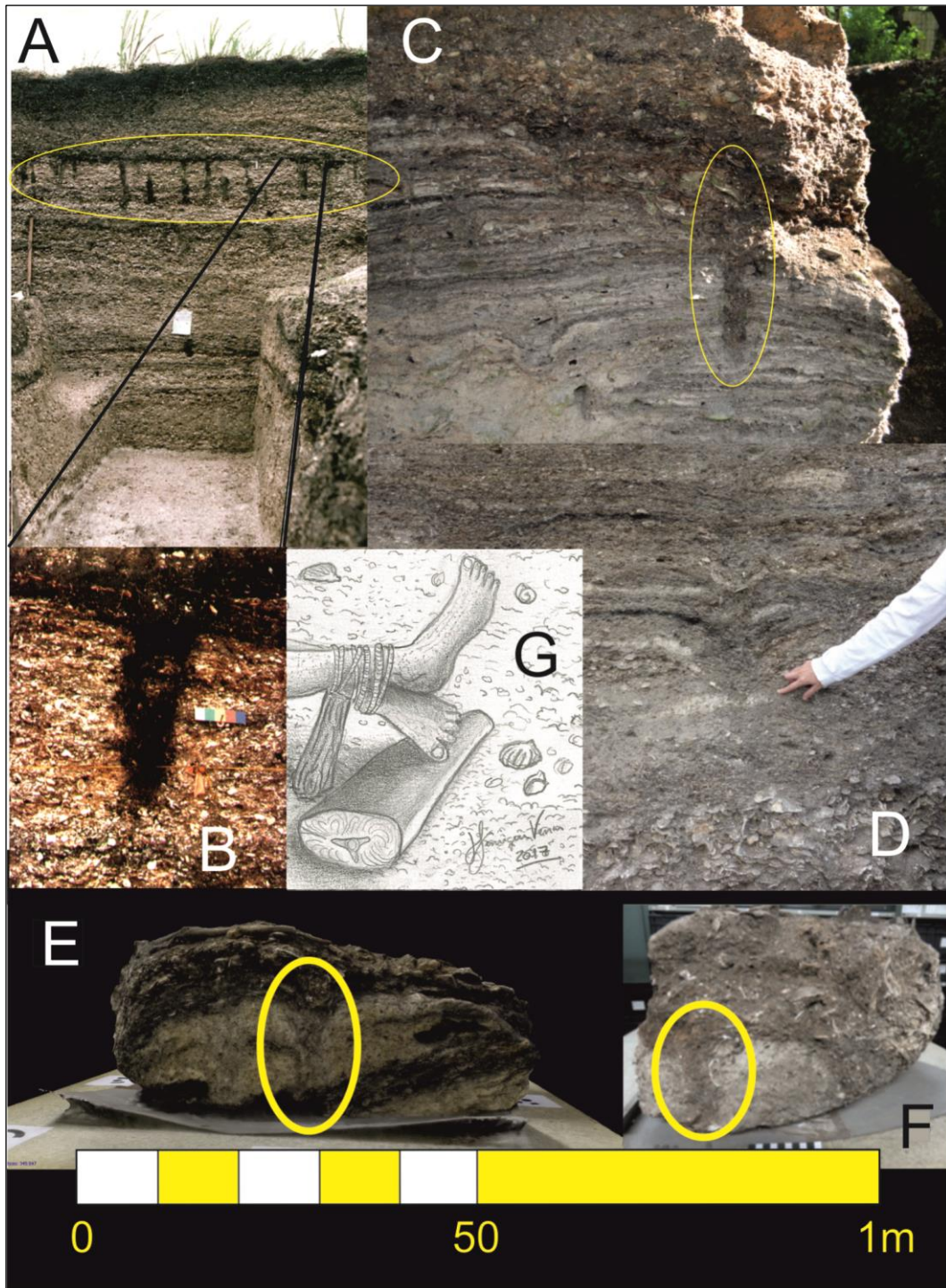
inseridas fácies de diferentes sedimentos organizados por tipos de materiais que foram ali colocados antes da deposição do corpo.

**Figura 8** – A) Perfil Oeste mostrando a espessa camada de cinzas de aproximadamente 20 cm associada ao sepultamento C (Foto do Autor). B) Perfil 30-35 do Sambaqui de Amourins de onde saíram os sepultamentos A e C, evidenciando grande pacote de cinzas no local onde foram encontrados os esqueletos (Fonte: Gaspar, 2011).



