

## Avaliação da qualidade posicional de dados espaciais gerados por VANT para aplicações cadastrais do cemitério municipal de Monte Carmelo, Minas Gerais

### *Evaluation of positional quality of spatial data generated by UAV for cadastral applications of the municipal cemetery of Monte Carmelo, Minas Gerais*

Mariana dos Santos Pelegrini<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aluna de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, Brasil. Orcid: 0000-0001-9340-3244; E-mail: mariana\_agrimensura@hotmail.com

**RESUMO:** Mediante a avaliação da qualidade de produtos cartográficos, surgiram-se especificações e técnicas com finalidade de regulamentar e padronizar processos relacionados à produção cartográfica nacional, em particular, a digital. Neste trabalho, destaca-se a importância da utilização de técnicas estatísticas no controle da qualidade posicional em dados espaciais. Para isso, avaliou-se uma imagem adquirida por VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado), usando as feições pontuais (pontos homólogos utilizados para verificação dos dados a partir de informações confiáveis), conforme o padrão de acurácia posicional brasileiro (Decreto-lei 89.817 de 1984 aliado à ET-ADGV) e utilizando como referência, dados obtidos por meio de um levantamento geodésico executado por meio do método de posicionamento RTK (*Real Time Kinematic*). Este sistema é atualmente o equipamento mais procurado do mercado em função da precisão que proporciona (aprox. 2cm) e de sua produtividade. Após feito o levantamento, duas situações foram consideradas na avaliação da qualidade posicional: a primeira referente à utilização da imagem não corrigida geometricamente (mantendo apenas a informação posicional do VANT) e a segunda relativa ao uso da imagem corrigida geometricamente. Dos resultados obtidos, avaliou-se a acurácia dos produtos e observou-se que, a partir das coordenadas homólogas coletadas pela imagem corrigida, as amostras não apresentaram tendência, revelando-se serem livres de erros sistemáticos, sendo classificada na classe A. No entanto, ao utilizar dados da imagem sem correção, obteve-se uma classificação C de acordo com o PEC (Padrão de Exatidão Cartográfico).

**Palavras-chave:** Cadastro; Cemitério; PEC; VANT.

**ABSTRACT:** *By assessing the quality of cartographic products, specifications and techniques emerged with the improvement of regulations and standardization of processes related to national cartographic production digital. In this work, the importance of using statistical techniques in the control of positional quality in spatial data is highlighted. For this, an image acquired by UAV (Unmanned Aerial Vehicle) was evaluated, using as punctual features (homologous points used to verify data from informed information), according to the Brazilian positional accuracy standard (Decree-Law 89,817 of 1984 combined with ET-ADGV) and using as a reference, data obtained through a geodetic survey created by positioning RTK (Real Time Kinematic) positioning. This system is currently the most sought-after equipment on the market due to the precision it offers (approximately 2 cm) and its productivity. After the survey, two situations were evaluated in the assessment of positional quality: the first referring to the use of the geometrically uncorrected image (maintaining only the positional information from the UAV) and the second relating to the use of the geometrically corrected image. From the results obtained, the accuracy of the products was evaluated and it was observed that, from the homologous coordinates collected by the corrected image, the samples did not show a tendency, revealing themselves to be free of systematic errors, being classified in class A. However, when using image data without correction, a C classification was obtained according to the PEC (Cartographic Accuracy Standard).*

**Keywords:** Cemetery; Cartographic Accuracy Standard; Register; Unmanned Aerial Vehicle.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e aprimoramento de novas tecnologias impactam de forma positiva em diversas áreas da representação espacial. De acordo com Elwood (2006) apud Machado; Camboim (2019), o mapa é a melhor maneira de organizar informações espaciais, e, para interagir com ele, a melhor ferramenta disponível atualmente é o Sistema de Informações Geográficas (SIG). Como exemplo dessas atuais aplicações, cita-se também o uso de GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite) e Aerofotogrametria. Estas aplicações podem atestar como a tecnologia revolucionou produtos, serviços e as maneiras de como são realizados.

A Cartografia Digital, por sua vez, modernizou a cartografia convencional, tornando-a um instrumento valioso para estudos geográficos e ambientais, possibilitando adquirir imagens por meio de equipamentos cada vez mais modernos, por exemplo, os VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados) (MENEZES; FERNANDES, 2013).

Quando se trata de informações espaciais, a qualidade relaciona-se à finalidade de uso do produto. Conhecendo a utilização do produto cartográfico e as incertezas admissíveis, é possível exigir dos produtores uma especificação de qualidade, tanto para o produto final quanto para cada etapa de produção, o que trará ganho em termos de custo/benefício (NERO, 2005 apud MACHADO; CAMBOIM, 2019).

O mapeamento topográfico em escalas grandes – neste artigo, tratando de mapeamento de dados espaciais gerados por VANT para aplicações cadastrais de um cemitério - constitui-se na base cartográfica indispensável a qualquer aplicação de SIG em nível municipal, incluindo aquelas que visam ao mapeamento cadastral (CAMBOIM; SLUTER, 2009 apud MACHADO; CAMBOIM, 2019).

