

APLICABILIDADE DA AEROFOTOGRAMETRIA COM DRONE NA AEC: UM ESTUDO DE CASO EM MOSSORÓ/RN

Alessandra Vieira de Medeiros 1 (UFERSA) E-mail: alessandramedeiros449@gmail.com

Sâmea Valensca Alves Barros 2 (UFERSA) E-mail: sameavalensca@ufersa.edu.br

Paulo Cesar Moura da Silva 3 (UFERSA) E-mail: paulo.moura@ufersa.edu.br

Resumo: A indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção, no último decênio, passa por transformações advindas do surgimento de equipamentos e *softwares* desenvolvidos com tecnologias inovadoras e de maior precisão. Características estas que contribuem para tais ferramentas serem incorporadas na geração dos produtos fornecidos por ela. Este estudo de caso teve como objetivo verificar a aplicabilidade da fotogrametria aérea por *drone* modelo *DJI MAVIC AIR 2* na indústria da AEC a partir do mapeamento planialtimétrico de lote de terreno localizado em condomínio horizontal no município de Mossoró/RN. Os procedimentos metodológicos adotados foram: delimitação da área de interesse; verificação das condições climáticas e de luminosidade para definição do melhor horário para realização do mapeamento; planejamento de voo; montagem do *drone*; realização do voo; armazenamento e processamento das imagens obtidas para gerar a nuvem de pontos e modelo 3 D do terreno. Os resultados obtidos no processamento realizado no *software Agisoft Mathashape* foram bons à medida que os erros foram centimétricos, demonstrando a precisão do equipamento utilizado já que não se adotou pontos de controle por não dispor do equipamento RTK, que é constituído por receptores Sistema Global de Levantamento por Satélite. Os resultados encontrados corroboram com os aspectos positivos identificados na revisão bibliográfica sobre o uso dos produtos gerados em mapeamento planialtimétrico realizado com *drone*. À medida que estes podem ser obtidos em formato de dados denominado *Industry Foundation Classes*, permitindo a ocorrência de troca de modelos sem perdas de informações na elaboração de projetos de Engenharia e Arquitetura elaborados em *softwares BIM*.

Palavras-chave: Ortofoto, Nuvem de pontos, Modelo digital do terreno, *softwares BIM*.

APPLICABILITY OF AERIAL PHOTOGRAMMETRY WITH DRONE IN AEC: A CASE STUDY IN MOSSORÓ/RN

Abstract: The Architecture, Engineering and Construction industry, in the last decade, has undergone transformations resulting from the emergence of equipment and *software* developed with innovative and more precise technologies. These characteristics contribute to such tools being incorporated into the generation of products provided by it. This case study aimed to verify the applicability of aerial photogrammetry using a *DJI MAVIC AIR 2 drone* in the AEC industry based on the planialtimetric mapping of a plot of land located in a horizontal condominium in the municipality of Mossoró/RN. The methodological procedures adopted were: delimitation of the area of interest; verification of weather and lighting conditions to define the best time to carry out the mapping; flight planning; *drone* assembly; flight execution; storage and processing of the images obtained to generate the point cloud and 3D terrain model. The results obtained in the processing carried out in the *Agisoft Mathashape software* were good as the errors were centimetric, demonstrating the precision of the equipment used since control points were not adopted due to the lack of RTK equipment, which consists of Global Satellite Survey System receivers. The results found corroborate the positive aspects identified in the bibliographic review on the use of products generated in planialtimetric mapping carried out with a *drone*. As these can be obtained in a data format called *Industry Foundation Classes*, allowing the exchange of models without loss of information in the preparation of Engineering and Architecture projects prepared in *BIM software*.

Keywords: Orthophoto, Point cloud, Digital terrain model, BIM software.

1. Introdução

A utilização de ferramentas tecnológicas no levantamento de campo e na elaboração

de projetos da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) vem se tornando no Brasil nos últimos anos indispensáveis para evitar o retrabalho; promover a melhor qualidade dos produtos ofertados e diminuir a quantidade de horas utilizadas em levantamentos de dados até a fase de elaboração de projetos (MENDONÇA; SOUSA; GUEDES, 2020; GROETELAARS, 2015).

