



VII SINGEP

Simposio Internacional de Gestao de Projetos, Inovacao e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

VANTAGENS DA AEROFOTOGRAMETRIA POR DRONE NA OBTENÇÃO DE DADOS TOPOGRÁFICOS EM ESTUDOS DE LIXÕES E ATERROS SANITÁRIOS

DANILO APARECIDO RODRIGUES
UNINOVE

AMARILIS LUCIA CASTELI FIGUEIREDO GALLARDO
UNINOVE – Universidade Nove de Julho



VANTAGENS DA AEROFOTOGRAMETRIA POR DRONE NA OBTENÇÃO DE DADOS TOPOGRÁFICOS EM ESTUDOS DE LIXÕES E ATERROS SANITÁRIOS

RESUMO

O presente relato técnico tem como intuito mostrar as vantagens do uso de dados provenientes da aerofotogrametria com Drones na obtenção de dados topográficos em substituição aos métodos tradicionais de levantamento topográfico aplicados ao estudo de lixões/aterros sanitários. Tais dados propiciam uma grande densidade de pontos 3D, permitindo a reconstrução fidedigna do relevo, possibilitando assim o cálculo de volume de resíduos sólidos, a direção de escoamento de resíduos líquidos que possam contaminar o solo e o lençol freático além de contribuir para as análises geotécnicas da área. O projeto foi um estudo de caso realizado no lixão localizada na cidade de Maranguape - CE, sendo as análises baseadas no levantamento de campo, onde os produtos gerados foram qualificados e comparados quanto aos quesitos segurança, tempo e custo de execução em relação aos métodos tradicionais de topografia. Para verificar a alta qualidade da Ortofoto e dos produtos gerados pelo Drone foi aplicado o PEC o qual classificou o dado na Classe A para escala 1:1000. Os resultados obtidos comprovaram a viabilidade de uso desta tecnologia na obtenção de dados topográficos além de evidenciar algumas vantagens quando comparados aos métodos tradicionais. Entre as vantagens estão o baixo custo, cerca de oito vezes menor aos métodos tradicionais, o tempo de execução reduzido, o que proporciona uma maior repetibilidade do processo, permitindo análises geotécnicas mais atualizadas e, ainda maior segurança neste tipo de serviço uma vez que não é necessário que as pessoas envolvidas no trabalho percorram áreas de riscos dentro do lixão/aterro sanitário.

Palavras-chave: Aerofotogrametria, topografia, Drone.

ABSTRACT

The present technical report aims to show the advantages of the use of drilling aerophotogrammetry data to obtain topographic data in substitution of the traditional survey methods applied to the study of landfills / landfills. These data provide a high density of 3D points, allowing the reliable reconstruction of the relief, thus allowing the calculation of solid waste volume, the direction of liquid waste disposal that can contaminate the soil and the water table, besides contributing to the geotechnical analysis of the area. The project was a case study carried out in the dump located in the city of Maranguape - CE, and the analyzes were based on the field survey, where the products generated were qualified and compared in terms of safety, time and cost of execution compared to traditional methods topography. To verify the high quality of the Ortofoto and the products generated by the Drone the PEC was applied, which classified the data in Class A to scale 1: 1000. The results obtained proved the feasibility of using this technology to obtain topographic data, besides showing some advantages when compared to traditional methods. Among the advantages are the low cost, about eight times less than traditional methods, reduced execution time, which provides greater process repeatability, allowing more up-to-date geotechnical analysis and even greater safety in this type of service since it does not it is necessary for people involved in the work to go through hazardous areas inside the dump.

Keywords: Aerophotogrammetry, topography, Drone.



1 Introdução

Em projetos de concepção e estabelecimentos de áreas de lixão ou aterros sanitários, a Topografia é um dos estudos indispensáveis para a verificação da viabilidade de criação do mesmo. Segundo a NBR 13.896 (ABNT, 1997), um dos critérios que devem ser respeitados na escolha destas áreas é a declividade, a qual deve ser superior a 1% e inferior a 30%. Segundo Portella e Ribeiro (2014), o levantamento topográfico é uma etapa muito importante do processo de estabelecimento de um lixão ou aterro, pois a partir deste é realizado o cálculo da capacidade de deposição de resíduos sólidos e de volumetria da área escolhida e, assim é possível estabelecer a vida útil do futuro aterro.

Além disso, o estudo topográfico do relevo da área permite, estimar o sentido do fluxo ou do escoamento de água e dos detritos líquidos que serão gerados pelo futuro aterro, e, a partir dessas informações, implantar sistemas de drenagem com propósito de amenizar o acúmulo de água ou outros líquidos na superfície do aterro. Durante a vida útil de um aterro sanitário a topografia também é usada como ferramenta tanto no monitoramento e cálculo de recalque quanto para a quantificação volumétrica dos resíduos sólidos depositados nestes (Catapreta & Simões, 2016).

Com o avanço da tecnologia na área de agrimensura e cartografia, a topografia vem evoluindo, um exemplo disso, é a concepção e o aumento do uso de Drones na área de mapeamento, o qual proporciona um aumento na densidade e na qualidade de dados obtidos da superfície terrestre de forma indireta. Esta tecnologia é baseada nos conceitos de Fotogrametria que, segundo Sociedade Americana de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto – *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing* - ASPRS, é a arte, ciência e tecnologia de obtenção de informação confiável sobre objetos físicos e o meio ambiente através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas e padrões de energia eletromagnética radiante e outras fontes. Esta definição pode ser aplicada nas duas divisões da Fotogrametria que são respectivamente Fotogrametria Terrestre ou Aerofotogrametria. Esta última é derivada da obtenção de fotografia do terreno a partir de câmeras de alta resolução embarcadas em aviões ou Drones (Tommaselli, 2012).