O mapeamento de referência mostra a localização acurada e precisa de feições naturais e artificiais na superfície da Terra e inclui objetos intangíveis, como limites, linhas de água, curvas de nível e nomes geográficos, em escalas padronizadas (KEATES, 1973). O mapeamento de referência, quando oficial, é produzido pelos órgãos públicos designados para esse fim, obedecendo à legislação específica e às normas técnicas definidas pela Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR) (MACHADO; CAMBOIM, 2019).

Tais produtos cartográficos são o alicerce de qualquer planejamento, em termos territoriais e de engenharia, que se queira realizar. Logo, se a base cartográfica não atende um padrão de qualidade aceitável, todo o processo seguinte estará comprometido. Assim sendo, nota-se a importância do desenvolvimento de metodologias para a avaliação da acurácia posicional de dados espaciais (MACHADO; CAMBOIM, 2019).

Geralmente, o conteúdo dos mapas apresenta-se similar em todo o mundo, embora sua confiabilidade e exatidão possam variar de acordo com técnicas e procedimentos executados. Para apoiar projetos de ordenamento e gestão territorial, muitos países precisam harmonizar suas informações territoriais (PAIXÃO; NICHOLS; CARNEIRO, 2012).

Nichols (1993, p. 35) apud Paixão; Nichols; Carneiro (2012) define a gestão territorial como sendo o "processo de elaboração e implementação de decisões sobre como a terra e seus recursos são distribuídos, utilizados e protegidos pela sociedade." Por isso, ter uma informação territorial harmonizada auxilia na atualização e acesso à informação territorial e a outros benefícios, como: precisão da avaliação para impostos sobre a propriedade, melhoria na tomada de decisões governamentais, segurança da propriedade real e inclusão social (PAIXÃO; NICHOLS; CARNEIRO, 2012).

Dessa forma, o processo para análise da qualidade, definido para um produto cartográfico digital, necessita de atenção, pois consiste num documento cartográfico de características diferentes. Portanto, necessita-se entender a qualidade dos dados espaciais deste produto para que seja feita a sua avaliação (ROSA, 1996).

Este trabalho realiza a avaliação da qualidade posicional dos dados de um produto com o uso de fotografias aéreas do cemitério municipal de Monte Carmelo-MG, tomadas com um VANT e pontos levantados no terreno com o equipamento GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite) que opera em modo RTK.

Para tal avaliação, utilizou-se o padrão nacional definido pelo Decreto-lei nº 89.817 de 1984, aliado à Especificação Técnica de Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV) de 2011, cuja técnica associa-se à Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) com intuito de padronizar e guiar o processo de aquisição da geometria destes dados (DSG, 2011 apud MACHADO; CAMBOIM, 2019). Com isso, foram analisadas duas situações: utilização da imagem não corrigida geometricamente (referenciada apenas com o sistema de navegação do dispositivo, mantendo apenas a informação posicional do VANT) e uso da imagem a partir da execução de correção geométrica.

A hipótese gira em torno da possibilidade de utilização da imagem proveniente de VANT para geração de dados cadastrais, uma vez que se utilizam informações espaciais para extrair novos dados de um produto, a partir do original, de forma a atender às especificações técnicas ET-ADGV.

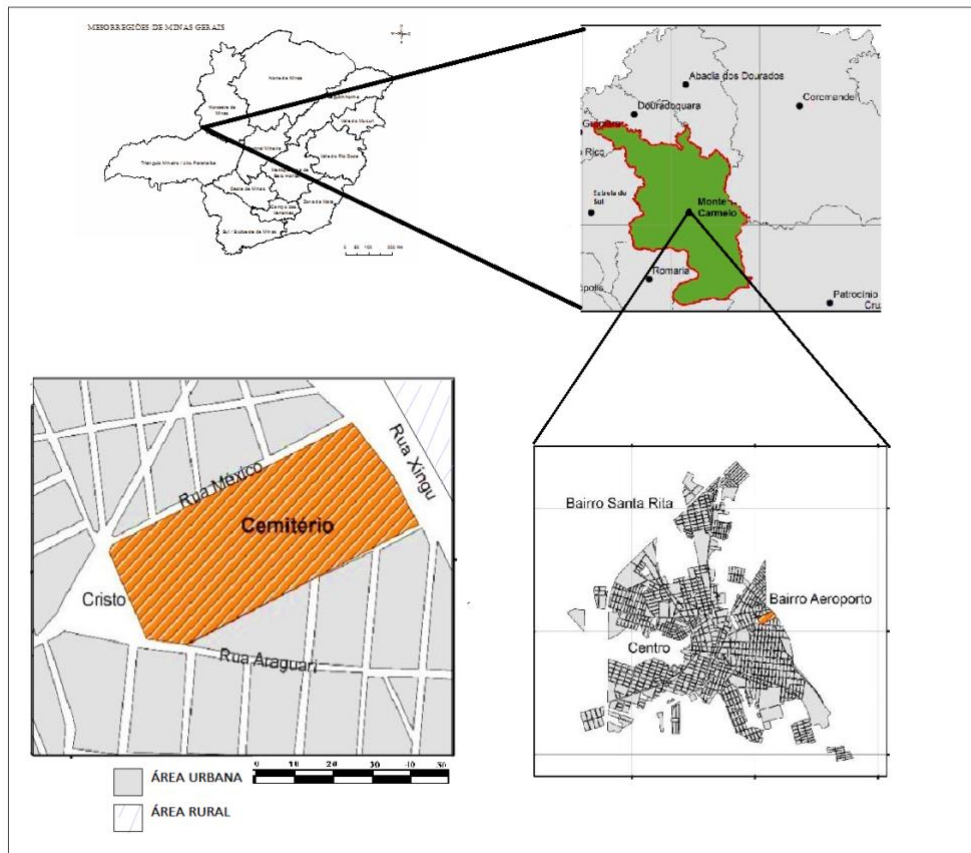
A razão pela qual optou-se pela área foi a necessidade que o administrador tinha em adquirir um documento cartográfico do cemitério que tivesse coordenadas precisas, podendo utilizá-lo pelo controle de espaços ainda disponíveis para futuros sepultamentos e atividades cadastrais dos túmulos.

Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade posicional dos dados espaciais das imagens, geradas pelo VANT, para auxílio no cadastro dos jazigos do cemitério municipal de Monte Carmelo e apresentar resultados da utilização das imagens para geração de bases cartográficas cadastrais em escalas 1/1000 e 1/2000 de forma a atender às especificações técnicas ET-ADGV utilizando pontos de controle de campo ou somente os oriundos do sensor GNSS acoplado no VANT.

## **CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A área escolhida para a tomada das fotos foi o cemitério municipal localizado em Monte Carmelo, Minas Gerais, como mostra a **Figura 1**.

**Figura 1:** Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Pelegrini, 2017.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### AEROFOTOGRAMETRIA

Aerofotogrametria, ou fotogrametria aérea, são os termos que definem a utilização de imagens obtidas por sensores embarcados em aeronaves como dados para aplicação das técnicas de restituição na elaboração de produtos fotogramétricos (DALMOLIN, 2018). Coelho e Brito (2007) apud Jardim; Gomes (2020), é o método mais empregado e imprescindível na obtenção de dados cartográficos da superfície terrestre, e por consequência o que mais obteve benefícios de uma organização dos procedimentos e parâmetros.

Tommaselli (2004) apud Dalmolin (2018), afirma que imagens vetorizadas e fotogrametria compreendem vertentes fundamentais para sustentação de uma foto digital: acurácia, estabilidade e repetitividade do processo digital, que abrigam a precisão e a continuidade em relações matemáticas entre pixel na imagem e pontos correspondentes no terreno, o que pode gerar um produto único para a fotogrametria digital.

Para Ribeiro (1995), a técnica da aerofotogrametria é a mais utilizada para mapeamentos de áreas de grande dimensão, uma vez que isso ocorre em razão de apresentar produtos precisos a custos baixos. Segue-se, também, a ideia de que durante a realização dos voos, ao tomar as fotos, inserem-se marcas que materializam um sistema



próprio da imagem. Todas as fotos passam a ter a mesma marcação, possibilitando determinar sua geometria interna.

Contudo, para a compreensão de um processo aerofotogramétrico, conceitos físicos e matemáticos, os quais envolvem as câmeras acopladas ao veículo aéreo não tripulado, são de extrema importância.

As câmeras fotogramétricas têm por finalidade promover imagens fotográficas com estabilidade geométrica. Esta característica, que justifica o nome de câmera fotogramétrica, é o que torna possível o processo de calibração, ou seja, a determinação dos parâmetros geométricos que participam do modelo matemático que relaciona dimensões do objeto fotografado com sua imagem fotográfica. (ANDRADE, 1998, p. 26-27 apud JARDIM; GOMES, 2020).

Sobre aerofotogrametria, o mosaico é um exemplo de documento gerado, o qual consiste no conjunto de fotografias recortadas e montadas tecnicamente, de forma a parecer que todo o conjunto constitui uma única foto.

Segundo a ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), os VANTs são categorizados de acordo com o seu Peso Máximo de Decolagem (PMD) em 3 classes, a primeira classe com peso superior a 150kg, a segunda com peso entre 25 kg e 150 kg e a terceira com peso inferior a 25 kg (JARDIM; GOMES, 2020).

Segundo Anderson (1982), na prática, estes documentos são importantes quando se requer uma visão do conjunto das fotos ou quando necessita-se confeccionar uma base planimétrica e também nos trabalhos de localização de pontos em campo.

## ANÁLISE DE TENDÊNCIA

É de extrema importância identificar a existência de erros sistemáticos dos dados levantados, uma vez que indica a tendência de um instrumento em registrar resultados sistematicamente errados. De acordo com Santos (2010), analisa-se tendência na avaliação da acurácia posicional já que efeitos sistemáticos podem ser modelados ou até mesmo corrigidos. Além disso, há técnicas estatísticas que analisam a presença de tendência nos dados espaciais, independente da sua distribuição. Estes cálculos são determinados através da média direcional e da variância circular. A partir daí, os pontos de checagem e seus homólogos no dado espacial passam a ser analisados, traçando-se vetores ligando cada ponto de checagem com seus homólogos (MACHADO; CAMBOIM, 2019).