Neste contexto, verificou-se que não somente o uso de equipamentos como também a evolução das técnicas que regem o funcionamento tecnológico destes, a exemplo da fotogrametria até a sua fase atual, denominada fotogrametria digital também conhecida como Aerofotogrametria. Levando a realização de levantamentos topográficos por Veículo Aéreo não Tripulado (VANT), que por meio da geração de ortofotos e processamento digital destas se obtém a nuvem de pontos do terreno e o modelo 3D dele (GOMES *et al.*, 2024).

López *et al.* (2018) destacam que a fotogrametria digital apresenta como um dos seus inúmeros atributos qualitativos, a geração da nuvem de pontos, que apresenta alta precisão e um grande volume de informações geométricas, contribuindo para geração de modelos 3D mais precisos e representativos das características do objeto levantado, possibilitando um grande realismo para o desenvolvimento de projetos.

Logo, percebe-se que este tipo de levantamento ou mapeamento de dados revela muitos benefícios para atender as demandas da indústria da AEC. Pois, os principais produtos obtidos por esta técnica, são nuvem de pontos; modelo digital de elevação (MDE); modelo digital de superfície (MDS); modelo digital do terreno (MDT) e ortofoto, apresentam várias aplicabilidades descritas no Quadro 1.

Quadro 1 – Aplicabilidades, vantagens e desvantagens dos produtos obtidos em mapeamentos planialtimétricos com *drones* na indústria da AEC

APLICABILIDADES	VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> • Realização de mapeamento das edificações existentes na área levantada. • Modelagem <i>BIM</i> de obras de edificações sobre o “terreno real”. • Modelagem <i>BIM</i> de obras de infraestrutura sobre o “terreno real”. 	<ul style="list-style-type: none"> • Representação fiel da realidade no meio digital. • A realização recorrente de levantamentos possibilita medições de obra com objetivo de fiscalização da obra de maneira mais precisa e rápida. • Maior precisão dos modelos/projetos desenvolvidos a partir dos dados mapeados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento na aquisição de equipamentos, pois a capacidade de processamento requerida deles é maior. • O compartilhamento dos arquivos apresenta maior dificuldade, pois estes são mais pesados. • Necessita de profissionais que saibam utilizar e conheçam os <i>softwares BIM</i> capazes de troca de informações sem perdas ou distorções de informações entre os modelos gerados no mapeamento e os da AEC desenvolvidos a partir deles.

Fonte: Adaptado (LÓPEZ *et al.*, 2018; GOMES *et al.*, 2024)

Al-Ashmori *et al.* (2020) afirmam que a metodologia *BIM* trazem vários benefícios para indústria da AEC como a maior produtividade e eficiência. Nesta perspectiva, percebe-

se a importância de realizar mapeamento planialtimétrico de terreno localizado em Condomínio Residencial de Mossoró/RN por *drone*, modelo *DJI MAVIC AIR 2*, para verificar a aplicabilidade dos produtos obtidos através da fotogrametria aérea na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção quando são compatíveis com as tecnologias *BIM*.

2. Método e Materiais

2.1 Método

O método utilizado foi o estudo de caso realizado no lote C01-19 do Condomínio Ninho Residencial localizado na Br-110 na cidade de Mossoró/RN. Este foi realizado conforme as etapas descritas no fluxograma da Figura 1.



Figura 1 – Etapas desenvolvidas nesta pesquisa
Fonte: Autores (2024)

O mapeamento do terreno ocorreu utilizando *drone* modelo *DJI MAVIC AIR 2* a uma altura de voo de 30m, que apresenta resolução de imagem 4000 x 2250 e sensor da câmera CMOS – 1/2". O voo foi realizado no mês de setembro de 2023 às 11:00 horas por fornecer as condições de luminosidade e climáticas adequadas para o voo, esta etapa durou 2 minutos e 18 segundos.

O fluxo de trabalho desenvolvido é resumido da seguinte forma: definição da área de interesse; planejamento de voo; montagem do *drone*; realização do voo; armazenamento das imagens obtidas; processamento das imagens para obtenção da nuvem de pontos e modelo 3 D do terreno; extração e análise dos resultados, com os produtos obtidos.

Com auxílio do aplicativo *Drone Harmony* para *Android*, realizou-se planejamento automático de voo, que utiliza a tecnologia GPS para definir a área a ser levantada e a sobreposição das imagens. Este recurso possibilitou a captura de imagens georreferenciadas no sistema SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas).

