

Geoinformação e Sensoriamento Remoto em Geografia

Modelagem 3D para Fins de Resgate, Divulgação e Preservação do Patrimônio Histórico: caso Forte do Raio, Itaguaí-RJ

3D Modelling for the Purposes of Rescue, Dissemination, and Preservation of Historical Heritage: case Forte do Raio, Itaguaí-RJ

Modelado 3D con fines de rescate, difusión y preservación del patrimonio histórico: caso Forte do Raio, Itaguaí-RJ

**Bernardo da Cunha Carvalho de Mello^I , Juliana Moulin Fosse^I ,
Alan José Salomão Graça^{II} , Luís Augusto Koenig Veiga^{III} **

^I Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ Brasil

^{II} Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

^{III} Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil

RESUMO

O Forte do Raio foi uma fortificação militar edificada no município de Itaguaí-RJ, construída no início do século XIX. Essa fortificação tinha a função de proteger o caminho entre a vila de Itaguaí e a vila de Mangaratiba, o Caminho das Calçadas e a costa litorânea fluminense. As ruínas da edificação só foram descobertas em 2018, em condições precárias. O objetivo deste trabalho foi realizar um modelo cartográfico tridimensional, visando reconstituir o Forte do Raio por meio de documentação histórica e aplicação de técnicas cartográficas como uma ferramenta para a divulgação e preservação do Patrimônio Histórico. A metodologia envolveu levantamento realizado com uso de trena, registro fotográfico *in loco* no sítio arqueológico, extração de medidas e feições do mapa histórico com o auxílio de feições correspondentes obtidas por dados espaciais recentes, medidas do perfil e da planta topográfica obtidas por meio de software CAD, modelagem paramétrica 3D e texturização do modelo em meio digital. Posteriormente, com o conhecimento das dimensões da estrutura, foi gerado o modelo tridimensional semelhante à estrutura original do Forte do Raio, a fim de proporcionar ao usuário a disponibilidade de uma abordagem imersiva e dinâmica. Por meio dos resultados alcançados, demonstrou-se que é possível transformar uma planta topográfica original, de aproximadamente 200 anos, em um modelo cartográfico tridimensional para uso em ambientes digitais, de Realidade Aumentada e de Realidade Virtual. Desse modo, o trabalho evidenciou que o uso das tecnologias atuais, aliadas à Cartografia Histórica, proporciona novas possibilidades à divulgação e preservação do Patrimônio Histórico.

Palavras-chave: Cartografia 3D; Fortificações Brasileiras; Cartografia Histórica; Patrimônio Histórico e Cultural

ABSTRACT

Forte do Raio was a military fortification built in the municipality of Itaguaí - RJ, built in the early 19th century. This fortification had the function of protecting the road between the village of Itaguaí and the village of Mangaratiba, the "Caminho das Calçadas," and the coast of Rio de Janeiro state. The ruins of the fortification were only discovered in 2018 in precarious conditions. The objective of this research was to create a three-dimensional cartographic model, aiming to reconstruct Forte do Raio through historical documentation and the application of cartographic techniques as a tool for the dissemination and preservation of Historical Heritage. The methodology involved a survey carried out using a tape measure, an on-site photographic record at the archaeological site, the extraction of measurements and features from the historical map with the aid of corresponding features obtained from recent spatial data, profile and topographic plan measurements obtained using CAD software, 3D parametric modeling and texturing of the model in digital media. Subsequently, with the knowledge of the structure's dimensions, a three-dimensional model similar to the original structure of Forte do Raio was generated in order to provide the user with the availability of an immersive and dynamic approach. Through the results achieved, it was demonstrated that it is possible to transform an original topographic plant, approximately 200 years old, into a three-dimensional cartographic model for use in digital environments, Augmented Reality, and Virtual Reality environments. In this way, this research showed that the use of current technologies combined with Historical Cartography provides new possibilities for the dissemination and preservation of Historical Heritage.

Keywords: 3D Cartography; Brazilian Fortifications; Historical Cartography; Cultural and Historical Heritage

RESUMEN

El Forte do Raio fue una fortificación militar construida a principios del siglo XIX en el municipio de Itaguaí - RJ. Esta fortificación tenía la finalidad de proteger el camino entre la aldea de Itaguaí y la aldea de Mangaratiba, el "Caminho das Calçadas" y la costa litoránea de Rio de Janeiro. Las ruinas del edificio solo fueron descubiertas en 2018, en condiciones precarias. De esta manera, el objetivo de este trabajo fue crear un modelo cartográfico tridimensional, a partir de la reconstrucción del Forte do Raio por medio de la documentación histórica y la aplicación de técnicas cartográficas como herramientas para la difusión y preservación del Patrimonio Histórico. La metodología implicó un levantamiento mediante cinta métrica, registro fotográfico in loco en el sitio arqueológico, extracción de medidas y atributos del mapa histórico con la ayuda de características obtenidas a partir de datos espaciales recientes, mediciones del perfil y planta topográfica obtenidas usando software CAD, modelado paramétrico 3D y texturizado del modelo en medio digital. Posteriormente, con el conocimiento de las dimensiones de la estructura, se generó un modelo tridimensional similar a la estructura original del Forte do Raio, a fin de proporcionar al usuario la disponibilidad de un enfoque inmersivo y dinámico. Por medio de los resultados alcanzados, se demostró que es posible transformar un plano topográfico original, de aproximadamente 200 años, en un modelo cartográfico tridimensional para su uso em ambientes digitales, de Realidad Aumentada y de Realidad Virtual. De ese modo, el trabajo demostró que el uso de las tecnologías actuales combinadas con la Cartografía Histórica, brindan nuevas posibilidades para la difusión y preservación del Patrimonio Histórico.

Palabras-clave: Cartografía 3D; Fortificaciones Brasileñas; Cartografía Histórica; Patrimonio Histórico y Cultural

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a preocupação com a proteção e conservação de monumentos históricos torna-se mais explícita a partir da década de 1920, com a Semana de Arte Moderna, em 1922 (Matias *et al.*, 2020). Entretanto, as atividades voltadas à preservação são iniciadas apenas em 1933, com o tombamento da cidade de Ouro Preto, no estado de Minas Gerais (Aguiar, 2016). O decreto-lei nº 25 de 30 de novembro de 1937, que organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional, em seu artigo primeiro, define:

“Art. 1º Constitui o patrimônio histórico e artístico nacional o conjunto dos bens móveis e imóveis existentes no país e cuja conservação seja de interesse público, quer por sua vinculação a fatos memoráveis da história do Brasil, quer por seu excepcional valor arqueológico ou etnográfico, bibliográfico ou artístico” (Brasil, 1937).

A constituição Federal no seu Artigo 23, item III diz que é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios: proteger os documentos, as obras e outros bens de valor histórico, artístico e cultural, os monumentos, as paisagens naturais notáveis e os sítios arqueológicos (Brasil, 1988). No contexto da percepção geográfica do patrimônio histórico e cultural, admite-se a representação de todo tipo de bens e valores tangíveis e intangíveis de valor local e universal, conferindo identidade à sociedade a que pertence, reflexo de saberes, obras, valores, crenças, estruturas e tradições produzidos ao longo do tempo e que sobreviveram até o presente (Karadeniz, 2020).

Uma das maneiras de proteger o patrimônio histórico e cultural é através do registro, documentação e sua divulgação (Matias *et al.*, 2020; Remondino, 2011). Saber que algo existe e que esse algo tem valor histórico ajuda na conscientização da comunidade da necessidade de preservação e conservação. Ter o registro em diferentes formas, como fotografias, plantas baixas, áudio e vídeo, e mais modernamente, modelos digitais tridimensionais, contribui para essa conscientização. Esse material pode ser usado em situações de necessidade de resgate de informações em caso de

danos ou destruições, e usado como ferramenta para o resgate da memória, divulgação e socialização da informação sobre o patrimônio.

Uma necessidade atual no contexto científico está em focar no estudo de métodos e instrumentos que aprimorem o uso da Cartografia Histórica, para a produção e gestão de dados espaciais, desse modo, ofertam-se ferramentas para a conservação do patrimônio histórico-arquitetônico (Günay, 2019; Adami; Guerra, 2006). Nesse contexto, a modelagem tridimensional paramétrica facilita a visualização e interpretação de produtos cartográficos. Operacionalmente, por meio da modelagem 3D, uma planta baixa cotada, dados altimétricos contidos em cartas, mapas históricos em perspectiva (2,5D), bem como dados topográficos e fotogramétricos de campo, podem ser transformados em um modelo tridimensional com riqueza de detalhes, para facilitar o entendimento e a tomada de decisão (Remondino; Rizzi, 2010; Fosse; Veiga, 2006).

A recuperação métrica e o processamento digital de dados pretéritos na Cartografia Histórica, além de permitir preservar o patrimônio histórico, geográfico e cultural, abre novas possibilidades de utilização dessa geoinformação, inatingíveis apenas com suporte analógico (Bitelli; Gatta, 2011). Produtos cartográficos tridimensionais (simbólicos ou foto-realísticos), são ferramentas úteis em benefício do resgate e da conservação de um patrimônio histórico local com base em uma abordagem mais moderna, dinâmica e interativa (Hájek *et al.*, 2015). Além disto, estão em consonância com a chamada quarta revolução industrial (Indústria 4.0), que aplica técnicas e tecnologias de vanguarda, onde a modelagem e impressão 3D, Realidade Aumentada e Realidade Virtual são elementos desta revolução (Graça *et al.*, 2021).