Tradicionalmente, no controle de qualidade posicional em dados espaciais, para identificar a presença de efeitos sistemáticos utiliza-se da análise de tendências a partir do teste t de Student, conforme descrição em Merchant (1982), Ariza (2008), Nero (2005), Santos (2010) apud Machado; Camboim (2019). Entretanto, o teste t tem como premissa que a distribuição da amostra seja normal (Montgomery e Runger 2010). Contudo, há técnicas de estatística espacial que analisam a presença de tendência nos dados independentemente da distribuição estatística dos dados. Estas estatísticas espaciais são a Média Direcional e a Variância Circular (WONG; LEE, 2005 apud MACHADO; CAMBOIM, 2019).

A maioria das avaliações de acurácia posicional que analisam tendências utilizam o teste de hipóteses t de Student, conforme descrito em Merchant (1982). Este

teste necessita que a amostra de discrepâncias posicionais tenha distribuição normal. Entretanto, podem ocorrer casos em que a distribuição não seja normal. Nestas hipóteses, a solução é utilizar simples estatísticas espaciais, que retornam a média direcional das discrepâncias e a variabilidade desta média, podendo assim, dizer se o dado espacial está com presença ou não de tendência (MACHADO; CAMBOIM, 2019).

## CORREÇÃO GEOMÉTRICA

Para que a precisão cartográfica seja introduzida em produtos digitais, faz-se necessário que as imagens obtidas sejam corrigidas, segundo algum sistema de coordenadas. Entretanto, a relação entre dois sistemas de coordenadas utilizados em mapas e imagens pode ser calculada pela definição de pontos de controle coletados no terreno, os quais devem ser reconhecíveis tanto no mapa, quanto na imagem.

De acordo com Crósta (1992), o conceito deste método estabelece as diferenças de posicionamento de pontos na imagem e no mapa. A partir das diferenças, a distorção da imagem pode ser estimada e uma transformação pode ser realizada, para corrigir a imagem.

Esta correção pode ser obtida através de técnicas de reamostragem dos pixels de cada imagem no qual são necessários pontos de controle no terreno, facilmente identificáveis na base cartográfica e na imagem a ser corrigida geometricamente.

Pode-se dizer então que o registro estabelece uma relação entre coordenadas de imagem e coordenadas geográficas usando transformações geométricas simples (usualmente transformações polinomiais de 1º e 2º graus) para estabelecer um mapeamento entre coordenadas de imagem e coordenadas geográficas.

Segundo Crósta (1992), “A transformação de uma imagem de modo que ela assuma as propriedades de escala e de projeção de um mapa é denominada correção geométrica. Este processo envolve determinação entre sistema de coordenadas do mapa e da imagem, requerimento de um conjunto de informações para definir os centros dos pixels na imagem corrigida e por fim, cálculo dos valores de intensidade dos pixels.”

As coordenadas de imagem bruta (L: Linha; C: Coluna) são relacionadas às coordenadas de referência (X,Y) através de polinômios de grau n de tal forma que:

$$X = a_0 + a_1L + a_2C + a_3L^2 + a_4LC + a_5C^2 + \dots + a_mC^n$$

$$Y = b_0 + b_1L + b_2C + b_3L^2 + b_4LC + b_5C^2 + \dots + b_mC^n$$

Considerando-se que (X, Y) normalmente representa as coordenadas planas de um certo sistema de projeção cartográfica.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### EQUIPAMENTOS PARA O LEVANTAMENTO GEODÉSICO

Para a execução do levantamento geodésico, foi utilizado GPS RTK T500 Topcon com precisão fornecida pelo fabricante de 0,024 metros.

O sistema deste equipamento é um tipo de correção diferencial que apresenta alta precisão, com repetitividade da posição obtida através de um par de receptores, uma

vez que a base permanece estacionada sobre um ponto de coordenadas conhecidas. A Figura 2 ilustra a estação utilizada no campo.

**Figura 2:** Equipamento RTK utilizado para o levantamento geodésico.



Fonte: Pelegrini, 2017.

## EQUIPAMENTO PARA A EXECUÇÃO DO VOO

Para a obtenção das imagens, utilizou-se um VANT modelo Hexacopter X 700, financiado pela FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais) para desenvolvimento de projetos de pesquisa na Universidade Federal de Uberlândia. A Figura 3 ilustra este equipamento e suas características são descritas no **Quadro 1**.

**Figura 3:** VANT utilizado para o levantamento do voo.



Fonte: Pelegrini, 2017.

**Quadro 1:** Dados da câmera acoplada ao VANT utilizado em campo.

MODELO	Canon PowerShot SX260 x 3000
TAMANHO DA IMAGEM	4000 x 3000
DISTÂNCIA FOCAL	4.5 mm
TAMANHO DO PIXEL	1.55 x 1.55 $\mu\text{m}$

**Fonte:** Pelegrini, 2017.

## AEROLEVANTAMENTO

Para planejar e executar o levantamento aéreo deste trabalho determinou-se, primeiramente, o alvo sobrevoado, neste caso, o cemitério municipal de Monte Carmelo. Logo, definiram-se superposição de 80%, resolução espacial de 12 megapixels, altura de voo 120 metros para um total de 114 m<sup>2</sup> de área coberta. Assim, obteve-se erro de reprojeção de apenas 1.05 pix e totalizaram-se 32 imagens. Assim, a sobreposição das fotos variou de 2 a 9 fotos, sendo 9 na região central do modelo gerado. Na Figura 4 apresentam-se as linhas de voo durante o aerolevanteamento, ou seja, o caminho que o VANT fez ao percorrer a área.