O processamento das imagens capturadas no levantamento de campo ocorreu no *software Agisoft Mathashape*, adotando-se o fluxo de trabalho da aplicação, este processo durou 37 minutos e 49 segundos. Este consistiu na importação dos arquivos de

fotos para o programa. Foram 22 fotos geradas a uma altura de 30 metros, que cobriram uma área maior que 360 m² (Figura 2).

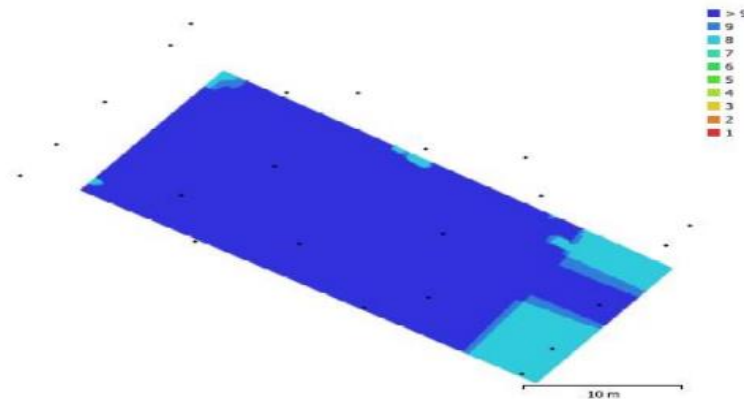


Figura 2 – Localização de câmeras e sobreposição de imagens
 Fonte: Gerada pelos autores no *Agisoft Mathashape* (2024)

É importante destacar que *software Agisoft Mathashape* vem por padrão no sistema de coordenadas WGS84, sendo necessário fazer a conversão para SIRGAS 2000, a fim de estar de acordo com as recomendações atuais de cartografia.

O software *Agisoft Mathashape* fornece no relatório gerado no processamento dos dados levantados neste estudo o erro altimétrico que é representado pelas cores conforme apresentado na Figura 3.

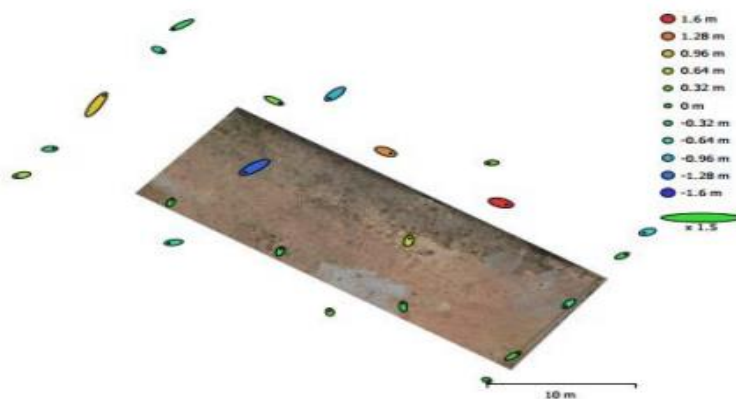


Figura 3 – Estimativa de erro
 Fonte: Gerada pelos autores no *Agisoft Mathashape* (2024)

O erro altimétrico é representado pelas cores apresentadas na Figura 3. Os erros X e Y são representados pela forma da elipse. A precisão do GPS do drone utilizado não é de baixa precisão, pois os erros obtidos foram centimétricos. A Tabela 1 apresenta a média do erro do levantamento de campo realizado sem a correção pelos pontos de verificação, onde XY representam o erro planimétrico e Z o erro altimétrico.

Tabela 1 – Erro médio das imagens sem pontos de verificação

Erro X (cm)	Erro Y (cm)	Erro Z (cm)	Erro XY (cm)	Erro total (cm)
41.22	41.07	68.20	58.19	89.66

Fonte: Gerada pelos autores no *Agisoft Mathashape* (2024)

Para melhorar a qualidade dos produtos gerados no levantamento de campo se realiza a correção pelos pontos de controle, utilizando equipamento denominado de RTK que é constituído por receptores GNSS - Sistema Global de Levantamento por Satélite (GOMES *et al.*, 2024). Neste caso, poderia ser obtido erro bem menor. Porém, não se teve acesso ao equipamento RTK para realização da correção.