A aerofotogrametria por Drones é similar à convencional, por meio de aviões, ou seja, todos os procedimentos necessários para a geração da Ortofoto Mosaico de uma área devem ser realizados de modo análogo, portanto são necessários o planejamento de vôo, a sinalização dos pontos de controle e checagem e a coleta dos mesmos por tecnologia GNSS/GPS – Sistema de Posicionamento Global. A grande vantagem da Aerofotogrametria quando comparada aos métodos convencionais de topografia são: a grande densidade de pontos, nuvem de pontos 3D, geração de MDE – Modelo digital de Elevação, MDT – Modelo digital do Terreno e cálculo volumétrico de alta precisão, além do diferencial de apresentação do produto final, já que o resultante de um levantamento Topográfico é um desenho vetorial contendo pontos, linhas e polígonos enquanto o produto final gerado por Aerofotogrametria é uma imagem de alta resolução e nuvem de pontos 3D. Neste último, as feições e pontos determinados são visualizados diretamente na imagem. Além disto, há de se considerar as vantagens financeiras e economia de tempo de execução, pois com este tipo de trabalho é possível mapear uma quantidade grande de área em um pequeno espaço de tempo com uma equipe menor do que uma equipe de topografia. Outra grande vantagem deste método de trabalho é a possibilidade de monitoramento contínuo visual da área do lixão/aterro.

A proposta deste projeto é mostrar as vantagens do uso de dados provenientes da aerofotogrametria com Drones na obtenção de dados topográficos em substituição aos métodos tradicionais de levantamento topográficos aplicados ao estudo de lixões/aterros sanitários. Os dados de aerofotogrametria por Drones permitem a identificação, a partir dos



dados de relevo obtidos, as possíveis áreas de escoamento de resíduos líquidos propícias a contaminação do solo, identificar os cursos d'água, além de possibilitar o cálculo de recalque e do volume dos resíduos sólidos lançados diretamente no solo. Como a aerofotogrametria por drone podem subsidiar a obtenção de dados topográficos para análise ambiental de áreas de descarte de resíduos?

2 Referencial Teórico

A topografia é definida por Segantine e Silva (2015) como a ciência que estuda a representação e a descrição das irregularidades da superfície física da Terra através de técnicas e métodos topográficos utilizando para isso equipamentos óticos ou eletro-óticos para medir distâncias entre pontos, ângulos entre direções e localizar pontos a partir de ângulos, distâncias ou coordenadas, o resultado destas operações é denominado levantamento topográfico. Os dados obtidos da topografia proporcionam a determinação, estudo e representação de todo o relevo e das feições contidas na superfície terrestre. Dentre os produtos gerados pela topografia um dos mais importantes em projetos executivos de engenharia é o Modulo Digital do Terreno (MDT) que tem por função descrever o terreno que é representado a partir das curvas de nível (Figura 1).

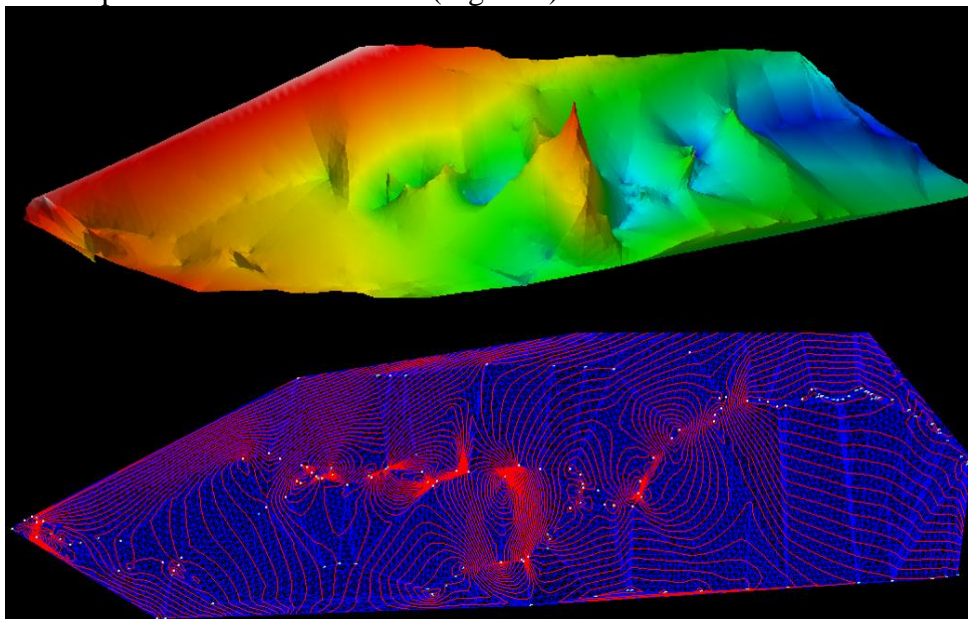


Figura 1 – MDT gerado a partir de dados obtidos da topografia

Fonte: elaborado pelo autor com dados primário

Os MDT's foram desenvolvidos há cerca de 60 anos nos Estados Unidos (EUA) com o propósito de apoiar à automatização de projetos viários e atualmente são aplicados nos mais variados projetos e ramos da engenharia que necessita de informações precisas quanto ao relevo, são exemplos da utilização destes dados projetos: traçado de perfis de terreno, terraplenagem, cálculos de volumes, cálculo de recalque e etc. (Segantine & Silva, 2015).

Devido ao avanço tecnológico que vem ocorrendo nos últimos anos na área de geomática derivados da automação de alguns processos e pelo uso de sensores fotográficos de alta tecnologia e resolução embarcados em Drones, vem ocasionando o aumento do uso de aerofotogrametria derivados desta tecnologia. A grande vantagem desta ferramenta é a facilidade de se obter dado de alta resolução espacial e temporal, ou seja, com grande



repetibilidade e alta precisão a um baixo custo quando comparados a outros métodos (Komazaki, Camargo, Galo, & Amorim, 2017).