**Figura 4:** Linhas de voo durante o levantamento das imagens.



— Linhas de voo  
 Sentido do voo

**Fonte:** Pelegrini, 2017.



## LEVANTAMENTO DOS PONTOS DE VERIFICAÇÃO

Antes de iniciar a coleta, cuidadosamente, planejaram-se as posições dos pontos de apoio em campo para o georreferenciamento do material cartográfico, de modo que fossem fotoidentificáveis, ou seja, encontravam-se em locais de fácil reconhecimento na imagem, como por exemplo, quinas no terreno, pontos das extremidades dos jazigos e pinturas em forma de cruz as quais foram feitas em algumas localidades, como é possível notar na **Figura 5**. Em seguida, estes pontos foram rastreados utilizando RTK. Destaca-se que estes pontos foram divididos em dois grupos, um utilizado para a correção geométrica da imagem, e outro para a verificação do produto. Já a espacialização desses pontos é ilustrada na **Figura 6**.

**Figura 5:** Exemplo de como foram selecionados os pontos levantados em campo.



**Fonte:** Pelegrini, 2017.

**Figura 6:** Distribuição dos pontos levantados em campo destacados de vermelho.



**Fonte:** Pelegrini, 2017.

## ANÁLISE DOS DADOS ESPACIAIS SEGUNDO O DECRETO-LEI Nº 89.817/84 ALIADO AO PEC-PCD PLANIMÉTRICO E O EP

A análise da exatidão cartográfica é composta por duas fases: análise de tendência (detecção de erros sistemáticos através do teste t) e de precisão. Estes procedimentos baseiam-se na realização de teste de hipótese sobre a média e o desvio padrão da amostra das discrepâncias observadas em cada coordenada planimétrica.

Por isso, a avaliação da exatidão posicional tem como base a análise dos resíduos entre as coordenadas de pontos retirados de algum produto cartográfico e seus homólogos observados em campo. (GALO; CAMARGO, 1994) Neste caso, o produto foi a imagem juntamente aos seus respectivos dados coletados e os pontos levantados em campo.

A avaliação da imagem foi realizada por meio da aplicação do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), de acordo com o Decreto-Lei nº. 89.817/84 e seguiu-se o método proposto por Galo e Camargo (1994) de testes de hipóteses: análise de tendências e precisão.

Além de avaliar o PEC, este procedimento analisa também se no produto existe tendência nas componentes das coordenadas, indicando a existência ou não de erros sistemáticos. Assim, o Decreto estabelece critérios para classificação de produtos cartográficos quanto à sua exatidão e distribuição de erros ao longo das coordenadas (CRÓSTA, 1992).

Como rege a nova Norma PEC-PCD, os produtos digitais classificam-se em quatro classes: A, B, C e D e para as escalas não abrangidas no Decreto, realizam-se extrapolações, mantendo os valores previstos no PEC Planimétrico. (DSG, 2011)

No **Quadro 2**, o PEC-PCD Planimétrico e o EP (Erro Padrão) das classes “B”, “C” e “D” correspondem, nessa ordem, as classes “A”, “B”, “C” do PEC Planimétrico previstas no Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984.

**Quadro 2:** PEC da Planimetria dos produtos cartográficos.

PEC (1)	PEC - PCD	1:1.000		1:2.000		1:5.000		1:10.000		1:25.000		1:50.000		1:100.000		1:250.000	
		PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
-	A <sup>(2)</sup>	0,28	0,17	0,56	0,34	1,40	0,85	2,80	1,70	7,00	4,25	14,00	8,51	28,00	17,02	70,00	42,55
A	B <sup>(3)</sup>	0,50	0,30	1,00	0,60	2,50	1,50	5,00	3,00	12,50	7,50	25,00	15,00	50,00	30,00	125,00	75,00
B	C <sup>(4)</sup>	0,80	0,50	1,60	1,00	4,00	2,50	8,00	5,00	20,00	12,50	40,00	25,00	80,00	50,00	200,00	125,00
C	D <sup>(5)</sup>	1,00	0,60	2,00	1,20	5,00	3,00	10,00	6,00	25,00	15,00	50,00	30,00	100,00	60,00	250,00	150,00