2.2 Materiais

Para o desenvolvimento desta pesquisa, utilizou-se os *softwares Agisoft Mathashape* desenvolvido pela organização russa *Agisoft* e o *ReCap Pro* da empresa *Autodesk*, importante destacar que foram utilizadas as licenças educacionais (uso para fins exclusivamente acadêmicos). Estes foram instalados em Notebook que apresenta a seguinte configuração: Dimensões (LxPxA): 36,2, 23,6 e 17,9 cm; Processador: *Ryzen 5 3500U*; Armazenamento: 12 GB; gráfico integrado *Radeon vega 8 2.10 GHz*.

3. Resultados e Discussões

Os produtos obtidos no mapeamento planialtimétrico do terreno com *drone* são: Nuvem de pontos; modelo digital de elevação do terreno (MDE); modelo de superfície do terreno (MDS); modelo digital do terreno (MDT) e ortofoto.

3.1 Nuvem de Pontos

A nuvem de pontos densa corresponde a pontos fotogramétricos que apresentam a função de materializar o sistema de coordenadas do terreno. A aplicabilidade da nuvem de pontos densa é a elaboração dos modelos 3D do terreno mapeado, ou seja, com este produto gera-se o MDT e o MDS. O terreno mapeado neste estudo é representado pela nuvem de pontos densa apresentada na Figura 4.



Figura 4 – Modelo Digital de Elevação do Terreno
Fonte: Gerada pelos autores no *Autodesk ReCap Pro* (2024)

Na indústria da AEC, a nuvem de pontos densa quando importado para *software da Autodesk ReCap* fornece o modelo 3D do terreno em extensão compatível com os *softwares BIM*, conhecido como “terreno real” que é utilizado por arquitetos e engenheiros para elaboração dos projetos arquitetônicos sobre ele.

Estes projetos desenvolvidos sobre o terreno real são denominados pela metodologia *BIM* como modelo virtual preciso de uma edificação construído de forma digital. De acordo com Mello & Bortolini (2022), a integração da nuvem de pontos com *BIM* foi necessário ocorrer para permitir organizar um plano de execução dos projetos de maneira a facilitar o gerenciamento de informação no início da elaboração dele.

3.2 Modelo Digital de Elevação do terreno estudado (MDE)

A Figura 5 apresenta o MDE obtido no *Agisoft Mathashape* a partir da edição e classificação semiautomática dos dados obtidos no mapeamento em campo para eliminar os ruídos da nuvem de pontos.

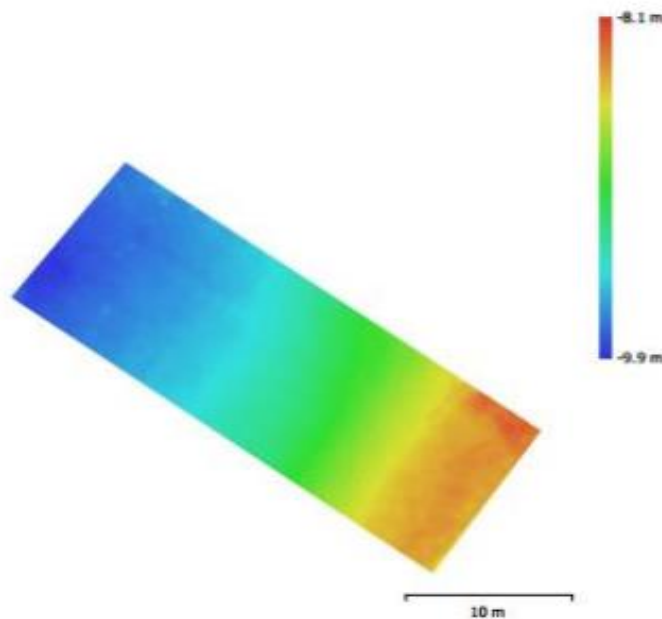


Figura 5 – Modelo Digital de Elevação do Terreno
Fonte: Gerada pelos autores no *Agisoft Mathashape* (2024)

Como se pode observar na imagem da Figura 3, temos a superfície do terreno considerando suas altitudes por ser um modelo digital altimétrico do terreno sem a cobertura vegetal ou edificações. As aplicabilidades deste modelo na indústria da AEC são em: cálculo da área do terreno; elaboração de perfis e seções transversais; elaboração de mapas de declividade; entre outras.