Os Drones são equipados com um sistema automatizado denominado “Autopilot”, câmera fotográfica de alta resolução, receptor GNSS - *Global Navigation Satellite System* que possibilita a captura do centro perspectivo na tomada da fotografia, possibilitando o voo automatizado, além de IMU - *Inertial Measurement Unit*, que permite a determinação dos parâmetros de atitude de cada imagem tomada durante o voo e um link de rádio que permite o controle remoto da aeronave (Komazaki *et al.*, 2017).

Todas estas ferramentas aliadas aos pontos de apoio e de checagem que são coletados em solo através de posicionamento GNSS L1/L2 RTK, parageorreferenciamento e ortorretificação dos dados coletados, faz desta tecnologia e do produto cartográfico gerado uma inovação tecnológica que pode ser usada em diversas aplicações tais como: exploração mineral, transportes, agricultura de precisão, geologia, monitoramento ambiental, diversão, saúde e segurança pública, etc.

Uma das funções primordiais da topografia em um aterro é medição com o objetivo do cálculo de recalque, que é definido, na engenharia civil, como o fenômeno que ocasiona o rebaixamento devido ao adensamento do solo sob sua fundação. No caso de aterros sanitários o recalque é determinado por topografia para verificar a movimentação da superfície terrestre, tais parâmetros são obtidos a partir da instalação de marcos de concreto sobre a superfície destes aterros e acompanhados continuamente por topografia com intuito da determinação da variação das coordenadas tridimensionais, o que possibilita determinar estas movimentações (Alcântara & Juca, 2010).

O dado altimétrico gerado por Aerofotogrametria por Drone é similar ao gerado por topografia convencional, com o diferencial de que, este, gera uma nuvem de pontos de 3D de alta densidade permitindo um melhor delineamento da superfície terrestre. O grande diferencial desta metodologia de trabalho está no quesito segurança de operação quando comparado aos derivados de topografia convencional. Neste caso, não é necessário que os profissionais que compõem a equipe fiquem se deslocado em áreas de risco.

Portanto, este projeto visa verificar a potencialidade do uso da aerofotogrametria por Drones na determinação dos dados topográficos e verificar as vantagens e desvantagens no uso desta.

3 Metodologia

Este relato técnico é um estudo de caso aplicado a uma área de lixão localizado no estado do Ceará, tendo como objetivo comprovar o potencial do uso da Aerofotogrametria por Drone na obtenção de dados topográficos. A análise é baseada no levantamento de campo, com coleta e análise de dados primários obtidos por Drone com o intuito de qualificar a metodologia e comparar quanto a tempo e custo de execução quando comparados aos métodos tradicionais de topografia.

O Drone utilizado neste projeto foi o Phantom 4 Advanced da fabricante chinesa DJI, que possui sistema de navegação GNSS L1 de 72 canais, sistema de medição inercial (IMU), câmera RGB de 20 MP, bateria com autonomia de voo de 30 minutos e link de rádio com alcance máximo de 8 km (segundo a empresa DJI fabricante do equipamento), conforme Figura 2.



Figura 2 – Phantom 4 Advanced modelo quadricoptero utilizado no estudo

Fonte: Site empresa DJI. Recuperado em 24 junho, 2018 de <https://www.dji.com>.

A área escolhida para o estudo foi a do lixão da cidade de Maranguape que está localizada na região metropolitana de Fortaleza há uma distância aproximada 22 km da capital Cearense. Segundo o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE é uma das dez maiores cidades em população do estado do Ceará. O estado do Ceará registra atualmente cerca de 310 lixões e apenas 8 aterros sanitários em todo o seu território segundo dados disponibilizados pela Secretária do Meio Ambiente do Estado – SEMA em seu site (<http://www.semace.ce.gov.br>).

Na verdade, não foi uma escolha aleatória trata-se de um projeto executado pela empresa GeoSurv Engenharia e Geomática, que foi contratada para realizar o levantamento planialtimétrico topográfico convencional do lixão e seu entorno. A metodologia empregada pela empresa teve o intuito de proporcionar maior rapidez, segurança e qualidade dos dados levantados, além de possibilitar análises visuais mais apuradas por se tratar de aerofotogrametria com alta resolução espacial.