Na escavação em campo muitas vezes é difícil perceber elementos como as marcas de estaca em decorrência da incidência direta do sol, porém a escavação feita em laboratório permite que haja um contraste de luz e sombra que favorece sua identificação e visualização (Figura 9). A técnica da fotogrametria cria um registro preciso das porções já escavadas e permitiu visualizar marcas de estacas nas fácies estratigráficas localizadas abaixo dos pés, das vértebras cervicais e do cotovelo direito (Figuras 9E e F). Além disso, também permitiu demonstrar os desníveis existentes no esqueleto, observando que o crânio e os pés estavam em níveis mais altos que a pelve, encontrada afundada no sedimento.

**Figura 9** - A e B) Imagens, do perfil e de detalhe, das marcas de estacas identificadas no Jabuticabeira 2, SC (Fonte: Gaspar, 2012). C) Marca de estaca identificada no Sernambetiba, RJ (Fonte: Gaspar, 2012). D) Marca de estaca identificada no sambaqui Amourins, RJ (Fonte: Gaspar, 2012). E) Perfil Leste do bloco de sepultamento C mostrando marca de estaca (Fotografia dos Autores). F) Perfil Sul do bloco de sepultamento C mostrando marca de estaca (Fotografia dos Autores). G) Desenho dos pés do sepultamento C ilustrando os detalhes obtidos com a fotogrametria. A localização das estacas sob os ossos dos pés, a disposição dos pés apoiados sob a mesma sugere que estavam atados por fibras (desenho Henrique Vences).



O modelo 3D em comparação com outras técnicas, como o fotomosaico e os desenhos dos perfis estratigráficos, complementou todas as técnicas utilizadas a fim de otimizar o trabalho dos pesquisadores no decorrer da escavação dos blocos.

A associação das várias técnicas propiciou a elaboração de uma interpretação gráfica realizada por Henrique Vences e, dessa maneira, permitiu avanços na recomposição da cena fúnebre (Figura 8G). Com o objetivo de interpretar a presença de marcas de estacas sob o esqueleto, articulou-se a disposição dos ossos, localização destas marcas de estacas e descrição da estratigrafia.

Uma das críticas da retirada de sepultamentos em bloco é a perda do seu contexto estratigráfico, pois passa a existir um corte artificial na estratigrafia original. No entanto, a fotogrametria apresenta-se vantajosa mais uma vez, a medida que permite realizar um levantamento da área de escavação e do sítio, partindo do perfil onde foi extraído o bloco com sepultamento, possibilitando a criação do modelo 3D do sítio e do bloco para que, posteriormente, ambos possam ser encaixados na sua posição original. Desta forma, não se perdem informações estratigráficas e o processo de escavação do bloco, em laboratório, pode contar com uma ferramenta de auxílio visual. Infelizmente, não foi construído um modelo 3D durante as intervenções realizadas no sambaqui e Amourins porém, recentemente, a técnica foi testada durante os estudos do sambaqui de Cabeçudas, em Santa Catarina<sup>4</sup> com resultado bastante satisfatório (Figura 10).

**Figura 10** - Exemplo dos registros 3D do sambaqui Cabeçuda, na imagem da esquerda podemos ver o perfil 1, locus 1, com o sepultamento 15 ainda in situ (link: <https://skfb.ly/6tnWt>). Na imagem da esquerda podemos observar em pormenor o sepultamento 15 antes da sua remoção em bloco (link: <https://skfb.ly/6t6TT>).



Este modelo, além de ajudar na interpretação da estratigrafia do bloco, servindo de apoio a sua escavação, faz com que o pesquisador tenha um maior controle do contexto de proveniência do corpo e de como este se relacionava com outros sepultamentos e/ou com a estratigrafia do sambaqui como um todo.

#### PERSPECTIVAS FUTURAS

A arqueologia sempre dialogou com as tecnologias de seu tempo visando a otimização de resultados. Atualmente a interação com tecnologias digitais abre espaço para um diálogo com ferramentas que tornam a escavação de um bloco ou sítio

<sup>4</sup> Projeto de pesquisa “Gente, plantas e bichos: uma investigação multidisciplinar sobre o ritual funerário em dois importantes sambaquis do sul de Santa Catarina (Jabuticabeira-II e Cabeçuda)”, financiado pelo CNPq (Edital Universal 2010) e coordenado por Rita Scheel-Ybert e Cláudia Rodrigues-Carvalho (Departamento de Antropologia, Museu Nacional, UFRJ).

arqueológico mais completa, permitindo voltar ao passado e revisitar o espaço antes, durante e depois da intervenção arqueológica, auxiliando na visualização dos testemunhos e ajudando a recompor a narrativa interpretativa. Segundo Rangel (2012: 48) as técnicas da era digital, entre as quais está a fotogrametria, trazem para o mundo acadêmico a adição de uma ferramenta, no seu todo indispensável, para atingir o objetivo de interligação de conhecimentos e profissionais, das redes e a “uniformização”. Tal instrumento proporciona uma adaptação positiva das instituições e profissionais, beneficiando a investigação e a socialização dos conhecimentos.