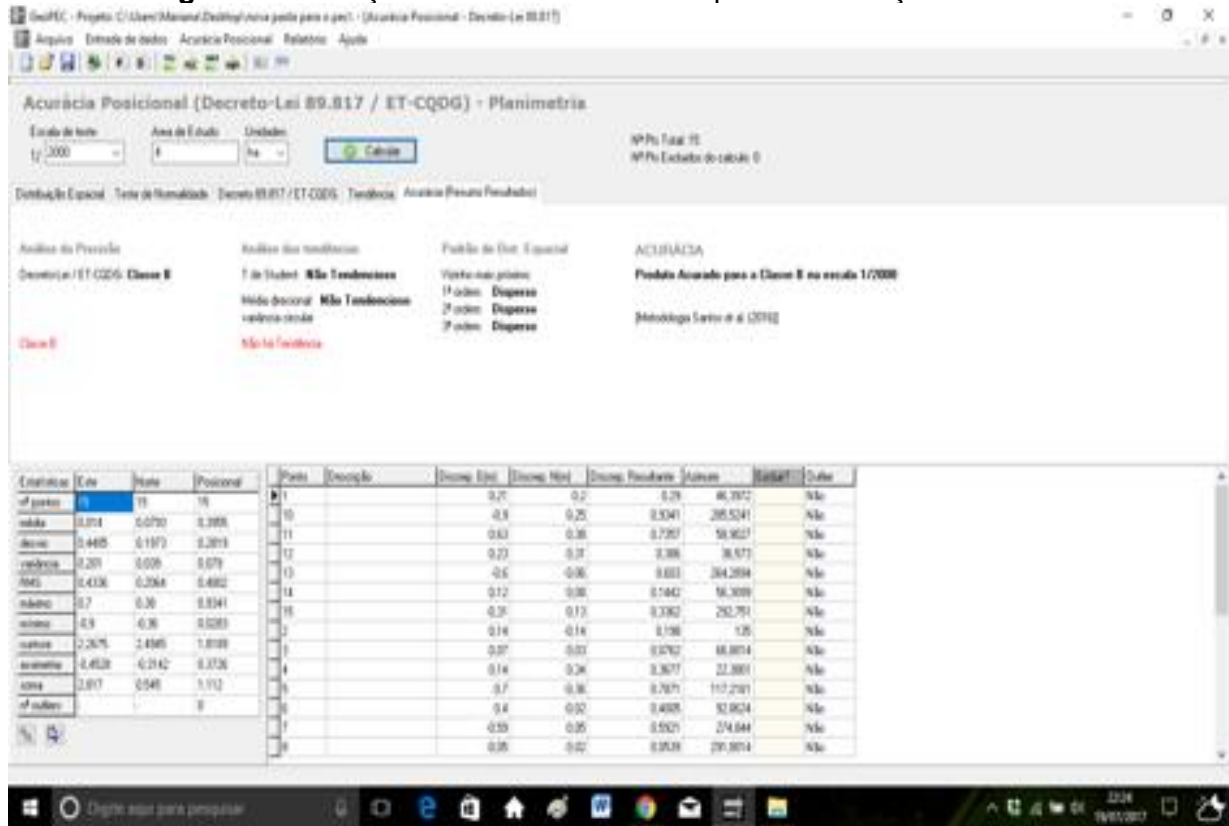
Fonte: DSG, EB80-N-72. 003.

## RESULTADOS

### EXECUÇÃO DAS ANÁLISES NO GEOPEC

O *software* GEOPEC fornece ferramentas de fácil utilização, de tal modo que os usuários procedam à avaliação da acurácia posicional de produtos pelo padrão descrito no Decreto-lei nº. 89.817, aliado à ET-CQDG da INDE, além da inspeção topográfica presente na NBR 13.133. O GEOPEC é um programa que avalia a qualidade posicional em dados espaciais, como mapa, ortomagem, arquivos vetoriais, entre outros. A **Figura 7** ilustra a interface desse programa.

**Figura 7:** Execução do *software* GEOPEC para a realização dos testes.



Fonte: Pelegrini, 2017.

Para melhor entendimento das análises, optou-se por fazer 6 tipos de testes. Primeiramente, utilizaram-se todos os 30 pontos levantados em campo de verificação em relação aos pontos homólogos selecionados tanto na imagem corrigida, quanto na não corrigida. A **Figura 7** que representou estes pontos. Logo, foram selecionados 15 pontos de verificação em relação aos homólogos na imagem corrigida e não corrigida geometricamente. Para esta análise, a escolha destes pontos justifica-se devido à localização dos mesmos, uma vez que correspondem aos pontos que se encontram ao centro da imagem, ou seja, no local da área de estudo do presente trabalho.

Por fim, utilizaram-se 5 pontos de verificação em relação aos pontos homólogos selecionados tanto na imagem corrigida, quanto na não corrigida. Optou-se, desta vez, por uma quantidade menor de pontos para que fosse executada uma última análise.

A seleção foi realizada através de dois pontos ao extremo da imagem e um ponto central, apresentada na **Figura 8**. Utilizou-se, então, a imagem corrigida com as coordenadas provenientes do GNSS do VANT para a validação dos dados utilizando pontos extraídos da imagem e seus homólogos obtidos com GNSS - Campo para 30, 15 e 5 pontos. No segundo momento foi feita a validação dos dados utilizando os pontos de checagem extraídos dessa imagem com os homólogos obtidos com GNSS - Campo para 30, 15 e 5 pontos, utilizando os pontos de controle como pontos de checagem.

**Figura 8:** Representação dos 5 pontos selecionados aleatoriamente na imagem.



Fonte: Pelegrini, 2017.

## VALIDAÇÃO DOS DADOS

Para que se fosse realizada a comparação dos dados e sua devida validação, junto com as coordenadas obtidas pelo levantamento de campo, coletaram-se os pontos na imagem. O **Quadro 3** apresenta as discrepâncias entre os pontos homólogos da imagem não corrigida e os pontos do terreno.