Na atualidade, dados e modelos 3D são um componente-chave para registrar detalhadamente a forma de objetos e locais culturalmente importantes para que, pelo menos em formato digital, possam ser transmitidos às gerações futuras (Remondino, 2011). Este artigo apresenta como objetivo a modelagem cartográfica tridimensional aplicada a uma fortificação, gerada a partir de informações de plantas topográficas de aproximadamente 200 anos. Os levantamentos terrestres em campo, registros

fotográficos das ruínas *in loco* auxiliaram para que os modelos cartográficos 3D fossem mais fidedignos (Brasebin *et al.*, 2015; Bandrova, 2005).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Patrimônio cultural e sítios arqueológicos nas ciências geodésicas e cartográficas

A partir da etimologia da palavra "patrimônio", define-se patrimônio histórico como o legado passado entre gerações. Segundo a Carta de Veneza, o patrimônio histórico pode ser qualquer criação arquitetônica que transpassa uma mensagem de uma civilização em particular, acontecimento histórico e/ou evolução significativa (Remondino; Rizzi, 2010; Icomos, 1964). O Patrimônio Cultural pode ser compreendido como uma meta-disciplina, seus estudos envolvem diferentes ciências e disciplinas não científicas, onde as questões de pesquisa derivam das humanidades, bem como das ciências aplicadas e da economia (Münster; Hegel; Kröber, 2016).

Segundo Campos (2018), sítio arqueológico pode ser definido como um local ou uma localidade que já foi ocupada por humanos, deixando vestígios ou não, que contribua à história humana de forma geral. As Ciências Geodésicas e Cartográficas têm estabelecido uma interface com a investigação de sítios arqueológicos, um caminho viável para interdisciplinaridade, formulando métodos aplicados de captura de realidade e modelagem tridimensional em múltiplas escalas e resoluções para o registro e a documentação da paisagem e do patrimônio material (Remondino, 2011). Segundo Fagundes *et al.* (2020), há de se buscar na Geografia e nas suas ciências correlatas mecanismos que permitem uma visão mais apurada de como as paisagens trazem consigo marcas da história humana em longa duração.

Segundo Souza (2018), o tombamento é um instrumento jurídico de reconhecimento de um bem cultural e a garantia de sua conservação, se tornando adequado em um interesse público pela conservação material, utilizado no âmbito municipal, estadual ou federal. Faz-se lembrar que o tombamento é só o princípio

da preservação ou conservação do patrimônio, pois estabelece um congelamento temporal do bem para avaliação de como se dará a preservação e estudo para a eternidade (Edelweiss, 2016). O emprego de sistemas e sensores, métodos de aquisição de dados espaciais e a capacidade de fornecer uma modelagem acurada conferem um importante papel às Ciências Geodésicas na documentação para o processo de tombamento. Nesse contexto, o mapeamento se torna uma ferramenta de análise e um modo significativo de representação no estudo das interconexões entre cultura e espaço (Seemann, 2010).

Um desafio das políticas de reabilitação dos sítios arqueológicos é transformá-los num produto economicamente ativo, obedecendo às políticas de preservação sustentável do patrimônio. A partir de novas tecnologias, em especial as geotecnologias, geram-se novas formas de restaurar, compartilhar e tornar acessível o conhecimento, abrindo novas possibilidades que apontam para novas formas de relação com a cultura material (Rimkus, 2013). Existe uma pressão crescente para documentar e preservar o patrimônio também digitalmente, pois as heranças (naturais, culturais ou mistas) sofrem atritos e guerras em andamento, desastres naturais, mudanças climáticas e negligência humana (Remondino, 2011; Remondino; Rizzi, 2010). A aquisição de dados espaciais de elementos do patrimônio histórico material torna-se um campo de investigação fortuito para as Ciências Geodésicas, dada a crescente evolução metodológica e técnica da captura de realidade. Uma vez digitalizado, o patrimônio cultural material está pronto para ser acessado por todos os beneficiários, cientistas e não cientistas, um grande público ávido para consumir essas informações disponíveis (Boboc *et al.*, 2022).

Os procedimentos para a documentação do patrimônio histórico e cultural, englobam: métodos tradicionais de medição manual (Soria-Medina *et al.*, 2013); os levantamentos topográficos, fotogramétricos e de varredura a laser para a captura da realidade e representações de modelos em múltiplas resoluções e fontes (Soria-Medina *et al.*, 2013; Remondino; Rizzi, 2010); operações cartográficas digitais de reprojeção, georreferenciamento de mapas, cartometria e comparação entre bases

de dados cartográficos (Gatta; Arioti; Bitelli, 2017); reconstrução virtual tridimensional, com base na modelagem paramétrica de diferentes níveis de detalhes (Gatta; Arioti; Bitelli, 2017; Hájek *et al.*, 2015; Dore; Murphy, 2012).

2.2 Cartografia 3D e Cartografia Histórica

Segundo Günay (2019) e Osello e Rinaudo (2016) reconstrução e documentação digital 3D do patrimônio cultural é um empreendimento complexo, que normalmente envolve uma abordagem híbrida para a visualização de conjuntos de dados heterogêneos, como fontes dados documentais, medidas manuais, desenhos em CAD, fotogrametria terrestre e dados 3D de nuvens de pontos. Para cada caso, há uma melhor abordagem na reconstrução 3D dos artefatos a partir de técnicas de modelagem digital, dependente das necessidades do projeto, das limitações impostas pelo objeto a ser modelado e dos recursos tecnológicos disponíveis (Razoto, 2022; Graça *et al.*, 2021).

Devido ao avanço da tecnologia, alguns autores definem os modelos tridimensionais como produtos cartográficos, quando abrangem outros aspectos da Cartografia. Desse modo, pode-se dizer que a Cartografia 3D compreende a geração de modelos tridimensionais a partir de mapas, plantas e nuvem de pontos. Os produtos gerados na Cartografia 3D podem ser visualizados no meio digital por computador, celular, Realidade Virtual e Realidade Aumentada (Boboc *et al.*, 2022) ou em meio físico por meio de uma impressão feita por impressora 3D (Graça *et al.*, 2021).

A modelagem tridimensional, ou modelagem 3D, é o processo da criação de um modelo que proporciona auxílio na interpretação e estudo de feições relacionadas a um espaço geográfico. A visualização de um modelo 3D é capaz de possibilitar a visualização de feições ora imperceptíveis através de mapas ou *in loco*, auxilia em futuros resgates das informações projetuais perdidas (Souza; Feitosa; Kux, 2011).

Outro ramo da Cartografia abordado neste trabalho é a Cartografia Histórica, segmento que estuda os mapas como fontes de informação sobre determinado momento do tempo, aplicam-se os conhecimentos cartográficos para a análise de informações geográficas passadas e suas dinâmicas aplicadas (Fernandes; Menezes;

Cruz, 2022). Por meio do uso de métodos de digitalização de mapas históricos combinado com a extração de seus dados métricos, possibilita a modelagem e a representação de suas feições, explorando o que há de inovador nos recursos de computação gráfica voltados à Cartografia (Manenti; Guglielmi; Ladwig, 2019; Osello A.; Rinaudo, 2016). A escala e a acurácia geométrica das feições são propriedades muito importantes nos produtos cartográficos gerados para a representação do patrimônio histórico.

Segundo Lima, Santos e Fernandes (2020), os documentos cartográficos históricos apresentam potencial referente ao estudo do espaço geográfico ao longo do tempo e da análise das técnicas utilizadas, todavia se entende a limitação técnica da precisão dos documentos históricos. Aborda-se neste trabalho a união da Cartografia Histórica e da Cartografia 3D, onde, por meio de ferramentas interativas e imersivas usadas na geração de produtos cartográficos, é possível divulgar e promover a preservação do patrimônio histórico.

3 METODOLOGIA

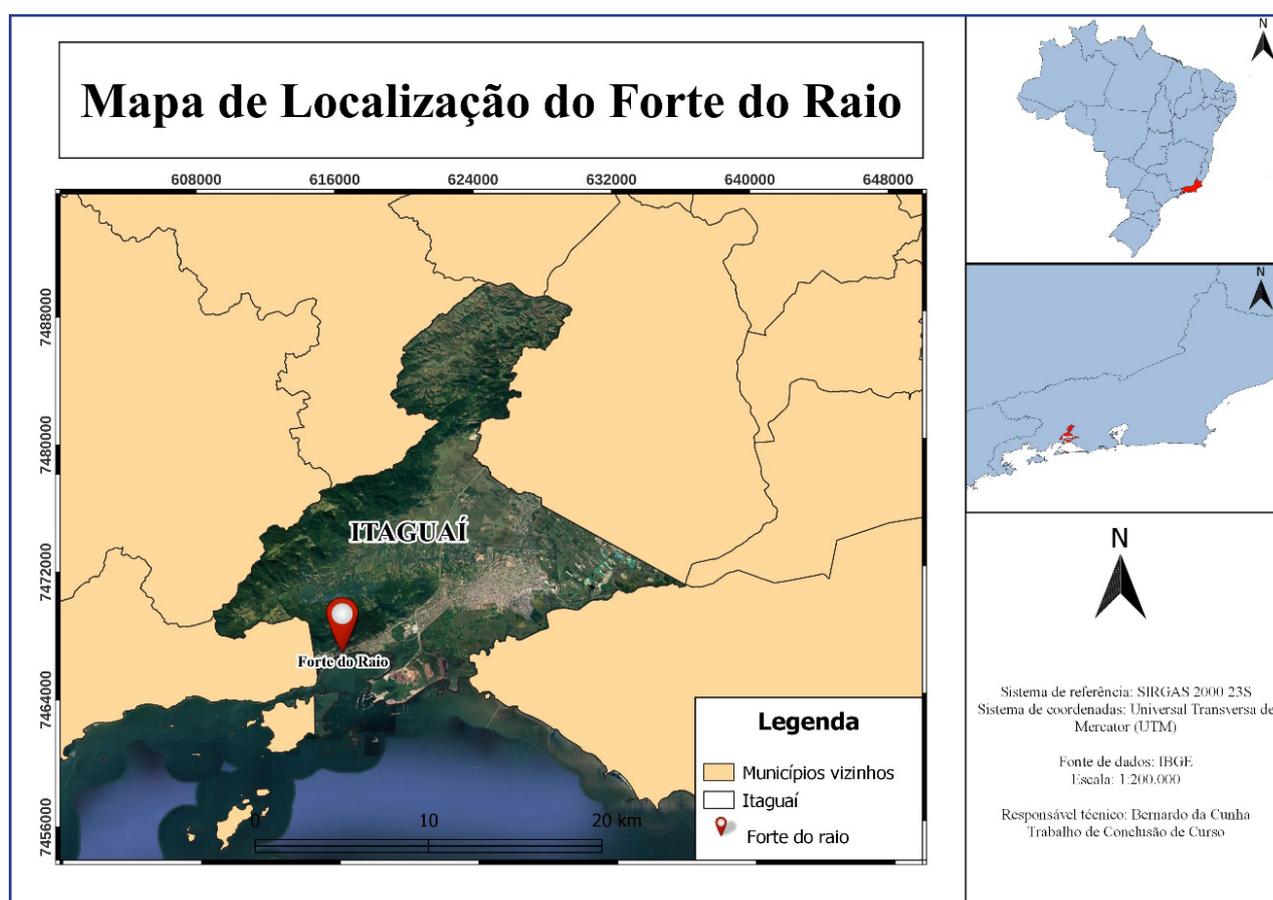
A metodologia empregada utilizou a planta topográfica original da edificação e uma análise de suas medidas para parametrizar o modelo 3D. Com características das construções da época obtidas por pesquisa bibliográfica e no levantamento de campo, foi gerado um modelo tridimensional simbólico da edificação e da região em seu entorno. Buscaram-se alternativas tecnológicas para auxiliar na representação e divulgação do patrimônio histórico, a fim de realizar abordagens dinâmicas, interativas e de baixo custo (Herban *et al.*, 2022; Gatta; Arioti; Bitelli, 2017; Hájek *et al.*, 2015; Bitelli; Gatta, 2011; Pavlidis *et al.*, 2007).