A aplicabilidade da fotogrametria não se resume apenas a objetos de pequena ou média dimensão. Com o uso de um drone é possível realizar um levantamento aéreo de toda a área de pesquisa de forma a criar um modelo 3D do Sambaqui de Amourins bem como de toda a área do entorno. Esse modelo é de suma importância para a interpretação do sítio sob a ótica da Arqueologia da Paisagem (DeBlasis et al., 2007), auxiliando na compreensão da escolha do local de assentamento do sambaqui e da sua visibilidade na paisagem. Através do modelo digital de superfície é possível realizar comparações geométricas do sítio dentro de *software* especializado no que diz respeito à criação de seções estratigráficas, cálculo de área, cálculo de volumes, tamanho, altura e profundidade, entre outras medidas.

Além do seu valor científico, a documentação 3D tem um importante papel comunicativo e educacional. Um bom exemplo é a contribuição de Moraes Wichers e colaboradores (2017), que mostram que as técnicas digitais são na atualidade essenciais para a divulgação do conhecimento, permitindo a partilha de informação de uma forma rápida e em escala global. Desta forma, vários pesquisadores podem tomar contato com o desenvolvimento das pesquisas e construir em conjunto respostas interpretativas para as mais diversas questões.

Paralelamente, o caráter visual da modelagem de superfície 3D oferece a possibilidade de atrair a atenção do público geral para a questão do Patrimônio Arqueológico. Tendo em conta que a maioria do material gráfico produzido numa escavação é, majoritariamente, apenas legível e compreensível para os arqueólogos, um modelo 3D permite estabelecer uma ponte entre a comunidade científica e o público geral, já que pode ser usado em museus para atividades interativas com o visitante, como material didático de apoio do professor para uso em sala ou disponibilizado em plataformas virtuais que sejam divulgadas para profissionais e público acessarem de maneira livre e gratuita, tornando o Patrimônio Arqueológico mais visível e perceptível para todos.

Por fim, os resultados decorrentes deste trabalho levam a consideração de que a fotogrametria de curto alcance no registro arqueológico não se trata apenas de uma ferramenta de registro rápida e precisa, mas, representa um recurso analítico que em muito pode auxiliar os arqueólogos na busca de respostas para as mais variadas questões encontradas em campo, permitindo-nos uma viagem no tempo e espaço através do modelo 3D.

#### AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de deixar um agradecimento especial a Cilcair Andrade por sua leitura atenta e revisão do texto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGISOFT, 2018. *User Manuals*. [online] disponível em: <http://www.agisoft.com/downloads/user-manuals> [acessado em 20 Fev. 2018].
- ARAV, R.; FILIN, S.; AVNER, U.; NADEL, D., 2016. Three-dimensional documentation of masseboth sites in the Uvda Valley Area, Southern Negev, Israel. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*. Volume 3, Issue 1, 2016, pp. 9-21
- AGUGIARO, G., REMONDINO, F. 2014. 3D GIS for Cultural Heritage sites: the QueryArch3D prototype. In: REMONDINO F. & CAMPANA S. (Ed.) *3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage - Theory and Best Practices*. pp. 145-150,
- BEWLEY, R.; CRUTCHLEY, S.; SHELL, C. 2005. New light on an ancient landscape: lidar survey in the Stonehenge World Heritage Site. *Antiquity*. 79(305), pp.636-647.
- BENNET, R. (2014). Airborne laser scanning for archaeological prospection. In: REMONDINO F. & CAMPANA S., ed., *3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage*. Theory and best practices, 1st ed. Oxford: Archaeopress, pp.27-38.
- BERREDO, A.L. 2018. Ritual funerário no sambaqui de Amourins: atividades de preparação do terreno para receber o corpo. *Dissertação de Mestrado*. Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 183pp.
- BIANCHINI, G. 2015. Por entre corpos e conchas: prática social e arquitetura de um sambaqui. *Tese de Doutorado*. Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 170pp.
- BINFORD, L. R. 1971. Mortuary Practices: their study and potential. In: BROWN, J. A. (ed.) *Approaches to the Social Dimensions of Mortuary Practices*. New York: Society for American Archaeology, pp.6 – 29.
- CARDOSO, L. S. C. P. 2013. Além das Conchas: Análise Zooarqueológica do Sambaqui de Amourins *Dissertação de Mestrado*. Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 176pp.
- CARVALHO, E. T. 1984. *Estudo Arqueológico do Sítio Corondó, Missão de 1978*. Edição 2. Boletim Série monografias Instituto de Arqueologia Brasileira. 243pp.
- CHASE, A.; CHASE, D.; WEISHAMPEL, J.; DRAKE, J.; SHRESTHA, R.; CLINT SLATTON, K.; AWE, J.; CARTER, W. 2011. Airborne LiDAR, archaeology, and the ancient Maya landscape at Caracol, Belize. *Journal of Archaeological Science*, 38, pp.387-398.
- CHASE A.; CHASE D.; AWE J.; WEISHAMPEL J.; IANNONE G.; MOYES H.; YAEGER J.; BROWN K.; SHRESTHA R.; CARTER W.; FERNANDEZ DIAZ J. 2014. Ancient Maya regional settlement and inter-site analysis: the 2013 west-central Belize LiDAR survey. *Remote Sens* 6(9), pp. 8671–8695.
- CHODORONEK, M. 2015. The Use and Application of Photogrammetry for the In-field Documentation of Archaeological Features: Three Case Studies from the Great Plains and Southeastern Alaska. *Unpublished Master's Thesis*, Department of Anthropology, Lincoln. University of Nebraska, 99pp.
- CONOLLY, J. & LAKE, M. 2006. *Geographical information systems in archaeology*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 360pp.
- DEBLASIS, P.; KNEIP, A.; SCHEEL-YBERT, R.; GIANNINI, P.C.; GASPARI, M. 2007. Sambaquis e paisagem: Dinâmica natural e arqueologia regional no litoral do sul do Brasil. *Arqueologia Sulamericana*, 3. Pp.29-61.
- DE REU, J.; PLETS, G.; VERHOEVEN, G.; BATS, M.; CHERRETTE, B.; DE MAEYER, W.; DE SMEDT, P.; DECONYNCK, J.; HERREMANS, D.; LALOO, P.; VAN MEIRVENNE, M.; DE CLERCQ, W. 2013. Towards a three-dimensional cost-effective registration of the archaeological heritage. *Journal of Archaeological Science*, 40(2). Pp. 1108-1121.

- DELL'UNTO, N. 2014. The use of 3D models for intra-site investigation in archaeology. In: REMONDINO F. & CAMPANA, S. (Ed). *3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage*, 1st ed. Oxford: Archaeopress, pp.151-158.
- DELL'UNTO, N.; LANDESCHI, G.; LEANDER TOUATI, A.; DELLEPIANE, M.; CALLIERI, M.; FERDANI, D. 2015. Experiencing Ancient Buildings from a 3D GIS Perspective: a Case Drawn from the Swedish Pompeii Project. *Journal of Archaeological Method and Theory*. 23(1), pp.73-94.
- DONEUS, M.; NEUBAUER, W. 2005. 3D laser scanners on archaeological excavations. In: DEQUAL, S. (Ed.) *Proceedings of the XXth International Symposium CIPA*, Torino 2005. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXVI-5/C34/1, pp. 226-231.
- DONEUS, M.; BRIESE, C.; FERA, M.; FORNWAGNER, U.; GRIEBL, M.; JANNER, M.; ZINGERLE, M.-C. 2007. Documentation and Analysis of Archaeological Sites Using Aerial Reconnaissance and Airborne Laser Scanning. *Proceedings of the XXIst International Symposium CIPA: AntiCIPAting the Future of the Cultural Past*, Athens, Greece, 1-6 October; XXXVI-5/C53, pp. 275-280
- DONEUS, M.; BRIESE, C.; FERA, M.; JANNER, M. 2008. Archaeological prospection of forested areas using full-waveform airborne laser scanning. *Journal of Archaeological Science*, 35, pp.882-893.
- DONEUS, M.; VERHOEVEN, G.; FERA, M.; BRIESE, C.; KUCERA, M.; NEUBAUER, W. 2011. From deposit to point cloud and a study of low-cost computer vision approaches for the straightforward documentation of archaeological excavations. In: CEPEK, A. (Ed.), *XXIIIrd International CIPA Symposium*, Prague, 12-16 September 2011. Geoinformatics, vol. 6. Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University, Prague, pp. 81-88.
- DONEUS, M.; DONEUS, N.; BRIESE, C.; VERHOEVEN, G. 2015. Airborne laser scanning and Mediterranean environments - Croatian case studies. In: *The Island Research Projects*. Croatian Archaeological Society: Zagreb pp.147-165.
- EVANS, D.; FLETCHER, R.; POTTIER, C.; CHEVANCE, J.B.; SOUTIF, D.; TAN, B.S.; IM, S.; EA, D.; TIN, T.; KIM, S.; CROMARTY C. 2013. Uncovering archaeological landscapes at Angkor using lidar. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. USA. 110: pp.12595-12600.
- ESTANEK, A. 2016. Preparativos funerários no Sernambetiba: Sambaqui vida e morte. *Tese de doutorado*, Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 228pp.
- FIGUEIRÔA, R. A. D. 2012. Arqueologia nas nuvens: Digitalizando em 3D o acervo cerâmico do Museu de Arqueologia de Xingó. *IV Encontro de História, Racismo e religiosidades Negras*, V. 1, p. 42.
- FISH, S.; DEBLASIS, P.; GASPAR, M.D.; FISH, P.2000. Eventos Incrementais na Construção de Sambaquis, Litoral Sul do Estado de Santa Catarina. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*. São Paulo, v.10, pp.69-87.
- FLEMING, M.; ABREU, T.; BASTOS, M.; MARTIRE, A.; GREGORI A. 2017. A importância das novas tecnologias para a arqueologia e suas possibilidades de uso. A impressão 3D e os projetos do LARP. *Vestígios. Revista Latino-Americana de Arqueologia Histórica*, v.11, n. 1.pp. 57-79.
- FORTE, M.; DELL'UNTO, N.; ISSAVI, J.; ONSUREZ, L.; LERCARI, N. 2012. 3D Archaeology at Çatalhöyük. *International Journal of Heritage in the Digital Era*. 1(3). pp. 351-378.
- FORTE, M. 2014. Virtual reality, cyberarchaeology, teleimmersive archaeology. In: REMONDINO, F. & CAMPANA, S. (Ed.). *3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage*. Theory and best practices. 1st ed. Oxford: Archaeopress, pp.113-127.