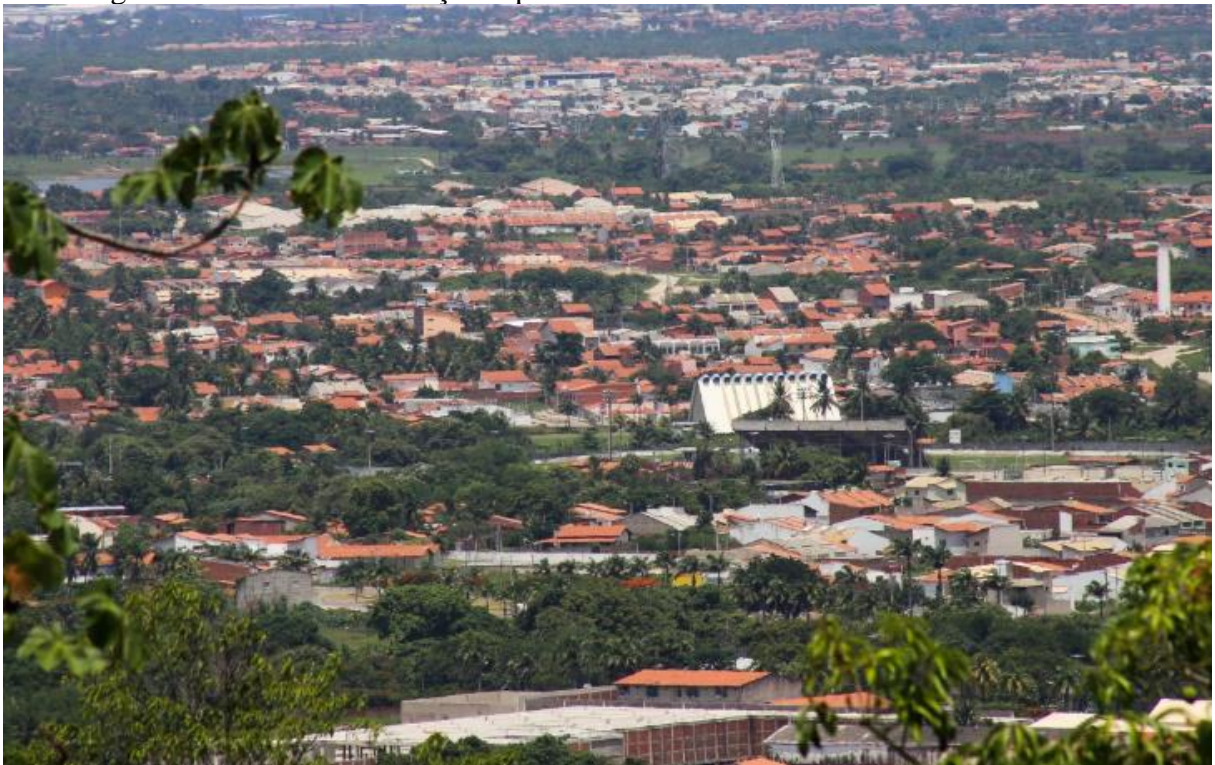


Figura 3 – Cidade de Maranguape – CE (fonte: site prefeitura municipal de Maranguape)

Fonte: Site Prefeitura de Maranguape - CE . Recuperado em 26 maio, 2018. <http://www.maranguape.ce.gov.br/>.

A primeira etapa do trabalho consistiu na definição da área a ser levantada/sobrevoada, como se trata de um trabalho que visa identificar as vantagens do uso



do Drone na determinação dos dados topográficos, bem como usar o seu diferencial em outras aplicações e análises ambientais que necessite da visualização de dados visuais, foi definido um *buffer* ou região com raio de 500 metros do centro do lixão para a realização do mapeamento (Figura 4).



Figura 4 – Região do lixão sobrevoada – raio 500 m

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do software Google Earth.

A partir da definição da área a ser mapeada foi gerado um arquivo kml - *Keyhole Markup Language*, formato de arquivo utilizado pelo software *Google Earth*. Este arquivo é utilizado no planejamento do voo. O primeiro parâmetro definido é o *Ground Sample Distance* – GSD, este é similar à resolução espacial, ou seja, o menor objeto que pode ser identificado em solo através da imagem. Este parâmetro está relacionado com a altura de voo e a qualidade do sensor (câmera) embarcado no Drone. Além disso durante o planejamento do voo é definida a sobreposição longitudinal e lateral entre as linhas e faixa de voo com intuito de garantir a qualidade geométrica do dado gerado. Neste trabalho, utilizou-se o software *Map Pilot* (Figura 5) da empresa norte americana *Drone Made Easy* para a determinação do voo autônomo sendo usado os seguintes parâmetros para este:

- Área sobrevoada: 120,77 hectares ou 1.207.700,00 m²;
- Altura de voo: 220 m;
- GSD: 6 cm;
- Sobreposição:
 - Longitudinal: 80%;
 - Lateral: 70%;

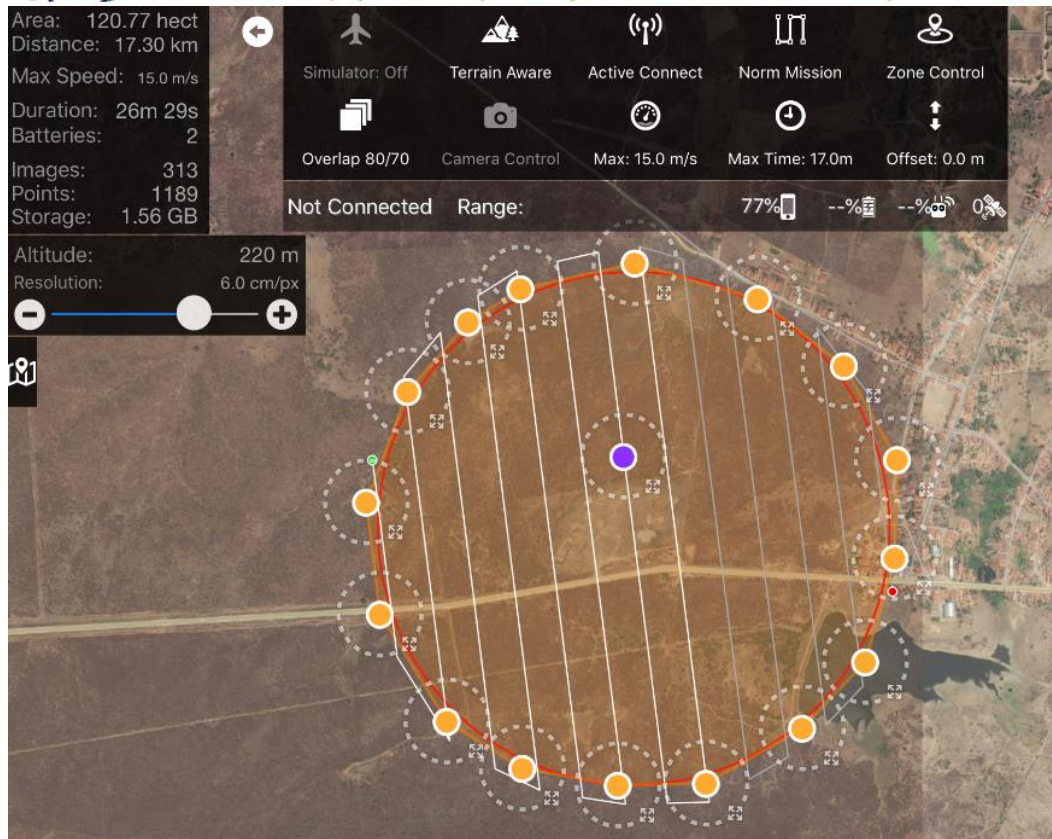


Figura 5 – Parâmetros e definições do Voo – Software Map Pilot

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do software Map Pilot.