3.3 Modelo Digital de Superfície do terreno estudado (MDS)

O MDS (Figura 6) se difere do MDT, de acordo com Barbosa *et al.* (2021), porque detalha todas as feições da área mapeada/levantada, onde cada pixel da imagem terá uma altimetria, levando em consideração toda a vegetação e edificações existentes, e é a partir dele que é gerada a ortofoto. Enquanto, como se pode observar na Figura 7 (MDT) só há a representação apenas do terreno sem mostrar a vegetação ou edificação.

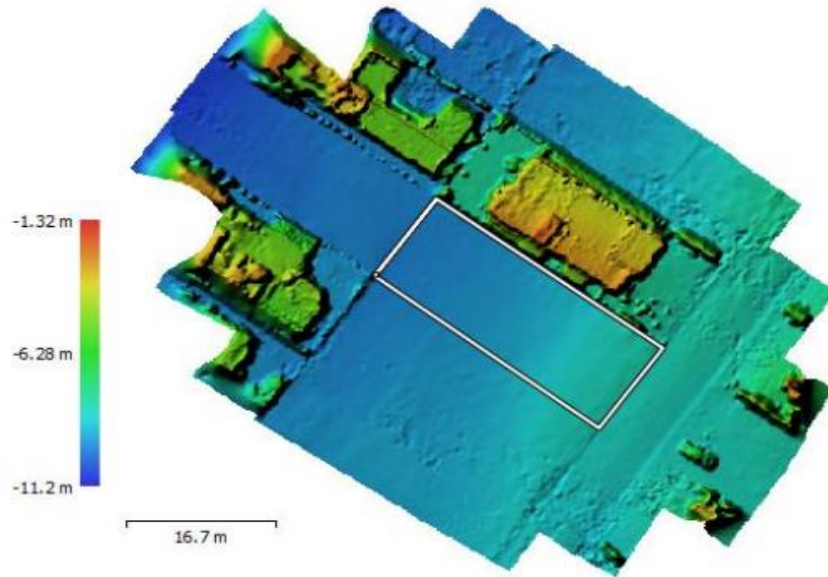


Figura 6 – Modelo Digital de Superfície
Fonte: Gerada pelos autores no *Agisoft Mathashape* (2024)

As aplicabilidades do MDS na indústria da AEC são: realização de mapeamento das edificações existentes na área levantada; identificação dos detalhes de terrenos que ainda não possuem edificações para modelagem arquitetônica em *softwares BIM*, entre outras.

3.4 Modelo Digital do Terreno estudado (MDT)

A Figura 7 apresenta o MDT obtido no *Agisoft Mathashape* a partir da edição e classificação semiautomática dos dados obtidos no mapeamento em campo para eliminar os ruídos da nuvem de pontos.

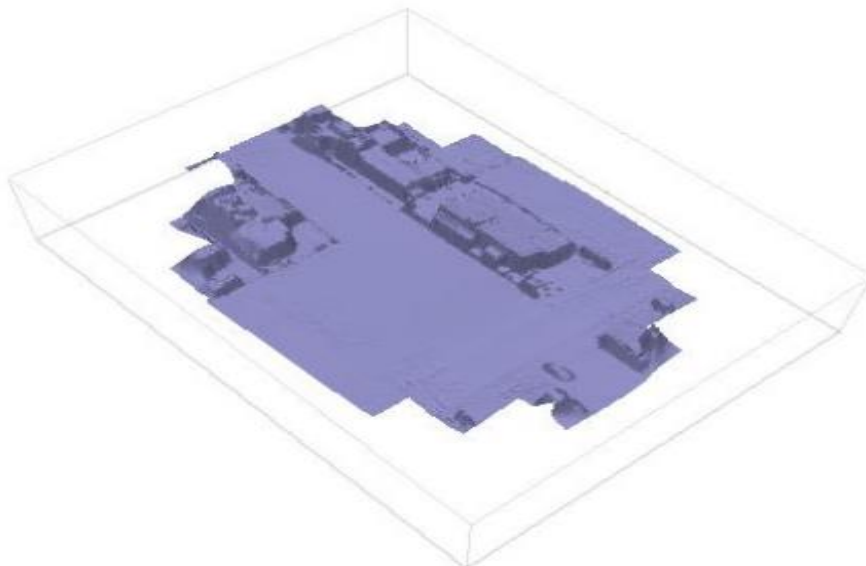


Figura 7 – Modelo Digital do Terreno
Fonte: Gerada pelos autores no *Agisoft Mathashape* (2024)