**Quadro 3:** Discrepâncias em E e N entre os pontos homólogos da imagem não corrigida e os do terreno.

ID	Discrepância E	Discrepância N
P1	-0,35	0,07
P2	-0,54	0,22
P3	0,01	-1,03
P4	-0,59	-0,55
P5	-0,32	-0,84
P6	-0,79	-0,68
P7	0,75	0,89
P8	0,87	0,61
P9	0,48	0,80
P10	0,70	0,12
P11	0,05	0,66
P12	0,66	0,62
P13	-0,86	-0,28
P14	-0,23	-1,29
P15	-0,59	-0,23
P16	-0,11	0,58
P17	-0,14	-0,80
P18	-0,70	-0,44
P19	-1,04	-0,22
P20	-1,35	-0,06
P21	-1,55	-0,15
P22	-1,72	-0,39
P23	0,40	-1,28
P24	0,12	-1,70
P25	-0,17	-2,06
P26	-0,79	-1,65
P27	-0,50	-1,83
P28	-1,10	-1,49
P29	-0,90	-1,41
P30	-1,81	-0,68

Fonte: Pelegrini, 2017.



Conforme o **Quadro 3**, observa-se que as discrepâncias (sem uso de controle de campo) divergem das discrepâncias entre coordenadas do terreno e da imagem corrigida com controle de campo, sendo as discrepâncias menores no segundo caso. Já era esperado uma vez que a precisão do receptor GNSS acoplado no VANT é inferior a precisão do receptor utilizado para geração dos pontos de controle.

Analisando as discrepâncias das coordenadas dos pontos com uso da imagem sem correção com apoio de campo, nota-se que as discrepâncias dos pontos localizados ao centro do cemitério são menores se comparadas aos da extremidade. Observa-se ainda que o sentido da maioria desses pontos do interior da imagem segue o mesmo padrão, diferentemente dos demais.

Este diferencial entre as discrepâncias das coordenadas em pontos extremos e pontos centrais acontece devido à sobreposição das cenas durante a geração do mosaico, uma vez que a região central do produto possui maior quantidade de fotos (como dito anteriormente, chega a sobrepor 9 fotos) conseqüentemente melhorando o ajustamento do bloco de imagens nestas localidades, contrapondo-se aos locais com menor densidade de fotos, a extremidade. Outra possível explicação se deve ao fato da incidência de distorção radial que ocorre do centro para as bordas da fotografia.

## RESULTADOS DA CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM

De posse das análises, calcularam-se média, desvio padrão, variância, RMS (Valor Eficaz), entre outras variáveis de todas as coordenadas para, a partir disso, obter a classificação final do produto e verificar a sua qualidade posicional. Ressalta-se que a aplicação de tais testes estatísticos fora realizada através do o *software* GEOPEC, sendo os dados normais ao nível de confiança de 95%. Apresentam-se, no **Quadro 4**, os resultados obtidos.

**Quadro 4:** Resultados obtidos através do GEOPEC.

QUANTIDADE DE PONTOS	ESCALA	PRODUTO ACURADO	PRODUTO PRECISO	AMOSTRA TENDENCIOSA	CLASSE
30 (Imagem Sem Correção)	1:2000	NÃO	SIM	SIM	C
30 (Imagem Com Correção)	1:1000	SIM	SIM	NÃO	A
15 (Imagem Sem Correção)	1:2000	SIM	SIM	NÃO	C
15 (Imagem Com Correção)	1:1000	SIM	SIM	NÃO	C
5 (Imagem Sem Correção)	1:1000	SIM	SIM	NÃO	C
5 (Imagem Com Correção)	1:1000	SIM	SIM	NÃO	A

Fonte: Pelegrini, 2017.

A partir das análises cujas coordenadas homólogas foram coletadas através da imagem corrigida geometricamente, as amostras não apresentaram tendência, ou seja, o produto corrigido não possuiu erros sistemáticos. Por outro lado, quando se trabalhou com os dados capturados pela imagem sem correção, obteve-se uma classificação, porém um caso apresentou amostras tendenciosas. Pode-se observar no **Quadro 4** que ao utilizar os 30 pontos sem correção as amostras foram tendenciosas.

Como o programa trabalha com a média das discrepâncias, as análises realizadas com todos os 30 pontos coletados apresentaram-se tendenciosos devido à redundância dos dados durante o processo dos cálculos, uma vez que a quantidade de pontos levantados em campo ao centro da imagem é igual à das extremidades da imagem.

Ressaltam-se que, através das análises que utilizaram 15 pontos coletados em ambas as imagens, obteve-se produto acurado, preciso e livre de tendência. Isso se justifica devido à sobreposição dos pontos na imagem. Pelo fato de serem amostras das coordenadas centrais na imagem, obtiveram maior quantidade de fotografias em sua geração.

## CONCLUSÃO

A partir do *software* GEOPEC, podem ser adotadas normas de acurácia posicional com o objetivo de eliminar subjetividade ao detectar como os dados estão distribuídos em toda a área de estudo. Com isso, ressalta-se que, se os pontos utilizados bem distribuídos ou não, serão reconhecidos com suas devidas condições, porém, é importante que seja feita a análise estatística para aperfeiçoar este processo.

A princípio, nota-se que não se descarta um dado espacial porque ele é tendencioso, já que este pode servir para a determinação de áreas, distâncias e ângulos entre feições, se a escala estiver consistente. O principal foco do controle de qualidade é avaliar o conjunto de dados e apresentar sua classe para quais fins este pode ser aplicado.