Depois de definido e planejado o voo, foram estabelecidos o método de posicionamento e a distribuição dos pontos de controle e checagem a serem implantados na respectiva área. Os pontos de apoio são usados no georreferenciamento dos dados, ou seja, na transformação entre o sistema, linha por coluna da imagem digital para o sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator – UTM, o qual é usado para a geração dos dados resultantes da aerofotogrametria, tais como: Nuvem de Pontos 3D, MDT e Ortofoto. Os pontos de checagem são usados para analisar a qualidade do produto gerado, ou seja, acurácia da Ortofoto e dos dados 3D resultante. Para a análise da qualidade de Produtos Cartográficos Digitais é usado o Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC, estabelecido pelo decreto nº 89.817/84 e atualizado em 06/2011 pela Comissão Nacional de Cartografia – CONCAR, colegiado do Ministério de Planejamento que fixa as diretrizes e as bases da cartografia brasileira.

Os pontos foram implantados no solo um a um a partir da formação de cruzetas geradas através de 4 faixas de cartolinas de dimensão 7cm de espessura por 66 cm de comprimento, unidas por parafuso tipo “Philips” formando um alvo de aproximadamente 1,22 m x 7 cm e fixada em solo a partir de estacas e/ou palitos de bambu. A espessura de 7cm foi determinado com o objetivo de atender o GSD pré-estabelecido no projeto. A Figura 6, ilustra a distribuição dos pontos na respectiva área do lixão e dentro dos limites estabelecido da área a ser mapeada e o alvo gerado a partir da união das faixas das cartolinas.

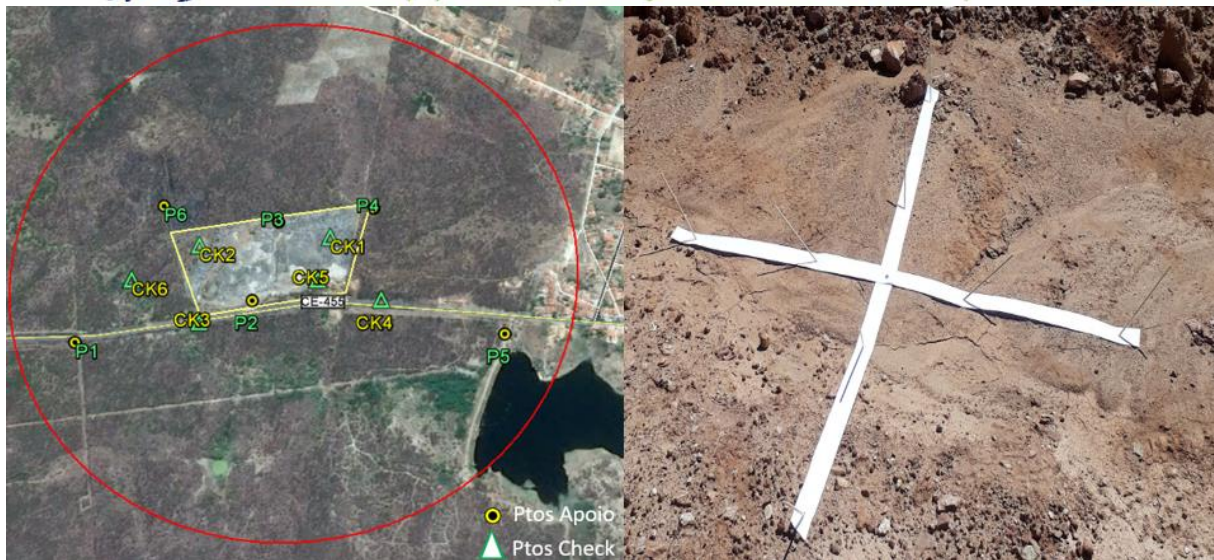


Figura 6 – Distribuição dos pontos de apoio e checagem na área do lixão e tipo de alvo utilizado

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do software Google Earth.

Para a determinação dos pontos de apoio e check, foi necessário, primeiramente, obter uma coordenada precisa amarrada ao Sistema Geodésico Brasileiro – SGB, portanto, inicialmente, foi realizado o transporte de coordenadas para um vértice implantado por piquete de madeira no interior do lixão, o denominado “Base” (Figura 7). O método de posicionamento empregado nesta tarefa foi o relativo estático com um tempo de ocupação de aproximadamente 2 horas. Na determinação das coordenadas e precisões deste ponto Base foi utilizado o serviço de PPP (Posicionamento Por Ponto Preciso) do IBGE. Para a determinação dos pontos de apoio e check foi utilizada a técnica de posicionamento GNSS RTK via UHF, onde os dados são determinados a partir das correções emitidas pelo receptor Base instalado sobre a coordenada precisa transportada (Figura 7). Ao final, foram levantados 12 pontos sendo 6 usados no apoio e 6 usados como check. Todos os dados do levantamento geodésico de alta precisão foram determinados com linhas bases menores que 500 m e no sistema de coordenadas UTM e referidas ao SIRGAS2000.



Figura 7 – Vértice Base transportado e Pontos de Apoio/Check levantado

Fonte: Elaborado pelo autor através de foto tomada *in loco*.