- FORTE, M.; DELL'UNTO, N.; JONSSON, K.; LERCARI, N. 2015. Interpretation Process at Çatalhöyük using 3D. In: HODDER & MARCINIÁK, (Ed). *Assembling Çatalhöyük - EAA - Themes in Contemporary Archaeology*, 1st ed. Maney Publishing, pp.43-57.
- GALIATZATOS, N. 2014. Exploring archaeological landscapes with satellite imagery In: REMONDINO, F. & CAMPANA, S. (Ed.). *3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage*. Theory and best practices, 1st ed. Oxford: Archaeopress, pp.91-102.
- GASPAR, M. D. 1994/5 Espaço, ritos funerários e identidade pré-histórica. *Revista de Arqueologia*, São Paulo, 8(2). pp. 221-237.
- GASPAR, M. D. 1998. Considerations of the sambaquis of the Brazilian coast. *Antiquity*, v. 72, pp. 592-615.
- GASPAR, M.D. 2004. Cultura: Comunicação, Arte e Oralidade na Pré-História do Brasil. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*. 14. Pp.117-132.
- GASPAR, M. D.; KLOKLER, D.; DEBLASIS, P. 2011. Traditional fishing, mollusk gathering, and the shell mound builders of Santa Catarina, Brazil. *Journal of Ethnobiology*, v. 31, n. 2, pp. 188-212.
- GASPAR, M.D.; KLOKLER, D.; BIANCHINI, G. 2013. Sambaqui de Amourins: mesmo sítio, perspectivas diferentes. *Arqueologia de um sambaqui 30 anos depois*. *Revista del Museo de Antropología*, Cordoba n. 6, Pp. 7-20.
- GASPAR, M. D. 2016. Tudo Junto e Misturado, Separado pela Crença e Compactado pelo Tempo. *Revista Habitus*, v. 14, n.1. Pp. 35-50.
- GÜTH, A. 2012. Using 3D scanning in the investigation of Upper Palaeolithic engravings: first results of a pilot study. *Journal of Archaeological Science*, 39. pp. 3105-3114.
- HAYDEN, B. 2009. Funerals as feasts: why are they so important? *Cambridge Archaeological Journal*, 19(1). Pp.29-52.
- HENRIQUES, F.J.R. 2012. Metodologias de documentação e análise espacial em conservação de pintura. *Tese de Doutorado*. Porto, Universidade Católica Portuguesa Escola das Artes. 408pp.
- HEREDIA, O.R. & BELTRÃO, M.C. 1980. Mariscadores e pescadores pré-históricos do litoral centro-sul brasileiro. In: SCHMITZ, P.I. (Ed.). *Estudos de arqueologia e pré-história brasileira – em memória de Alfredo Teodoro Rusins*. Pesquisas 31. pp.101-119.
- HEREDIA, O.R. 1978. Relatório. *Arquivos da Disciplina de Arqueologia*, MN-UFRJ, Rio de Janeiro, 32pp.
- HERMON, S. 2008. Reasoning in 3D: a critical appraisal of the role of 3D modelling and virtual reconstructions in archaeology. In: FRISCHER, B., DAKOURI-HILD, A. (Eds.), *Beyond Illustration: 2D and 3D Digital Technologies as Tools for Discovery in Archaeology*. BAR International Series 1805. Archaeopress, Oxford, pp. 35-44.
- HOFFMEISTER D.; ZELLMANN S.; KINDERMANN K.; PASTOORS A.; LANG U.; BUBENZER O.; WENIGER G.C.; BARETH G. 2014. Geoarchaeological site documentation and analysis of 3D data derived by terrestrial laser scanning. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* II-5. Pp.173–179.
- JAUREGUI, L. M. 2000. Terrestrial Photogrammetry Applied to Architectural Restoration and Archaeological Surveys. *ISPRS - International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* Vol. XXXIII, Part B5. Amsterdam. Pp. 403.
- KATSIANIS, M.; TSIPIDIS, S.; KOTSAKIS, K.; KOUSOULAKOU, A. 2008. A 3D digital workflow for archaeological intra-site research using GIS. *Journal of Archaeology of Science*. USA. 35 (3), pp.655–667.