3.1 Local de estudo e coleta de dados

O Forte do Raio se localiza no bairro de Coroa Grande, no município de Itaguaí, no estado do Rio de Janeiro, na região chamada de Costa Verde, a qual contempla a baía de Sepetiba. Foi uma importante edificação na época do Brasil Colônia, com a função de proteger o caminho de ligação entre a vila de São Francisco Xavier de Itaguaí

e a freguesia de Nossa Senhora da Guia de Mangaratiba, hoje as cidades de Itaguaí e Mangaratiba, respectivamente, e a costa litorânea do Rio de Janeiro (Souza, 1885). O forte foi redescoberto no ano de 2018, em péssimo estado de conservação, restando-se apenas ruínas do que antes já foi uma grande fortaleza (Mello, 2018). A Figura 1 mostra o mapa de localização da área de estudo.

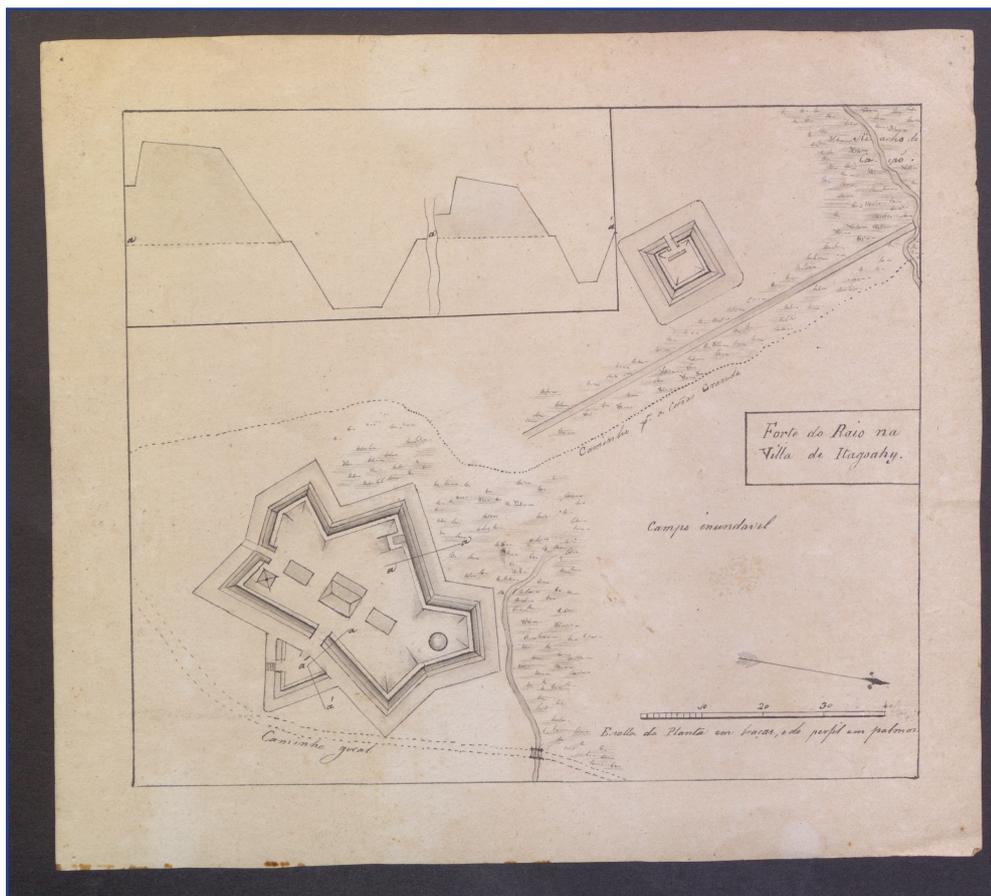
Figura 1 – Mapa de localização do Forte do Raio



Fonte: Organizado pelos autores (2023)

Para a realização do trabalho, a planta topográfica original do Forte do Raio (Figura 2), de posse do Arquivo Histórico Militar Português, foi disponibilizada por meio de uma versão digital, no formato TIFF, onde os dados espaciais relevantes foram extraídos. Além da planta topográfica original, outras informações referentes às feições da estrutura do Forte do Raio foram coletadas no livro "Fortificações no Brasil" de Augusto Fausto de Souza, datado de 1885 (Souza, 1885), em Lyra (2019) e Numen (2017).

Figura 2 – Forte do Raio na Villa de Itagoahy (PT/AHM/DIV/3/47/AV2/3563)



Fonte: Arquivo Histórico Militar Português (2022)

Os dados espaciais para a realização da modelagem 3D da região do entorno da fortificação foram coletados na Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), onde se encontra disponível a base cartográfica do município de Itaguaí, cuja altimetria é representada por curvas de nível com equidistância de 5 metros. Informações referentes às feições planimétricas da região do entorno foram coletadas empregando-se o *software Google Earth Pro* (Google, 2001), além da realização de uma entrevista com o historiador Eduardo Vieira, descobridor do sítio arqueológico da fortificação, e assim obter demais conhecimentos conjecturais sobre o terreno à época.

Para fins de reconhecimento da edificação e da verificação da escala em que foi representada a fortificação (bem como a escala vertical adotada), realizou-se uma visita de campo às ruínas. No mês de agosto de 2020, realizou-se um registro fotográfico no

local e efetuaram-se medidas manuais por trena, para fins de comparação com a planta topográfica original, bem como para auxiliar na parametrização do modelo 3D. As ruínas encontravam-se sobrepostas pela vegetação, sendo assim, imagens aéreas obtidas por meio de VANT foram dispensadas por não acrescentarem novas informações.

Por meio do registro fotográfico na visita às ruínas e relacionando a construção com outras fortificações contemporâneas, foi possível interpretar que sua estrutura era feita de cantaria com calcário. Segundo Pereira, Liccardo e Silva (2007), uma estrutura de Cantaria é feita por meio da técnica de lavrar rochas brutas em formatos geométricos que possibilitam a construção de edificações, técnica utilizada na antiguidade devido à escassez de ferramentas e recursos. A Figura 3 ilustra a composição da estrutura do Forte do Raio e atesta seu estado de conservação.

Figura 3 – Composição da estrutura do Forte do Raio e seu estado de conservação



Fonte: A e B Organizado pelos autores (2023) e C por Mello (2018)

3.2 Análise cartométrica e geração de plantas topográficas

Mapas antigos ou históricos servem como fontes para a modelagem de novos produtos cartográficos, seja por guardarem os dados geográficos fundamentais para a reconstrução do passado, seja por possuírem informações que complementam os trabalhos atuais (Manenti; Guglielmi; Ladwig, 2019). Muitos mapas e plantas topográficas antigos não apresentam escala, porém a planta topográfica em estudo apresenta esta informação no seu canto inferior direito, podendo ser observada na Figura 2. Na legenda da escala visualiza-se a seguinte descrição "Escalla da Planta em braças, e do perfil em palmos", isto é, a escala gráfica está em medidas de comprimento utilizadas em Portugal e suas colônias à época, visto que Portugal só aderiu o sistema métrico internacional em meados do século XIX, ainda de forma gradual. Braças tem a equivalência de 2,22 metros e palmos equivalem a 0,22 metro. Braça e palmo são medidas complementares, isto é, na escala gráfica da planta topográfica, mostram-se 10 braças, então são 100 palmos (Fernandes; Menezes; Cruz, 2022).