O voo foi realizado logo após a implementação e determinação dos pontos de apoio e Check e teve duração aproximada de 23 minutos, sendo necessário o uso de duas baterias e, portanto, dois voos sequenciais para recobrir a área total do lixão. Durante o trajeto de aproximadamente 17 km, gerado pelas faixas de voo com o objetivo de manter a sobreposição definida durante o planejamento do voo foram adquiridas 348 imagens no formato JPG com 8.2 MB de tamanho (figura 8). Todas as imagens geradas foram importadas e processadas no software Photoscan da Agisoft, sendo utilizados os pontos de apoio para o georreferenciamento e ortorretificação da ortofoto e os pontos de check para a análise quanto a acurácia do dado gerado.

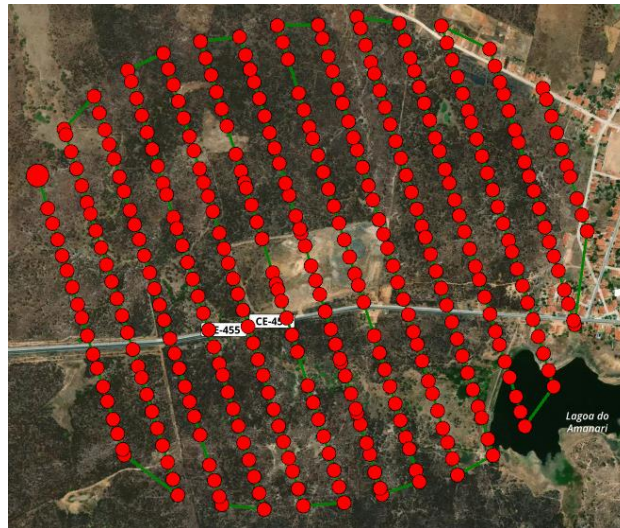


Figura 8 – Imagens tomadas durante o voo com Drone

Fonte: Elaborado pelo autor no software Photoscan.

Como se trata de um produto cartográfico digital, a análise de acurácia posicional aplicada a este projeto é baseado no Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC. O padrão brasileiro de acurácia posicional para dados espaciais é definido pelo Decreto-lei n° 89.817 de 1984 e regulamentado pela Comissão Nacional de Cartografia - CONCAR. O PEC é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos. A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro Padrão ($PEC=1,6449*EP$). Os termos Erro Padrão - EP, Desvio Padrão e Erro Médio Quadrático (RMS) são considerados equivalentes no referido decreto.

O PEC utiliza as discrepâncias entre as coordenadas obtidas de forma direta, por GNSS/GPS, e as resultantes do processamento aerofotogramétrico. Através destes dados são realizados os cálculos de média, desvio padrão, variância e os erros padrões em Planimetria e Altimetria e partir disso, o produto é classificado levando em consideração o que estabelece o PEC, conforme a Tabela 1 que classifica o produto em A, B e C com a respectiva escala.

A Tabela 2 apresenta os dados estatísticos do projeto que são derivados das coordenadas extraídas da Ortofoto gerada em comparação ao mesmo ponto coletado de forma direta por GPS/GNSS. Todos os cálculos e análise apresentados neste trabalho foram realizadas pelo software GeoPec desenvolvido pelo departamento de Cartografia e Agrimensura da Universidade Federal de Viçosa.



Tabela 1 – PEC – Classificação

PEC - PCD ⁽³⁾	1:1.000 (Eqd = 1 m)		1:2.000 (Eqd = 1 m)		1:5.000 (Eqd = 2 m)		1:10.000 (Eqd = 5 m)	
	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
A	0,27	0,17	0,27	0,17	0,54	0,34	1,35	0,84
B	0,50	0,33	0,50	0,33	1,00	0,66	2,50	1,67
C	0,60	0,40	0,60	0,40	1,20	0,80	3,00	2,00
D	0,75	0,50	0,75	0,50	1,50	1,00	3,75	2,50

Fonte: Adaptado de INDE (2012).

Tabela 2 – Dados estatísticos para análise do PEC do produto gerado neste projeto

Dados estatísticos			
	Coord. E (m)	Coord. N (m)	Dados (2D)
N Pontos	6	6	6
Média	0.0047	-0.001	0.0165
Desvio padrão	0.0148	0.0077	0.0045
Variância	0	0	0
RMS	0.0158	0.0058	0.0168
Valor Máximo	0.02	0.011	0.0212
Valor Mínimo	-0.016	-0.01	0.006

Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados primários coletados.

4 Resultados

A primeira avaliação aplicada ao produto gerado foi relativo ao PEC, esta análise é baseada nos dados estatísticos calculados a partir dos pontos de checagem que foram implantados e coletados por tecnologia GNSS/GPS e comparados aos homólogos obtidos na Ortofoto resultante. Como pode ser observado na Tabela 2, que mostra os dados estatísticos obtidos no projeto, é possível notar que os valores são inferiores aos valores tabulares (Tabela 2) definidos para a Classe A na escala 1:1000. A Tabela 3 tem como objetivo comparar os valores calculados para o projeto e o do PEC para a classe A na escala 1:1000.

Tabela 3 – Comparação PEC (tabulado x calculado)

Padrão Exatidão Cartográfica		
	Tabelado (m)	Calculado (m)
Erro Padrão (E/N)	0.27	0.017
Erro Padrão (H)	0.17	0.061

Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados primários coletados.

O resultado obtido comprova a qualidade do dado gerado pelo aerolevante realizado pelo Drone, pois conforme observado no resultado obtido pela Tabela 3, estes são menores aos pré-estabelecidos e por isso classificados na Classe A na escala 1:1000.