As aplicações do Modelo Digital do Terreno são variadas, dentre elas se tem: elaboração de arquivo de dados de altimetria para mapas topográficos digitais;

reconhecimento e cálculo de volume para cortes e aterros para projetos; visualização 3D do terreno, entre outras.

3.5 Ortofoto

A Figura 8 apresenta a ortofoto do terreno, que corresponde a imagem georreferenciada do terreno mapeado sem distorções, com precisão métrica.



Figura 8 – Modelo Digital de Elevação do Terreno
Fonte: Gerada pelos autores no *Agisoft Mathashape* (2024)

As aplicações do produto mostrado na Figura 8 se voltam para as diversas áreas da indústria da AEC, dentre elas projetos de estradas, cadastro urbano, atualização cartográfica entre outros. Ademais, tornou-se extremamente útil para acelerar as tomadas de decisão em campo à medida que possibilita a realização de medições diretas de distâncias, áreas e ângulos, já que os mosaicos trazem grande quantidade de informações que facilitam a interpretação dos dados.

4. Conclusões

Com a realização deste estudo, pode-se concluir que a utilização da aerofotogrametria realizada com drone para o mapeamento planialtimétrico de terrenos coleta dados em campo, que após processados no *software Agisoft Mathashape* gera produtos que ao ser importados para *softwares da Autodesk como o ReCap e o InfraWorks* o formato destes arquivos são alterados, ficando em extensões compatíveis com *softwares BIM como Revit e Civil 3D*. Permitindo que eles possam ter diversas aplicabilidades na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção.

Ademais, apresenta como vantagens a geração de obras com maior qualidade; redução de retrabalho; maior economia e precisão. À medida que os produtos obtidos no mapeamento planialtimétrico com drones na indústria da AEC permitem o desenvolvimento de construções virtuais sobre o modelo digital do terreno. E como desvantagens o alto custo inicial de aquisição dos equipamentos com a configuração necessária para o funcionamento dos *softwares* e realização dos mapeamentos; a necessidade de investimento em treinamento dos profissionais que operarem estas tecnologias e o alto custo na aquisição das licenças dos *softwares* necessários.

Referências

AL-ASHMORI, Y. Y.; OTHMAN, I.; RAHMAWATI, Y.; MUGAHED AMRAN, Y.H.; ABO SABAH, S.H.; RAFINDADI, A. D.; MIKIC, M. *BIM benefits and its influence on the BIM implementation in Malaysia*. Ain Shams Engineering Journal Vol. 11, p.1013-1019, 2020.

GOMES, A. DE A. DA R., SILVA, B. N. DA, BARROS, B. A., GIRI, F. B., NUNES, J. C. B., OLIVEIRA, M. P. DE, ISAHIAS, M. DE S., & RODRIGUES, D. DE S. *O uso de drones para mapeamento topográfico*. Revista De Gestão E Secretariado, Vol. 15 (5), p. 1-14,2024.

GROETELAARS, N. J. Criação de Modelos BIM a partir de “nuvem de pontos”: estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica. 2015. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

LÓPEZ, F. J.; LERONES, M. P.; LALMAS, J.; BERNEJO, J. G. G.; ZALAMA, E. *A Review of Heritage Building Information Modeling (H-BIM)*. Multimodal Technologies and Interaction, Vol. 2 (2), p. 21, 2018.

MELLO, M. A.; BORTOLINI, R. *Mapeamento 3D com drone para suporte a manutenção de edificações*. XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC 2022. Canela, Rio Grande do Sul, novembro de 2022.

MENDONÇA, K. R. M; SOUSA, P. G. & GUEDES, E. S. R. *Orçamentação de obra: Análise comparativa entre metodologia tradicional e BIM / Construction budgeting: Comparative analysis between traditional and BIM methodology*. Brazilian Journal of Development. Curitiba, vol. 6, n. 11, p. 93096 –93119, 2020.