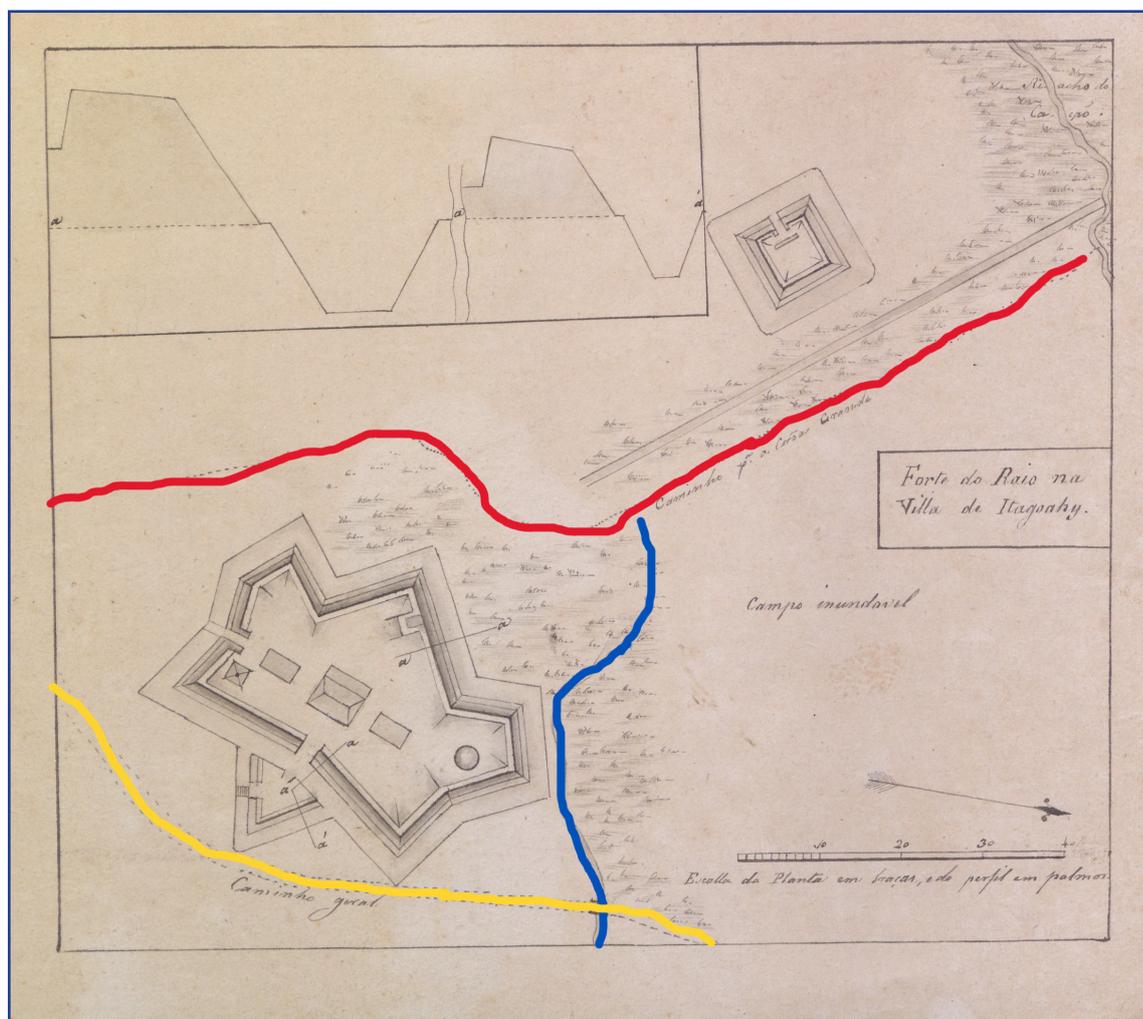
Ampliou-se na tela do software QGIS, versão 3.20 (QGIS, 2002), a planta topográfica em 70% para medir a escala gráfica com o auxílio de uma régua graduada e mensurar as dimensões da estrutura da fortificação. Portanto, mensurou-se que 10 braças equivalem a 3 centímetros na planta topográfica do Forte do Raio, assim 1 centímetro em planta é equivalente a 7,4 metros em terreno. Para o perfil presente no documento, mensurou-se que 10 palmos equivalem a 3 centímetros, onde cada centímetro em planta representa 0,73 metro no terreno.

Posteriormente, analisou-se a orientação da planta topográfica. Atualmente, em geral, as cartas topográficas são orientadas ao norte, porém a planta topográfica do Forte do Raio não apresenta a seta indicadora da direção norte. Há uma seta indicadora no documento, porém ela não indica a direção norte, mas sim a direção à capital do Reino de Portugal, Brasil e Algarves, isto é, a cidade do Rio de Janeiro.

Foi possível interpretar os caminhos evidenciados nesse documento cartográfico, que são: "Caminho Geral" e o "Caminho para a Coroa Grande". Ambos permanecem até os dias atuais, mas com outros topônimos, bem como o córrego próximo à fortificação,

que em algum momento da história foi canalizado. Coordenadas em UTM (sistema de referência WGS 84), foram medidas em feições de pontos no Google Earth. O arquivo dessas coordenadas (.kml) fora convertido, com o auxílio do software QGIS, para: uma camada de pontos no formato shapefile (.shp, .shx, .dbf, ...); o sistema de referências e coordenadas SIRGAS2000, UTM 23S. Esse arquivo serviu de entrada para a ferramenta, “georeferenciador GDAL” do software QGIS, onde as coordenadas foram devidamente marcadas nos locais aproximados na planta. A Figura 4 mostra a identificação das feições na planta topográfica georeferenciada.

Figura 4 – Identificação de feições lineares na planta original



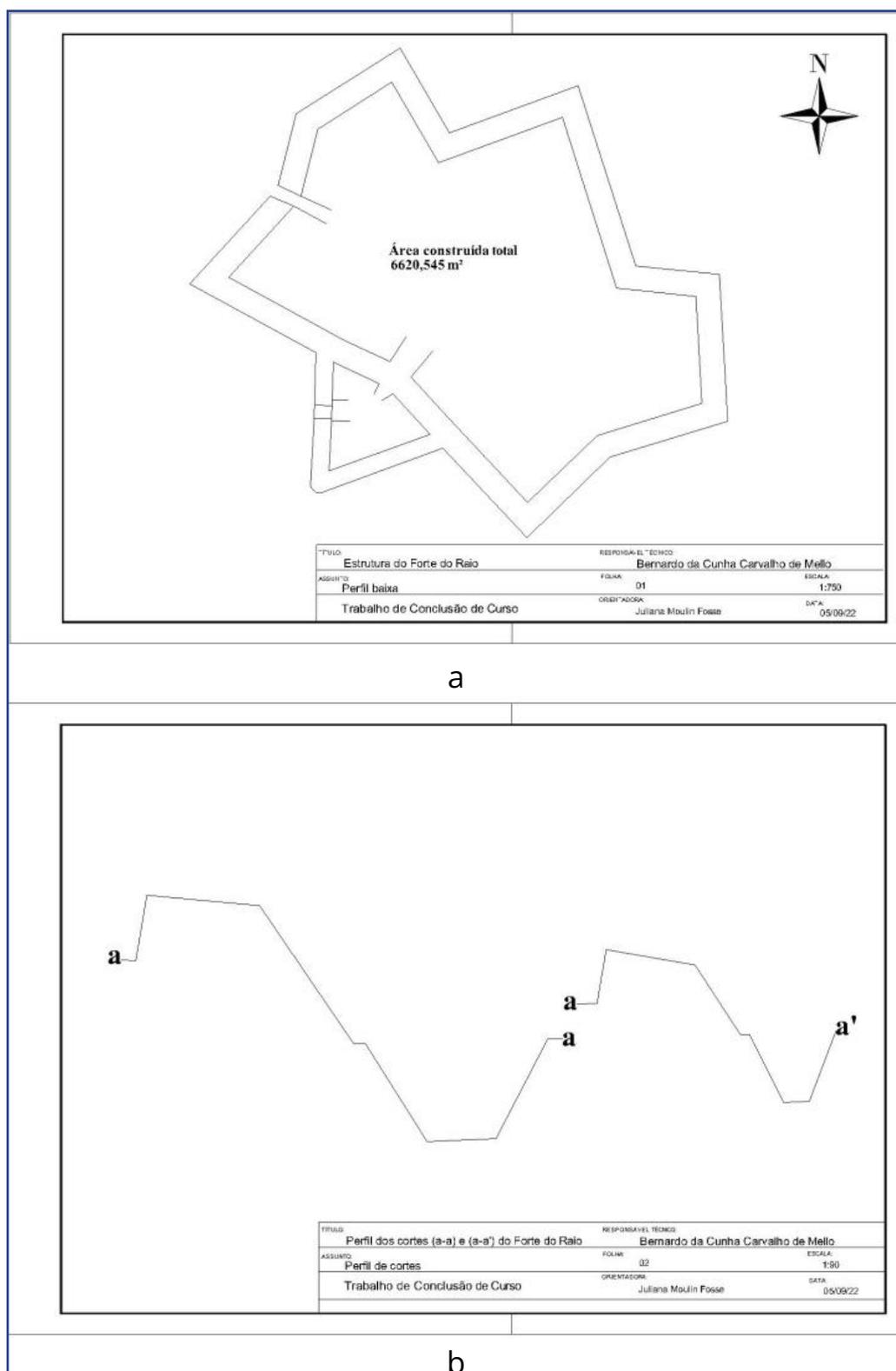
Fonte: A Organizado pelos autores (2023) e B Modificado de Português (2022)

No canto superior direito da planta topográfica, tem-se a representação do Riacho do Cação, que dista, aproximadamente, 7 km do Forte do Raio. Provavelmente, este foi incorporado à planta como ponto de referência, vide a longa distância. Ao lado da representação do Riacho do Cação, há uma construção que permanece desconhecida e sem identificação até os dias atuais.

A partir do conhecimento das dimensões em planta, foi possível, além de mensurar as dimensões da estrutura do Forte do Raio, elaborar uma nova planta topográfica do local, em formato digital, com ferramentas disponíveis em programas CAD (*Computer-Aided Design*). A Figura 5 (a) mostra o primeiro produto cartográfico gerado, a planta baixa da estrutura da fortificação confeccionada por meio do *software AutoDesk AutoCad 2019*[®] (Autodesk, 1982; Tytarenko; Pavlenko; Dreval, 2023). De forma semelhante, obtiveram-se os novos perfis de cortes do Forte do Raio, presentes na planta topográfica original, ilustrados na Figura 5 (b).