Comprovada a qualidade da ortofoto e dos produtos obtidos pelo aerolevanteamento por Drone foi possível gerar os produtos topográficos derivados destes. A vantagem em utilizar este método pode ser observado primeiramente pela quantidade de pontos 3D que são gerados no processamento e junção das fotos que compõe o voo da respectiva área, fato este que pode ser observado na Figura 9, isto permite um maior detalhamento da superfície do terreno quando comparado aos métodos clássicos de topografia.



Figura 9 – Nuvem de pontos 3D

Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados primários coletados e o software Photoscan.

A partir da nuvem de pontos gerados foi obtido o Modelo Digital de Elevação – MDE. O MDE é construído a partir de todas as feições contidas sobre a superfície, ou seja, na geração deste são usadas árvores, edificações entre outros, o que não reflete de forma fidedigna o relevo e, portanto, é necessário a realização de filtragem através da classificação de todas as feições contidas na área diferente do que é solo e, assim foi gerado o MDT.

De posse do MDT gerou-se as curvas de nível correspondente a área e, utilizando-se da ortofoto foi realizado a sobreposição das curvas sobre esta. Isto possibilitou determinar a direção de escoamento dos fluidos liberados e gerados pelo lixão, isto é, verificou-se para qual direção estão indo os contaminantes gerados por este, além disso a ortofoto propiciou visualizar e identificar de forma visual quais as feições seriam atingidas e contaminadas por tais fluidos (Figura 10 e 11).

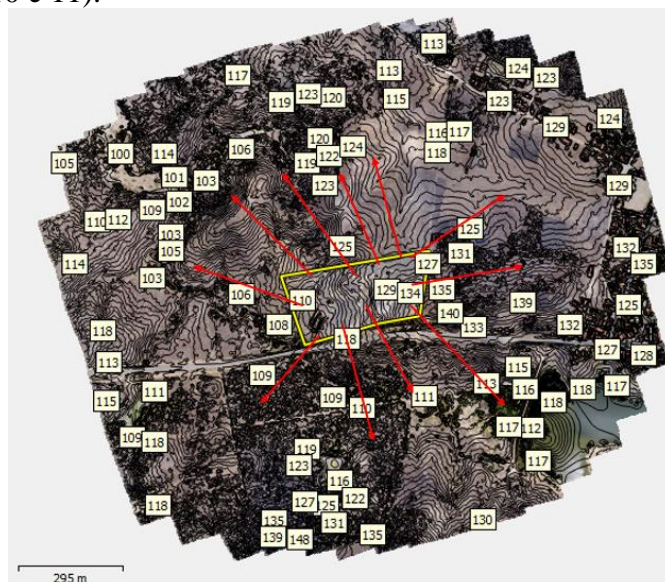




Figura 10 – Curvas de nível sobreposta a Aerofoto

Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados primários coletados e o software Photoscan.



Figura 11 – Feições a ser contaminadas

Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados primários coletados e o software Photoscan.

Com os dados da nuvem de pontos 3D é possível calcular o volume de lixo depositado na área total do lixão (Figura 12) e, como forma de análise contínua tais dados podem ser utilizados como base, para cálculos de recalque ou posteriormente como um levantamento primitivo usado no cálculo volumétrico rotineiro.

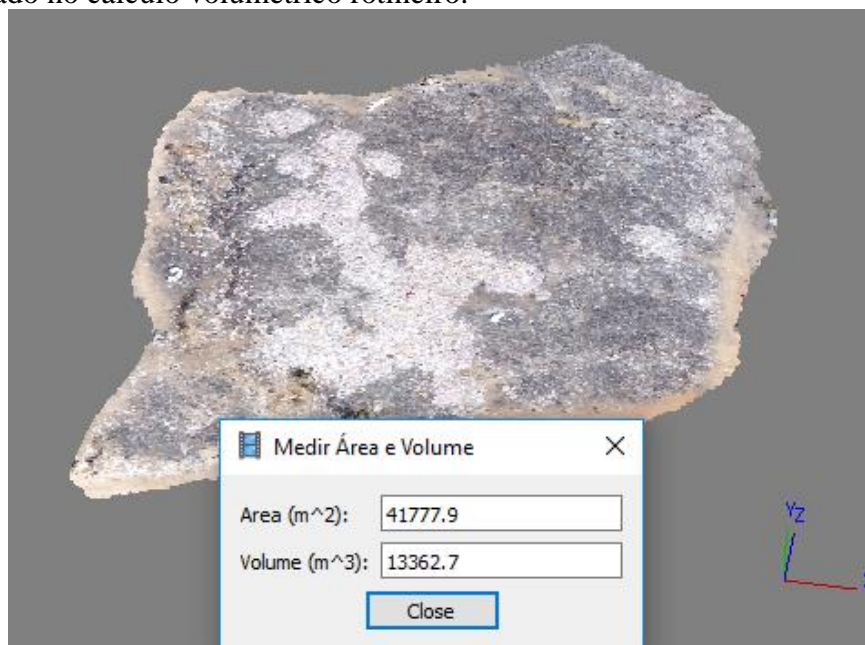


Figura 12 – Cálculo de volume de lixo depositado

Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados primários coletados e o software Photoscan.

A grande vantagem da aerofotogrametria é que diferente dos métodos topográficos convencionais este proporciona uma grande quantidade de pontos 3D com o espaçamento pequeno, além de gerar pontos em todas as faces da superfície a ser medida, inclusive sobre o topo da pilha de lixo, diferentemente da topografia que tem restrições quanto acesso a alguns tipos de materiais e situações que possa ocasionar riscos a segurança e a saúde do



profissional. Mesmo em condições ideais a quantidade de dados levantados em um levantamento topográfico convencional será menor aos derivados da aerofotogrametria.