- KIPNIS, R. 2013. Aplicação das tecnologias de modelagem 3D conjugada às técnicas tradicionais para o registro das gravuras rupestres do rio Madeira, Rondônia, Brasil. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências. Humanas.*, Belém, v. 8, n. 3, pp. 605-619.
- KJELLMA, E. 2012. From 2D to 3D: a photogrammetric revolution in archaeology? *Master's Thesis in Archaeology*, Faculty of Humanities, Social Sciences and Education, Department of Archaeology and Social Anthropology, University of Tromsø. 88pp.
- KLOKLER, D. 2001. Construindo ou deixando um sambaqui? Análise de sedimentos de um sambaqui do litoral meridional brasileiro - processos formativos, região de Laguna, SC. *Dissertação de Mestrado*, MAE-USP, São Paulo. 164pp.
- KLOKLER, D. 2008. Food for body and soul: mortuary ritual in shell mounds (Laguna – Brazil). *Tese de Doutorado*. Universidade do Arizona. 372pp.
- KLOKLER, D. 2008b. Fishes to die for: funerary ritual in Brazilian shell mounds. *Proceeding of the 73rd Annual Meeting of the Society for American Archaeology*. Vancouver: SAA.
- KLOKLER, D. 2010. Comida para o corpo e alma: ritual funerário em sambaquis (Laguna-Brazil). In: *Revista de Arqueologia*, volume 1, nº 23, pp. 112-115.
- KLOKLER, D. 2012. Consumo ritual, consumo no ritual: festins funerários e sambaquis. In: *Revista Habitus*, Goiânia, v. 10, n.1, pp. 83-104, jul./dez.
- KLOKLER, D.; GASPAS, M.D. 2013. Há uma estrutura funerária em meu sambaqui..., Esse sambaqui é uma estrutura funerária! In: GASPAS, M.D.; SOUZA, S.M. (Org.). *Abordagens estratégicas em sambaquis*. Erechim, RS: Habilis. P. 109- 125.
- KNEIP, L. 1977. Pescadores e coletores pré-históricos do litoral de Cabo Frio, RJ. *Série Arqueologia*, V.5. São Paulo, USP 169 pp.
- KNEIP, L.; MACHADO, L. 1993. Os ritos funerários das populações pré-históricas de Saquarema, RJ: sambaquis da Beirada, Moa e Pontinha. Rio de Janeiro: Departamento de Antropologia, Museu Nacional, UFRJ. *Documento de Trabalho, n.1, Série Arqueologia*.
- KOUTSOUDIS, A.; PAVLIDIS, G.; ARNAOUTOGLU, F.; TSIAFAKIS, D.; CHAMZAS, C. 2009. Qp: a tool for generating 3D models of ancient Greek pottery. *Journal of Cultural Heritage* 10 (2), pp. 281-295.
- LAMBERS, K.; EISENBEISS H.; SAUERBIER, M.; KUPFERSCHMIDT, D.; GAISECKER, T.; SOTOODEH, S.; HANUSCH, T. 2007 Combining photogrammetry and laser scanning for the recording and modelling of the late intermediate period site of Pinchango Alto, Palpa, Peru. *Journal of Archaeological Science* 34 (10). Pp.1702–1712.
- LERMA, J.; NAVARRO, S.; CABRELLES, M. VILLAVERDE, V. 2010. Terrestrial laser scanning y close range photogrammetry for 3D archaeological documentation: the Upper Palaeolithic Cave of Parpalló as a case study. *Journal of Archaeological Science* 37(3). Pp.499-507.
- LUO, L.; WANG, X.; LIU, C.; GUO, H.; DU, X. 2014. Integrated RS, GIS and GPS approaches to archaeological prospecting in the Hexi Corridor, NW China: a case study of the royal road to ancient Dunhuang. *Journal of Archaeological Science* 50. Pp.178-190
- LYNNERUP, N. 1997. Non-invasive Archaeology of Skeletal Material by CT Scanning and Three-dimensional Reconstruction. In: *International Journal of Osteoarchaeology*. N.7(1). Pp.91 - 94.
- MCPHERRON, S.P.; GERNAT, T.; HUBLIN, J.J. 2009. Structured light scanning for high resolution documentation of in situ archaeological finds. *Journal of Archaeological Science* 36 (1), pp.19-24.
- METCALF, P. & HUNTINGTON, R. 1991. *Celebrations of Death: The Anthropology of Mortuary*. Cambridge University Press. 258pp.