Com a análise da planta baixa da edificação e do novo perfil da edificação identificou-se que o Forte do Raio apresentava uma área construída de, aproximadamente, 6620,54 m² e perímetro de 372,84 m. A partir destes novos produtos cartográficos realizou-se a modelagem tridimensional paramétrica, com dimensões no sistema métrico internacional utilizado atualmente no Brasil.

Figura 5 – (a) Planta baixa da estrutura do Forte do Raio e (b) Perfil de cortes do Forte do Raio

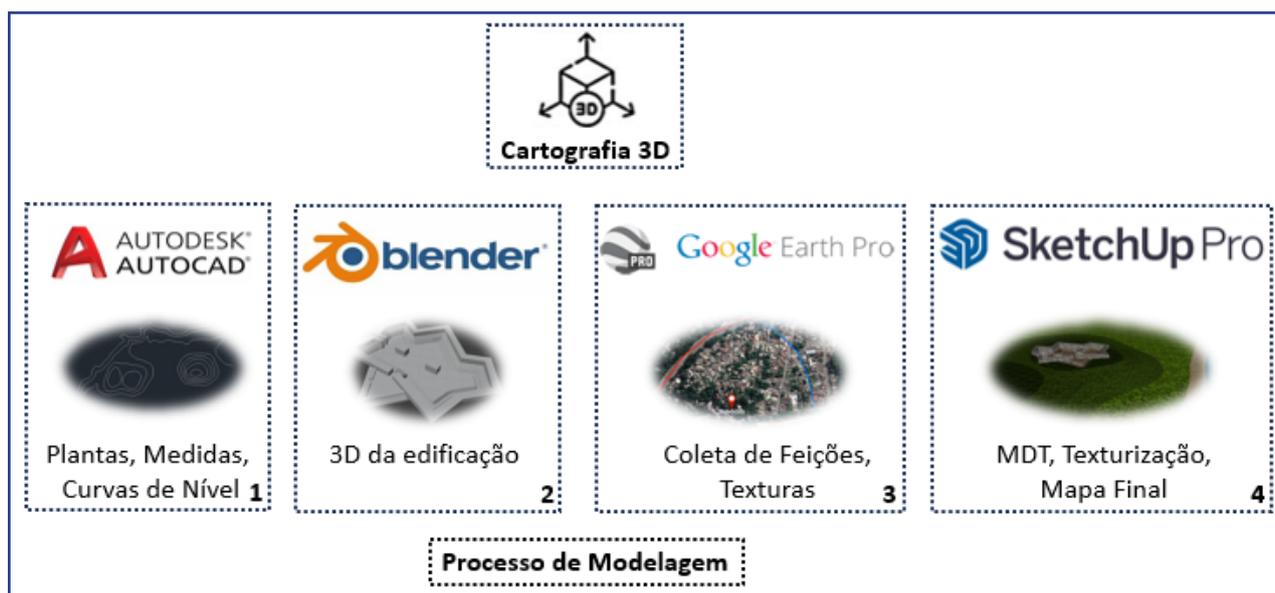


Fonte: Organizado pelos autores (2023)

3.3 Modelagem 3D

A Figura 6 mostra o fluxograma metodológico do processo de modelagem e geração dos produtos cartográficos da pesquisa, bem como os *softwares* empregados em cada uma dessas etapas.

Figura 6 – Esquema de design da abordagem aplicada a modelagem 3D



Fonte: Adaptado de Tytarenko, Pavlenko e Dreval (2023)

A exemplo de trabalhos de Cartografia 3D que utilizam mapas históricos como fonte de dados, efetuou-se inicialmente a confecção do Modelo Digital de Terreno (MDT) (Tytarenko; Pavlenko; Dreval, 2023; Adami; Guerra, 2006). Para tanto, importou-se o arquivo digital da altimetria com equidistância de 5 metros do município de Itaguaí obtido na INDE para o *Autodesk AutoCAD Civil 3D 2019*[®], versão educacional (Autodesk, 2005), limitando-se apenas à região de interesse do estudo, como mostra a Figura 7.

Posteriormente, o arquivo atualizado das curvas de nível foi importado ao *software Trimble Sketchup Pro*[®], versão 2019 (Trimble, 2000; Hájek *et al.*, 2015), versão de teste, no intuito de criar um MDT (Tytarenko; Pavlenko; Dreval, 2023). E a partir das curvas de nível, criou-se o modelo 3D da região do entorno do Forte do Raio. A partir das informações coletadas e com ferramentas de edição, o MDT foi ajustado para se

assemelhar ao terreno da época. Posteriormente, foram sobrepostas texturas ao MDT, para se assimilar ainda mais à realidade da época. Incorporaram-se ao MDT elementos secundários para promover mais fidedignidade ao modelo, como a morfologia do litoral nas imediações.

Figura 7 – Curvas de nível extraídas da região do Forte do Raio



Fonte: Organizado pelos autores (2023)

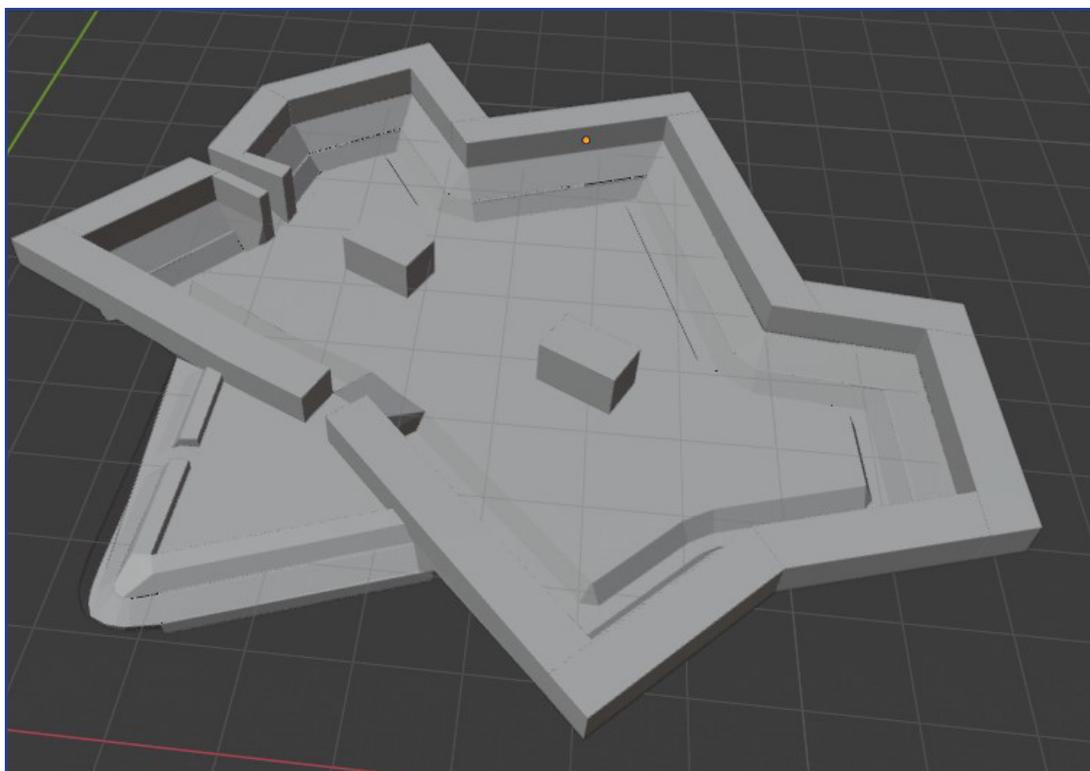
Para a geração do modelo tridimensional, utilizou-se a planta baixa digital da edificação do forte, no formato .DWG, e empregou-se o *software Blender®*, versão 2.93 (Blender, 1994). A Figura 8 traz esse modelo tridimensional sem texturas e elementos adicionais.

Com base em Souza (1885) e outras referências secundárias sobre fortificações, modelaram-se as demais estruturas da fortificação, criando as particularidades que foram possíveis de interpretar na iconografia da planta original, como a bateria a cavaleiro, por exemplo. Acrescentou-se textura ao modelo 3D e uma escala humana com cerca de 1,80 m de altura. Isto evidencia a dimensão do forte na época e serve como um elemento adicional para que o usuário do mapa histórico possa ter uma avaliação de escala do modelo.

O passo seguinte foi unir o modelo 3D do Forte do Raio com o MDT da região de seu entorno. Fazendo uso do *Sketchup®* (Trimble, 2000), ambos modelos foram

integrados, resultando no modelo 3D final, que responde pelo melhor nível de detalhe atingido por essa pesquisa (Hájek *et al.*, 2015).