Outra análise importante a ser considerada é relativa a tempo e custo na execução deste tipo de projeto quando comparado as duas tecnologias, lembrando que a escolha da aerofotogrametria neste projeto foi justamente pela rapidez deste método, pois o tempo gasto para implantar a base e os pontos de apoio/Check e executar o sobrevoo na área do aterro foi de aproximadamente 3h e o valor contratado para o referido projeto foi oito vezes menor do que seria pago para o mesmo trabalho executado através de topografia convencional, além disso o tempo gasto para levantar a mesma área com tais técnicas também demandaria um tempo maior, pois para determinar uma área com a extensão do projeto gastaria em média pelo menos 15 dias.

Com base na precisão e pela qualidade dos produtos demonstrados neste projeto é possível concluir que o resultado obtido demonstra o potencial do uso da aerofotogrametria em substituição aos métodos convencionais de obtenção de dados topográficos para uso em lixões ou aterros sanitários. Vale ressaltar ainda que através da Ortofoto gerada também é possível explorar análises qualitativas do tipo de resíduos depositado na área do lixão, fato este não considerado neste projeto.

5 Conclusões/Considerações finais

Os resultados obtidos comprovam que os dados topográficos gerados e obtidos por aerofotogrametria por Drone apresentam alta qualidade e precisão, além de proporcionar uma grande quantidade de dados para uma determinada área. Além disso este apresenta algumas vantagens quando comparados aos métodos tradicionais de levantamento topográfico, a primeira vantagem é no quesito segurança, pois através dos dados gerados pelo Drone não é necessário percorrer a área total do lixão ou aterro, sendo apenas necessário a implantação dos pontos de apoio e check que podem ser realizados em lugares que não apresenta nenhum perigo ou risco a saúde do profissional. Diferente do caso tradicional onde o operador necessita ocupar e percorrer a área em seu todo, ficando este exposto ao perigo ou contaminação.

Outras vantagens estão relacionadas ao ganho com o tempo e a diminuição de custos para a execução deste tipo de trabalho, o que possibilitaria uma maior repetibilidade destes estudos no decorrer da rotina destes lixões ou aterro.

Uma próxima análise que poderia ser executada no futuro neste projeto seria realizar comparações baseadas em dados simultâneos levantados pelas duas tecnologias e comparadas um a um, para verificar as diferenças matemáticas entre as superfícies geradas via topografia e por Aerofotogrametria.

Também deveria ser explorada ferramentas de análises visuais na Ortofoto gerada com o objetivo de verificar e qualificar resíduos sólidos e também verificar inconsistências na disposição destes na área respectiva ao lixão. Estas análises não foram realizadas neste projeto, mas em projetos futuros estas serão realizadas inclusive buscando variar as alturas de voo para verificar qual a melhor a ser usada para melhorar identificação dos resíduos dispostos nestas áreas.

6 Referências

Alcântara, P. B., & Jucá, J. F. T. (2010). Recalque em aterros: influência da composição dos resíduos sólidos urbanos, do clima e da biodegradação. *Geotecnia*. 118, 15-42



- Bueno, D. C. F. (2013). Contribuição aos Estudos para Seleção de Áreas para Construção de Aterros Sanitários. *IX Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 9(11), 431-451.
- Catapreta, C. A. A., & Simões, G. F. (2016) Monitoramento Ambiental e Geotécnico de Aterros Sanitários. *VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*.
- Costa, E. R. (2006). *Geração Automática de Modelos Digitais de Terreno a Partir de Imagens de Câmeras Digitais*. Dissertação Mestrado Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP. Presidente Prudente, SP, Brasil.
- Elk, A. G. H. P. V. (2007). Mecanismo de Desenvolvimento Limpo aplicado a resíduos sólidos. Rio de Janeiro: IBAM.
- INDE (Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais). (2012) Especificação técnica para a aquisição de dados Geoespaciais vetoriais – 2º edição - *Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro*.
- Komazaki, J. M. Camargo, P. O, Galo, M. & Amorim, A. (2017). Avaliação da Qualidade Geométrica de Modelos Digitais do Terreno Obtidos a Partir de Imagens Adquiridas com VANT. *Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia*, Rio de Janeiro.
- Lanza, V.C.V., & Carvalho. A. L. (2006). Orientações Básicas para Operação de Aterro Sanitário. *Fundação Estadual do Meio Ambiente/Projeto Estruturador Revitalização e Desenvolvimento Sustentável na Bacia do Rio São Francisco*. FEAM, Belo Horizonte, MG, Brasil.
- Lino, I. C. (2007). *Seleção de áreas para implantação de aterros sanitários: análise Comparativa de métodos*. Dissertação Mestrado. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Rio Claro, SP, Brasil.
- Melo, A. L. O. (2001). *Avaliação e Seleção de Áreas para Implantação de Aterro Sanitário Utilizando Lógica Fuzzy e Análise Multi-critério: uma Proposta Metodológica. Aplicação ao município de Cachoeira de Itapemirim- ES*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFV, Viçosa, MG, Brasil.
- Portella, M. O., & Ribeiro, J.C.J. (2014) Aterros sanitários: aspectos gerais e destino final dos resíduos. *Revista Direito Ambiental e Sociedade*, 4(1), 115-134.
- Rodrigues, D. A., & Silva, E. A. (2004). Extração de Feições em Imagens Orbitais usando o Watershed Morfológico. *Revista Engenharia Ciência & Tecnologia*. Vitória - ES., 8, 2004.
- Rodrigues, D. A., & Silva, E. A. (2005) Extração de Feições em Imagens de Média e Alta Resolução. *XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2005, Goiânia. *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2005. 1229-1236.
- Secretária do Meio Ambiente do Estado – SEMA em seu site (<http://www.semace.ce.gov.br>).



VII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade

International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

Silva, I., & Segantine, P. C. L. (2015). *Topografia para Engenharia - Teoria e Prática de Geomática*. Editora Campus.