- MILES, M.; MAVROGORDATO, M.; SINCLAIR, I.; HINTON, D.; BOARDMAN, R.; EARL, G. 2016. The use of computed tomography for the study of archaeological coins, *Journal of Archaeological Science: Reports*, vol. 6, pp. 35–41.
- MORAES WICHERS, C.A.; ZANETTINI, P.; TEGA-CALIPPO, G. M. V. 2017. Entre seres e coisas: a aplicação de tecnologias 3D como ponte entre patrimônio arqueológico e sociedade. *Vestígios – Revista Latino-Americana de Arqueologia Histórica*. Volume 11. Número 1. Laboratório de Arqueologia – FAFICH/UFMG; Belo Horizonte, MG, pp. 81-106.
- NARCISO, P. 2016. O Trapiche de Antônio Leite: (des)continuidades de uma infraestrutura portuária dos arrabaldes do Rio de Janeiro dos séculos XVIII e XIX. *Dissertação de Mestrado* Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 271 pp.
- ORTIZ, J.; GIL, M. L.; MARTÍNEZ, S.; REGO, T.; MEIJIDE, G. 2013. Three-dimensional Modelling of Archaeological Sites Using Close-range Automatic Correlation Photogrammetry and Low-altitude Imagery. *Archaeological Prospection*. 20, pp. 205–217.
- PARKER PEARSON, M. 1982. Mortuary practices, society and ideology: an ethnoarchaeological study. In: HODDER, I. (Ed), *Symbolic and structural archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- PAVLIDIS, G.; KOUTSOUDIS, A.; ARNAOUTOGLU, F.; TSIUKAS, V. CHAMZAS, C. 2007. Methods for 3D digitization of Cultural Heritage. *Journal of Cultural Heritage* 8(1). Pp.93-98.
- PENG, F.; LIN, S. C.; GUO, J.; WANG, H.; GAO, X. 2017. The Application of SfM Photogrammetry Software for Extracting Artifact Provenience from Palaeolithic Excavation Surfaces, *Journal of Field Archaeology*,
- PESCARIN, S. 2014. Virtual reality & cyberarchaeology – virtual museums. In: REMONDINO, F. & CAMPANA, S. (Ed.). *3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage*. Theory and best practices, 1st ed. Oxford: Archaeopress, pp.130-136.
- PIERDICCA, R. 2017. Mapping Chimú's settlements for conservation purposes using UAV and close range photogrammetry. The virtual reconstruction of Palacio Tschudi, Chan Chan, Peru. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*.
- POWELL, E. A. 2009. The Past in High-Def. *Archaeology Magazine Archive*, Vol. 62, No. 3 (May/June 2009), pp. 20-25.
- RAMOS, R. GARCINDO, L. BIANCHINI, G., 2013. Sambaquis: análise e registro estratigráfico através do uso de fotomosaicos In: GASPAR, M.D. & SOUZA, S.M. (Org.). *Abordagens estratégicas em sambaquis*. Editora: habilis. ERECHIM/RS
- RANGEL, D. & ALMEIDA, N. 2012. A Arqueologia na Era Digital: Contexto e tendências. *Revista Internacional de Humanidades* 1, n.º 2, pp. 39–51.
- REMONDINO, F.; RIZZI, A. 2010. Reality-based 3D documentation of natural and cultural heritage sites techniques, problems, and examples. *Applied Geomatics* 2(3):85–100.
- REMONDINO, F. 2011. Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning. *Remote Sensing*, 3(6), pp. 1104-1138
- SAMAAN M, H.; PIERROT-DESEILLIGNY, M. 2013. Close-Range Photogrammetric Tools for Small 3d Archeological Objects. *ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 1(2). pp. 549–553.
- SANTOS, J.; BRANCAGLION, A.; AZEVEDO, S., WERNER, H. 2013. *Tecnologias 3D: desvendando o passado, modelando o futuro*. Editora Lexikon. 1ed. Rio de Janeiro.
- SCHEEL-YBERT, R. 2013. Antracologia: preservados pelo fogo. In: GASPAR, M.D. & SOUZA, S.M. (Org.). *Abordagens estratégicas em sambaquis*. Editora: habilis. ERECHIM/RS. pp. 193-218.