Figura 8 – Modelo 3D parametrizado do Forte do Raio



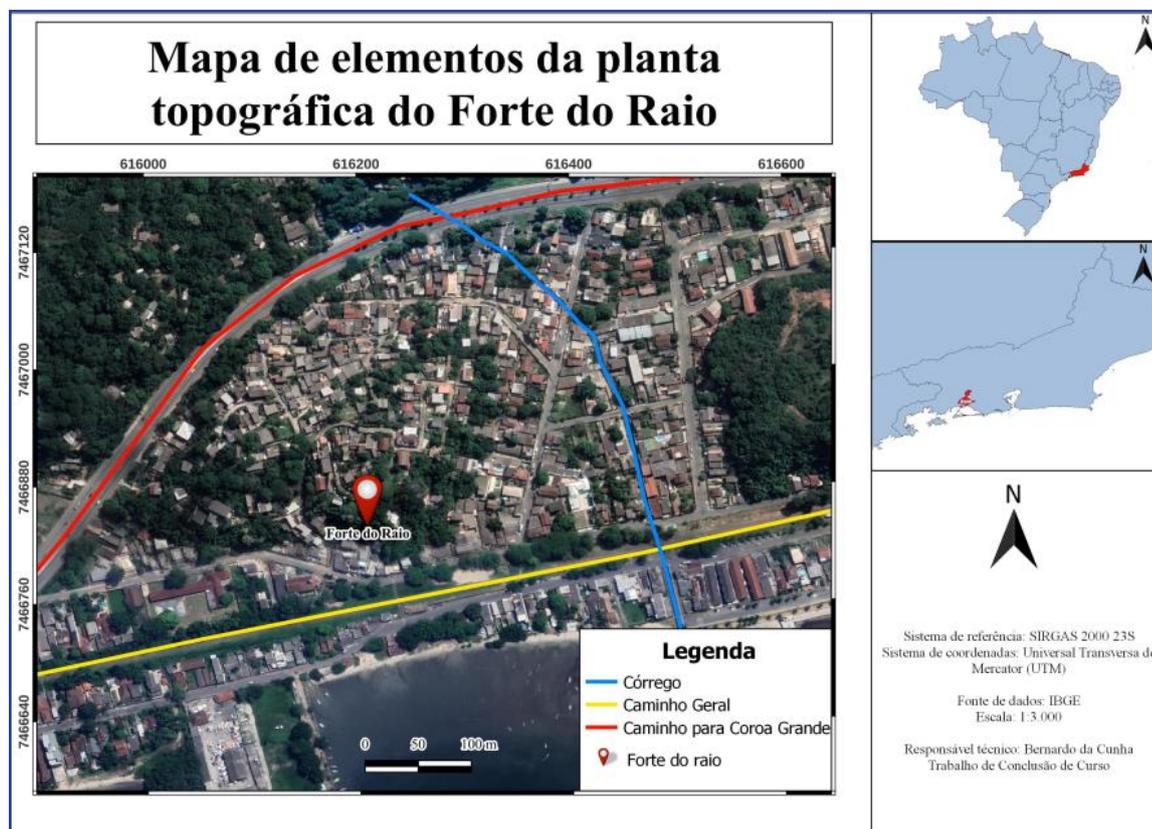
Fonte: Organizado pelos autores (2023)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como primeiro resultado, foi gerado um mapa de localização com a identificação da posição da fortificação e demais feições cartográficas adjacentes, em um contexto temporal mais recente. A simbolização cartográfica dessas feições lineares foi representada na Figura 9, contendo também a situação da edificação do forte em um símbolo pontual icônico. Essas feições foram geradas sobre um mapa base (*openlayer*) do *Google Earth* (Google, 2001), disponibilizado pelo geoserviço *web* do *software QGIS* (QGIS, 2002). *Nota-se uma mudança no traçado* geométrico dessas feições no recorte

temporal investigado. A Figura 9 representa as mesmas feições lineares extraídas da planta topográfica original e sobre um mapa base atual.

Figura 9 – Mapa de feições extraídas da planta original e sobre um mapa base (*openlayer*) atual



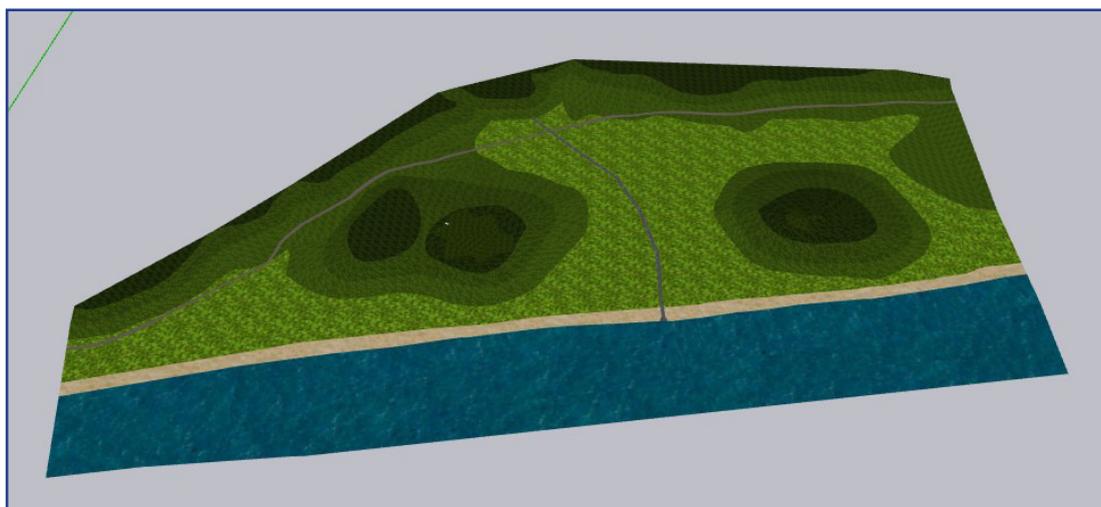
Fonte: A Organizado pelos autores (2023)

A Figura 10 mostra o resultado das curvas de nível geradas em CAD e posteriormente a altimetria importada para gerar o modelo digital de terreno no *software Sketchup*[®] (Trimble, 2000). Representaram-se as feições planimétricas conhecidas, sendo elas, a estrada que passava ao redor da fortificação e o riacho localizado na base do morro do Forte do Raio, desembocando no mar. Vale salientar que não foram adicionados ao MDT da região mais feições e modelos 3D disponíveis em bibliotecas digitais, como árvores, pois o arquivo de modelagem ficaria muito extenso, o que pode limitar a sua utilização na etapa de visualização cartográfica tridimensional.

As medidas de campo se tornaram úteis na descoberta da altura do Forte do Raio, obtendo em média 4 metros, visto que esta informação não está na planta

topográfica original. Devido ao seu estágio avançado de degradação, não foi possível utilizar as outras medidas tomadas em campo, e ainda se buscou identificar algum tipo de ornamento e/ou objeto nas ruínas para acrescentar ao modelo tridimensional, porém sem sucesso. O processo de texturização do modelo 3D da edificação, foi criado artificialmente, encontrando elementos próximos aos padrões de cores, formas e texturas presentes nas fotografias registradas em campo. Com base nas atuais condições das ruínas e do solo sobre o qual a fortificação encontra-se, gerou-se um produto cartográfico tridimensional que não é foto-realístico. Adicionalmente, foram adotados recursos de iluminação, presentes no *Sketchup*® (Trimble, 2000), para facilitar a visualização dos usuários das feições volumétricas, dessa forma projeta sombras sobre o solo dos objetos presentes no modelo.

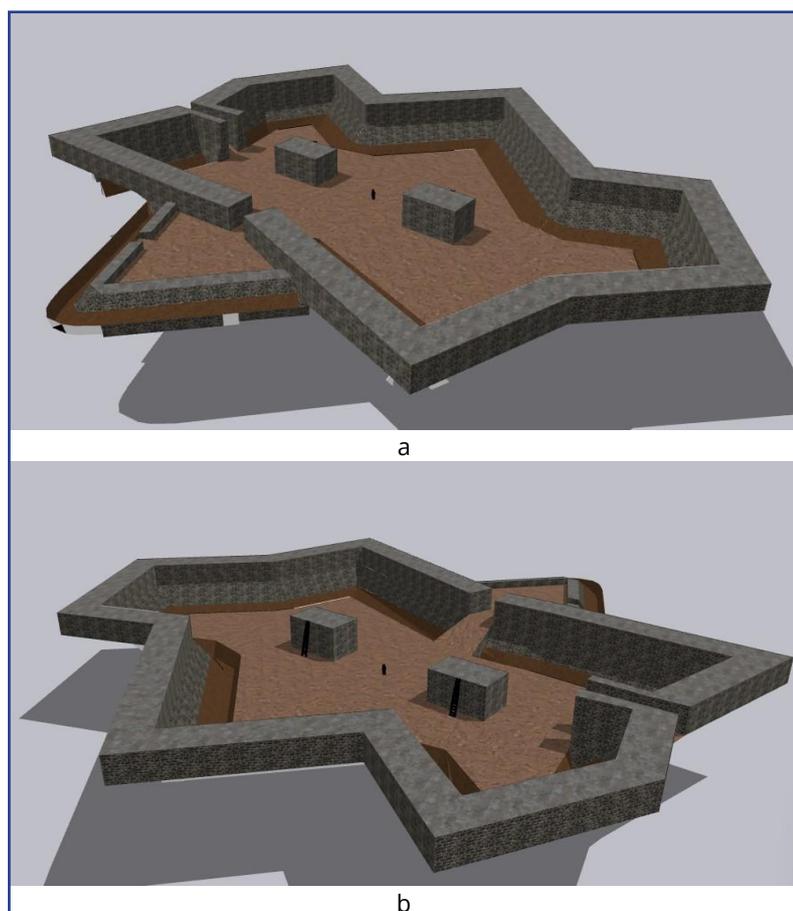
Figura 10 – Modelo Digital do Terreno em vista oblíqua



Fonte: Organizado pelos autores (2023)

A inserção de todos os elementos e texturas ao modelo 3D proporciona uma visão ampla e realística do objeto de estudo e da área de entorno, promove a divulgação do Forte do Raio e como seria no momento de sua construção. Além de comparar a dimensão da edificação em pleno estado frente ao atual estado de degradação das ruínas, desse modo auxilia na conscientização da preservação de patrimônios históricos. A Figura 11 (a) apresenta o resultado do modelo 3D texturizado do Forte do Raio em vista frontal e a Figura 11 (b) em vista traseira.