Por fim, conclui-se que, para cadastramento do cemitério, o trabalho atingiu o objetivo esperado uma vez que se apresentou aconselhável para utilização de ambas as imagens (corrigida e não corrigida geometricamente), uma vez que todas as análises obtiveram classificação e apenas em um dos testes realizados apresentou tendência nas amostras.

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, P. et al. **Fundamentos para Fotointerpretação**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 1982.

ANDRADE, J.B. de. **Fotogrametria**. Curitiba: SBEE, 1998.

ARIZA, F.J.; ATKINSON, A.D. Analysis of Some Positional Accuracy Assessment Methodologies. **Journal of Surveying Engineering** 134 (2). American Society of Civil Engineers:45–54. 2008.

CAMBOIM, S. P.; SLUTER, C. R. (2009) The National Topographic Mapping as an Indispensable Database for a Brazilian National Spatial Data Infrastructure (NSDI). In:

Proceedings of the XXIV International Cartographic Conference (p. 15-21). Santiago de Chile: NSDI.

COELHO, L.; BRITO, J. **Fotogrametria digital**. 2. ed. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2007.

CRÓSTA, A. P. Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto. 1992. Disponível em: <https://docplayer.com.br/6298063-Especificacao-tecnica-para-a-aquisicao-de-dados-geoespaciais-vetoriais-et-adgv.html> Acesso em: 27 ago. 2021.

DALMOLIN, J. A. **Avaliação do uso da fotogrametria digital em levantamentos topográficos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico de Joinville, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/191768> Acesso em: 27 ago. 2021.

DSG. 2011. Especificação Técnica Para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ETADGV).

GALO, M.; CAMARGO, P.O. 1994. "O Uso Do GPS No Controle de Qualidade de Cartas." In: 1º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, Brazil.

IBGE. Noções básicas de Cartografia. Manuais Técnicos em Geociência. Nº8, 1989.

ISO. 2002. ISO 19113: Geographic Information - Quality Principles. JIMÉNEZ-RUEDA, J. R., NUNES, E., MATTOS, J. T. (1993). Caracterização fisiográfica e morfoestrutural da Folha São José de Mipibu – RN. Geociências, 12(2), 481-491.

JARDIM, H. C. M.; GOMES, G. A. M. Utilização da fotogrametria para levantamentos topográficos na construção civil. 2020. Disponível em: <repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/1318/1/Hugo%20C%c3%a9sar%20Mendes%20Jardim.pdf> Acesso em: 27 ago. 2021.

KEATES, J. S. **Cartographic Design and Production**. New York: Longman. 1973.

MACHADO, A. A.; CAMBOIM, S. P. Mapeamento colaborativo como fonte de dados para o planejamento urbano: desafios e potencialidades. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana** [online]. 2019, v. 11, e20180142. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180142>>. Epub 27 Jun 2019. ISSN 2175-3369. e20180142. Acesso em: 27 ago. 2021.

MENEZES, P. M. L.; FERNANDES, M. C. **Roteiro de Cartografia**. São Paulo: Oficina de Textos, 288, 2013.

MERCHANT, D.C. 1982. "Spacial Accuracy for Large Scale Line Maps." In: Technical Congress of Surveying and Mapping, 222–31.

MONTGOMERY, D.C; RUNGER, G.C. 2010. Applied Statistics and Probability for Engineers.

NERO, M.A. 2005. "Propostas para o Controle de Qualidade de Bases Cartográficas com Ênfase na Componente Posicional." São Paulo, Brasil: Escola Politécnica da USP.

NOGUEIRA Júnior, J.B., MONICO J.F.G, and TACHIBANA, V.M. 2004. "Tamanho da amostra no controle de qualidade posicional de dados cartográficos." Boletim de Ciências Geodésicas.

NERO, M.A. 2005. "Propostas para p Controle de Qualidade de Bases Cartográficas com Ênfase na Componente Posicional." São Paulo, Brazil: Escola Politécnica da USP, Brazil.

NICHOLS, S. Land Registration: Managing Information for Land Administration. Technical Report #168, Depat. of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, Canada, 1993.

PAIXÃO, S. K. S.; NICHOLS, S.; CARNEIRO, A. F. T. Cadastro Territorial Multifinalitário: dados e problemas de implementação do convencional ao 3D e 4D. **Boletim de Ciências Geodésicas** [online]. 2012, v. 18, n. 1, pp. 3-21. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1982-21702012000100001>>. Epub 11 Abr 2012. ISSN 1982-2170. Acesso em: 27 ago. 2021.

ROSA, R.; BRITO, J. L. S. **Introdução ao Geoprocessamento**: Sistema de Informações Geográficas. Uberlândia, 1996.

SANTOS, A. P. Avaliação Da Acurácia Posicional Em Dados Espaciais Com O Uso de Estatística Espacial. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Brasil, 2010.

TOMMASELLI, A. M. G. **Fotogrametria Básica**. 2004. p. 181.

WONG, D.W.S.; LEE, J. "Statistical Analysis of Geographic Information with ArcView GIS and ArcGIS." John Wiley & Sons. 2005.

Recebido em: 18/03/2021

Aprovado em: 05/07/2021