- SCHWERIN, J.; RICHARDS-RISSETTO, H.; REMONDINO, F.; AGUGIARO, G.; GIRARDI, G. 2013. The MayaArch3D project: A 3D WebGIS for analyzing ancient architecture and landscapes. *Literary and Linguistic Computing* 28:4, pp. 736-753;
- SILVA, D.C., 2015. Evolução da Fotogrametria no Brasil. *Revista Brasileira de Geomática*, v. 3, n.2 pp. 90-105.
- SOUZA, S. M.; LIRYO, A.; BIANCHINI, G.F.; GASPAR, M.D. 2012. Sambaqui do Amourins: Mortos para mounds? *Revista de Arqueologia da SAB*. v. 25, n.2, pp. 84–103.
- TARDY, C.; DODEBEL, V. (dir.) 2015. *Memória e novos patrimônios*. Nova edição [online]. Marseille: Open Edition Press, (acessado em 12 fevereiro 2015). Disponível na internet em: <[http:// books.openedition.org/oep/417](http://books.openedition.org/oep/417)>.
- TORRES, R. O.; YAMAFUNE, K.; CASTRO, L. F. V.; FERREIRA, S. P. 2017. Mapeando em Profundidade: A integração de técnicas digitais para a pesquisa arqueológica de sítios de naufrágios históricos. *Vestígios. Revista Latino-Americana de Arqueologia Histórica*, v. 11, pp. 108-134.
- TRINKS, I.; WALLNER, M.; KUCERA, M.; VERHOEVEN, G.; TORREJÓN VALDELOMAR, J.; LÖCKER, K.; NAU, E.; SEVARA, C.; ALDRIAN, L.; NEUBAUER, E.; KLEIN, M. 2017. Documenting Bronze Age Akrotiri on Thera using laser scanning, image-based modelling and geophysical prospection. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XLII-2/W3. 631-638. 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W3-631-2017.
- ULGUIM, P. F. 2017. Recording in Situ Human Remains in Three Dimensions. In: THOMPSON, T. J. U. ERRICKSON, D. *Human Remains: Another Dimension*. Academic Press: London. Pp. 71-92.
- VANGENNEP, A. 1960., *The Rites of Passage*, Londres, Routledge and Kegan Paul. 232pp.
- VERHOEVEN, G. 2017. Are We There Yet? A Review and Assessment of Archaeological Passive Airborne Optical Imaging Approaches in the Light of Landscape Archaeology. *Geosciences*, v.7, pp. 86.
- WHEATLEY, D. & GILLINGS, M. 2002. *Spatial Technology and Archaeology: The Archaeological Applications of GIS*. Taylor & Francis, London. 269pp.
- XU, Z.; WU, L.; SHEN, Y.; LI, F.; WANG, Q.; WANG, R. 2014. Tridimensional Reconstruction Applied to Cultural Heritage with the Use of Camera-Equipped UAV and Terrestrial Laser Scanner. *Remote Sensing* 6 (11), pp. 10413-10434.
- YAMAFUNE, R.; TORRES, F. 2016. Multi-image Photogrammetry to Record and Reconstruct Underwater Shipwreck Sites. *Journal of Archaeological Method and Theory*, pp. 1-23.
- ZHANG, CHUN-SEN; ZHANG, MENG-MENG; ZHANG, WEI-XING 2017. Reconstruction of measurable three-dimensional point cloud model based on large-scene archaeological excavation sites. *Journal of Electronic Imaging*, 26(1). Pp. 11-27.