Figura 11 – Modelo 3D do Forte do Raio



Fonte: Organizado pelos autores (2023)

Legenda: As figuras apresentam escala de 1:480

Um dos principais elementos de uma fortificação é a bateria (Numen, 2017). No caso do Forte do Raio, as baterias eram "a cavaleiro", ficando numa posição mais elevada em relação à superfície da fortificação, dispendo de seis canhões (Souza, 1885). Não há relatos sobre as especificações dos canhões e nem da altura das baterias, portanto, no modelo 3D, foram conjecturadas em uma posição plausível e compatível para a utilização das peças de artilharia descritas por Numen (2017) e Lyra (2019), como ilustra a Figura 12.

Como um exemplo de elementos adicionais conjecturados na representação 3D, para acessibilidade às baterias, representou-se uma escada de mão, feita de madeira. Isso porque, na planta original e nos dados adicionais, não foi identificada uma escada feita de cantaria (mesmo material da estrutura), ou mesmo de terra batida.

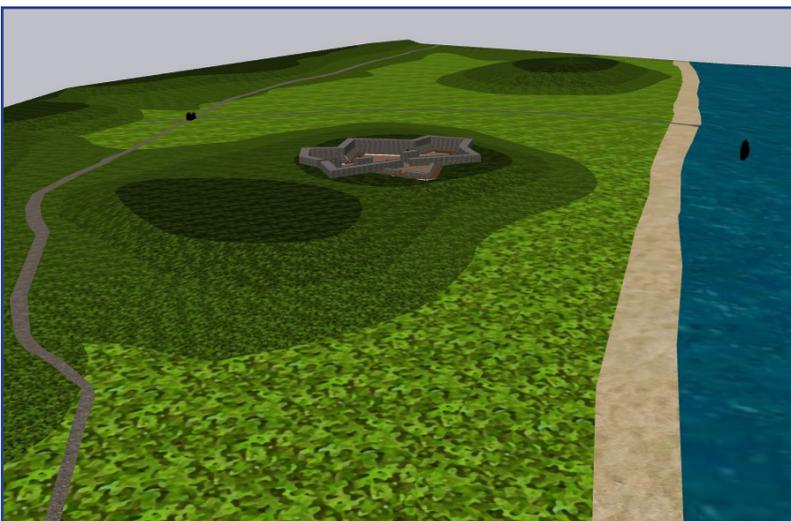
Figura 12 – Bateria à cavaleiro do Forte do Raio



Fonte: Organizado pelos autores (2023)

Fez-se a união do modelo 3D do Forte do Raio e do MDT, resultando no produto cartográfico tridimensional final (Figura 13). Posicionado o modelo 3D da fortificação onde hoje se localizam suas ruínas, o usuário pode perceber a visada das baterias do forte para a defesa do litoral e dos caminhos adjacentes.

Figura 13 – Representação cartográfica tridimensional Forte do Raio no terreno



Fonte: Organizado pelos autores (2023)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No contexto da Cartografia Histórica no Brasil, poucos artigos em periódicos científicos discutem a relevância e as representações cartográficas das fortificações. A presente pesquisa trazida nesse artigo visou contribuir com a valorização das fortificações enquanto elementos relevantes para a compreensão e valorização de patrimônio cultural material. Com uma metodologia baseada na modelagem paramétrica tridimensional de fortificações, foi possível empregar recursos da Cartografia 3D, para extrair informações geográficas contidas em produtos cartográficos históricos, possibilitando a criação de novas representações e a geovisualização dessas formas pretéritas.

A visita de campo ao local da antiga fortificação evidenciou a situação precária das ruínas do Forte do Raio, devido a vários anos sem conservação. Mesmo com a estrutura em péssimo estado de conservação, as medições *in loco* possibilitaram dimensionar o modelo 3D mais próximo do tamanho real.

A análise da planta topográfica original proporcionou uma interpretação clara e condizente da edificação e de seus arredores na época de sua existência. Por meio dos estudos e análises realizados, o modelo 3D está escalonado o melhor possível dentro das possibilidades, devido à provável falta de acurácia de mensuração nas plantas topográficas da época, porém acurado o suficiente para outras análises. O método empregado na modelagem 3D se mostrou eficiente e capaz de transformar uma planta topográfica de, aproximadamente, 200 anos em um modelo 3D.

Cabe salientar que um problema com o mapeamento tridimensional é a falta de padrões atuais adequados ou princípios de design para orientar os cartógrafos na criação de mapas 3D funcionais. Entretanto, como bem discutem trabalhos que confluem com os propósitos dessa pesquisa, modelos 3D podem melhorar a compreensão do usuário de uma paisagem representada em três dimensões, focando em aspectos que permitem um melhor conhecimento sobre construções históricas (Günay, 2019; Hájek *et al.*, 2015; Bitelli; Gatta, 2011; Remondino; Campana, 2014).

A precariedade das ruínas do Forte do Raio necessita de rápida resolução para não ocorrer mais perdas significativas ao patrimônio. Espera-se que os recursos empregados nessa pesquisa auxiliem no trabalho de atores e agentes envolvidos com ações preservacionistas, ligadas ao patrimônio histórico-cultural. Sugere-se instituir no local das ruínas um sítio arqueológico multicomponencial e a desocupação das construções ilegais presentes no seu entorno.

Este trabalho apresenta a contribuição da Cartografia Histórica para a representação do Patrimônio Histórico-Cultural, mesmo que este já não exista ou esteja em ruínas. Assim, demonstrou-se de forma prática que tecnologias atuais e modernas aliadas às metodologias da Cartografia evidenciam uma forma imersiva, dinâmica e interativa do aprendizado da história do nosso país e da manutenção e preservação de Patrimônios Históricos. Dessa forma, o Forte do Raio foi reconstruído digitalmente, proporcionando o conhecimento de um Patrimônio Histórico desconhecido em prol de sua divulgação e preservação. Além disto, abre-se a perspectiva para novas pesquisas na busca de aumentar as possibilidades de aplicação da modelagem tridimensional a partir de documentos históricos na Cartografia, como a implementação de modelos tridimensionais em tecnologias como a Realidade Virtual e Realidade Aumentada. Desse modo, busca-se aumentar a imersividade e dinamismo da experiência do usuário.

REFERÊNCIAS

ADAMI, A.; GUERRA, F. 3d digital maps: New development in cartography for cultural heritage. **e-Perimtron**, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 164–169, 2006.

AGUIAR, L. B. Challenges, persistence and changes in the management of an urban site listed by IPHAN: Ouro preto, 1938-1975. **Estudos Históricos (Rio de Janeiro)**, Rio de Janeiro, v. 29, p. 87–106, 2016.

ARQUIVO HISTÓRICO MILITAR PORTUGUÊS. **Forte do Raio da Villa de Itagoahy**: PT/AHM/DIV/3/47/AV2/3563. AHM - Arquivo Histórico Militar Português, [s.d]. 1 planta topográfica, formato .TIF.

AUTODESK. **AutoCAD**, versão 2019 de estudante. Estados Unidos, 1982. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>.

AUTODESK. **AutoCAD Civil 3D**, versão 2019 de estudante. Estados Unidos, 2005. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/civil-3d/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>.

BANDROVA, T. Innovative technology for the creation of 3d maps. **Data Science Journal**, CODATA, [S.l.], v. 4, p. 53–58, 2005.

BITELLI, G.; GATTA, G. Digital Processing and 3D Modelling of an 18th Century Scenographic Map of Bologna. In: RUAS, A. **Advances in Cartography and GIScience**. [S.l.]: Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. p. 129–146.

BLENDER FOUNDATION. **Blender**, versão 2.93. Países Baixos. 1994. Disponível em: <https://www.blender.org/download/>

BOBOC, R. G.; BĂUTU, E.; GÎRBACIA, F.; POPOVICI, N.; POPOVICI, D.-M. Augmented Reality in Cultural Heritage: An Overview of the Last Decade of Applications. **Applied Sciences**, MDPI, [S.l.], v. 12, n. 19, p. 9859, 2022.

BRASEBIN, M.; CHRISTOPHE, S.; BUARD, É.; PELLOIE, F. A knowledge base to classify and mix 3D rendering styles. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S.l.], v. 67, n. 5, 2015. p. 23–28, 2015.

BRASIL. **Decreto-lei nº 25, de 30 de novembro de 1937**. Organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional. Rio de Janeiro: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 30 nov. 1937. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1930-1939/decreto-lei-25-30-novembro-1937-351814-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 20 set. 2020.

BRASIL, S. F. D. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Congresso Nacional, 1988.

CAMPOS, L. C. da S. Sítio Arqueológico. In: GRIECO, B.; TEIXEIRA, L.; THOMPSON, A. (Orgs.); **Dicionário IPHAN Patrimônio Cultural**. 2. ed. rev. ampl. Rio de Janeiro, Brasília: IPHAN/DAF/Copedoc, 2018. (verbete).

CASTRO, J. L. de. Bicentenário da Fortaleza de Nossa Senhora da Assunção: o caso singular de uma obra de arquitetura militar com função simbólica. **Revista do Instituto do Ceará**, Fortaleza, ano 126, p. 9-71, 2012.

DORE, C.; MURPHY, M. Integration of Historic Building Information Modeling (HBIM) and 3D GIS for Recording and Managing Cultural Heritage Sites. In: IEEE. **18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia: Virtual Systems in the Information Society**. Milão: Dublin Institute of Technology, 2012. p. 369–376.

EDELWEISS, R. K. Cidade contemporânea, memória e preservação patrimonial: Uma interpretação a partir das preexistências culturais. **Oculum Ensaios**, [S.l.], v. 13, n. 1, p. 153–162, 2016.

FAGUNDES, M.; KUCHENBECKER, M.; VASCONCELOS, A. M. C.; GONZAGA, A. P. D. Paisagens e Lugares – Caracterização Geoambiental e Cultural dos Sítios Arqueológicos do Complexo Três Fronteiras, Alto Vale Do Rio Araçuai, Minas Gerais. **Ra'eGa - O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 47, n. 1, p. 67–84, 2020.

FERNANDES, M. d. C.; MENEZES, P. M. L. d.; CRUZ, C. B. M. **Cartografias do Ontem, Hoje e Amanhã**. Curitiba: Appris, 2022.

FOSSE, J. M.; VEIGA, L. A. K. Representação Cartográfica Interativa Tridimensional: Estudo da Variável Visual Cor em Ambiente VRML. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 12, n. 2, p. 249-260, 2006.

GATTA, G.; ARIOTI, E.; BITELLI, G. Geomatics Science Applied to Cartographic Heritage and Archive Sources: A New Way to Explore the Xixth Century Gregorian Cadastre of Bologna (Italy), an ante-litteram 3D GIS. **Journal of Cultural Heritage**, Elsevier, [S.l.], v. 23, p. 68–76, 2017.

GOOGLE. **GOOGLE Earth Pro**. Versão 7.3.4.8642. Estados Unidos, 2001. Disponível em: <https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/about/versions>.

GRAÇA, A. J. S.; FOSSE, J. M.; VEIGA, L. A. K.; BOTELHO, M. F. A Impressão 3D no Âmbito das Representações Cartográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S.l.], v. 73, n. 3, p. 809–826, 2021.

GÜNAY, S. Geographical Information Systems as a Tool for 3D Visualization of Lost Architectural Heritage. **ISPRS The International Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Ávila, Spain, v. 4, p. 69–75, 2019.

HÁJEK, P.; JEDLIČKA, K.; KEPKA, M.; FIALA, R.; VICHROVÁ, M.; JANEČKA, K.; ČADA, V. 3D Cartography as a Platform for Reminding Important Historical Events: the Example of the Terežín Memorial. In: BRUS, J.; VONDRÁKOVA, A.; VOZENILEK, V. **Modern Trends in Cartography: Selected Papers of CARTOCON 2014**. [S.l.]: Springer, 2015. p. 425–437.

HERBAN, S.; COSTANTINO, D.; ALFIO, V. S.; PEPE, M. Use of Low-Cost Spherical Cameras for the Digitisation of Cultural Heritage Structures into 3D Point Clouds. **Journal of Imaging**, MDPI, [S.l.], v. 8, n. 1, p. 13, 2022.

ICOMOS, V. **Carta Internacional Sobre A Conservação E O Restauro Dos Monumentos E Dos Sítios**. v. 201964, 1964.

KARADENIZ, C. B. Assessment for Awareness and Perception of the Cultural Heritage of Geography Students. **Review of International Geographical Education**, [S.l.], v. 10, n. 1 (Special Issue), p. 40–64, 2020.

LIMA, U. B. dos S.; SANTOS, K. da S.; FERNANDES, M. do C. Cartografia Histórica e SIG na Análise das Modificações da Paisagem: Cursos d'água na Área Gênese da Cidade de Petrópolis/RJ. **Revista Continentes**, [S.l.], ano 9, n. 2017, 2020.

LYRA, L. F. A. de. **Artilharia de costa: A evolução bélica em prol da defesa do litoral brasileiro**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação no Nível Lato Sensu em Operações Militares de Defesa Antiaérea e Defesa do Litoral) – Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, Rio de Janeiro, 2019.

MANENTI, V. D.; GUGLIELMI, M. P. K.; LADWIG, N. I. Georreferenciamento de Mapas Históricos no AutoCAD Map 3D. **Tecnologia e Ambiente**, Criciúma, v. 25, p. 83–94, 2019.

MATIAS, C. d. P. P.; CAMPOS, J. B.; SANTOS, M. C. P.; PREVE, D. R.; SILVEIRA, P. V. da. Legado da Semana de 22 e a Geração da Ideia de Patrimônio Cultural Imaterial no Brasil. **Revista Memorare**, Tubarão, v. 7, n. 1, p. 197–208, 2020.

MELLO, C. P. de. **Encaminhamento de ficha de registro do sítio arqueológico do forte de coroa grande**. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), 2018.

MÜNSTER, S.; HEGEL, W.; KRÖBER, C. A Model Classification for Digital 3D Reconstruction in the Context of Humanities Research. *In*: MÜNSTER, S.; PFARR-HARFST, M.; KUROCZYŃSKI, P.; IOANNIDES, M. **3D Research Challenges in Cultural Heritage II: How to Manage Data and Knowledge Related to Interpretative Digital 3D Reconstructions of Cultural Heritage**. [S.l.]: Springer, 2016. p. 3–31. (Coleção: Lecture Notes in Computer Science).

NUMEN, A. **Arquitetura Militar: Tipos de Fortificações**. Numen Arquitetura, 2017. Disponível em: <<https://www.numenarquitetura.com/post/arquitetura-militar-tipos-de-fortificações>>. Acesso em: 06 out. 2020.

OSELLO, A.; RINAUDO, F. Cultural Heritage Management Tools: The Role of GIS and BIM. *In*: REMONDINO, F.; STYLIANIDIS, E. **3D Recording, Documentation and Management of Cultural Heritage**. Dunbeath: Whittles Publishing, 2016. p. 107–126.

PAVLIDIS, G.; KOUTSOUDIS, A.; ARNAOUTOGLU, F.; TSIUKAS, V.; CHAMZAS, C. Methods for 3D Digitization of Cultural Heritage. **Journal of Cultural Heritage**, Elsevier, [S.l.], v. 8, n. 1, p. 93–98, 2007.

PEREIRA, C. A.; LICCARDO, A.; SILVA, F. G. da. **A Arte da Cantaria**. Belo Horizonte: C/Arte, 2007.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS**, versão 3.20. Estados Unidos, 2002. Disponível em: https://qgis.org/pt_BR/site/index.html.

RAZOTO, V. G. **Proposta de Metodologia para Documentação Digital de Artefatos Arqueológicos utilizando Técnicas Fotogramétricas para Modelagem 3D**. 2022. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2022.

REMONDINO, F. Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3d Scanning. **Remote Sensing**, [S.l.], v. 3, n. 6, p. 1104–1138, 2011.

REMONDINO, F.; CAMPANA, S. M. *Fortes: Virtual reality, cyberarchaeology, teleimmersive archaeology*. *In*: REMONDINO, F.; CAMPANA, S. M. **3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage: Theory and Best Practices**. [S.l.]: BAR International Series, 2014. p. 111–127.

REMONDINO, F.; RIZZI, A. Reality-Based 3D Documentation of Natural and Cultural Heritage Sites—Techniques, Problems, and Examples. **Applied Geomatics**, Springer, [S.l.], v. 2, p. 85–100, 2010.

RIMKUS, C. F. Avaliação da Aplicabilidade da Tecnologia da Realidade Aumentada na Área do Patrimônio Arquitetônico. **Revista GEINTEC - Gestão Inovação e Tecnologias**, São Cristóvão, v. 3, n. 2, p. 070–080, 2013.

SEEMANN, J. Cartografia e cultura: abordagens para a geografia cultural. *In*: ROSENDAHL, Z; CORRÊA, R. L. **Temas e caminhos da Geografia Cultural**. Rio de Janeiro: Editora da UERJ, 2010. p. 115-156.

SORIA-MEDINA, A.; MARTINEZ, J.; ARIAS, P.; ARMESTO, J.; BUFFARAANTUNES, A. Three-Dimensional Modeling of the Romanesque Church of Santa Maria de Castrelos (Vigo-Spain) using Terrestrial Laser Scanner. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Copernicus GmbH, Strasbourg, France, v. 40, p. 601-604, 2013.

SOUZA, A. C. F. de. **Preservação do patrimônio cultural**: O tombamento e o registro de bens culturais. [S.l.]: CNM - Confederação Nacional de Municípios, 2018. 40 p. ISBN 978-85-8418-105-6.

SOUZA, A. F. de. Fortificações no Brasil. **RIHGB - Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro**, [S.l.], v. 48, p. 5-140, 1885.

SOUZA, U. D. V.; FEITOSA, A. C.; KUX, H. J. H. Modelagem do Relevo da Zona Costeira Ocidental do Estado do Maranhão, Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, Universidad Nacional, Costa Rica, v. 2, p. 1-12, 2011.

TRIMBLE NAVIGATION. **Sketchup Pro**, versão 2019. Estados Unidos, 2000. Disponível em: <https://www.sketchup.com/pt-BR/products/sketchup-pro>.

TYTARENKO, I.; PAVLENKO, I.; DREVAL, I. 3D Modeling of a Virtual Built Environment using Digital Tools: Kilburun Fortress Case Study. **Applied Sciences**, [S.l.], v. 13, n. 3, p. 1577, 2023.

Contribuições de autoria

1 - Bernardo da Cunha Carvalho de Mello

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Graduado em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

<https://orcid.org/0000-0001-9138-8255> • bernardo.dacunhacm@gmail.com

Contribuição: Conceituação, metodologia, escrita - primeira redação

2 - Juliana Moulin Fosse

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Doutora em Ciências Geodésicas

<https://orcid.org/0000-0002-4221-781X> • jumoulin@ufrjr.br

Contribuição: Supervisão, escrita - revisão edição

3 - Alan José Salomão Graça

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Mestre em Geografia

<https://orcid.org/0000-0002-0580-6746> • alan.salomao@eng.uerj.br

Contribuição: Escrita - revisão e edição

4 - Luís Augusto Koenig Veiga

Universidade Federal do Paraná, Doutor em Engenharia de Transportes

<https://orcid.org/0000-0003-4026-5372> • kngveiga@ufpr.br

Contribuição: Escrita - revisão e edição

Como citar este artigo

MELLO, B. C. C.; FOSSE, J. M.; SALOMÃO GRAÇA, A. J.; VEIGA, L. A. K. Modelagem 3D para Fins de Resgate, Divulgação e Preservação do Patrimônio Histórico: caso Forte do Raio, Itaguaí - RJ. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 28, e85645, 2024. Disponível em: 10.5902/2236499485645. Acesso em: dia mês abreviado ano.