

AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA CARTOGRÁFICA PLANIMÉTRICA DO PRODUTO GERADO A PARTIR DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA (RPA)

*Evaluation of the planimetric cartographic accuracy of the product
generated from a remotely piloted aircraft (RPA)*

Jean Lucas Paes de Farias¹

Ivan Merêncio²

Carlos Antonio Oliveira Vieira³

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial

Centro Tecnológico da UFSC

Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima

Rua Delfino Conti, s/n - Trindade, Florianópolis - SC, 88040-900

jean.farias@posgrad.ufsc.br¹

ivanmerencio@gmail.com²

carlos.vieira@ufsc.br³

Resumo:

Esta pesquisa avaliou a precisão cartográfica de um ortofotomosaico da cidade de Paulo Bento no Rio Grande do Sul-RS, de acordo com o Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC (Decreto Nº 89.817/1984), verificando sua aplicabilidade para o cadastro técnico multifinalitário (CTM). Os produtos oriundos da aerofotogrametria são importantes no processo de implantação ou atualização do CTM, porém tornam-se inviáveis para municípios de pequeno porte. A utilização de aeronave remotamente pilotada (RPA) tornou-se uma alternativa atrativa como plataforma de imageamento e consequentemente viabilização dos custos, no entanto deve-se verificar o seu enquadramento quanto a acurácia cartográfica. Desta forma, essa pesquisa classificou um ortofotomosaico de acordo com a PEC, visando a aplicação para o CTM. Para isso, considerou-se uma área de estudos de 74 ha, contemplando a área urbana municipal com uma amostra de 27 pontos. O procedimento englobou a definição de número de pontos da amostra, extração das coordenadas do ortofotomosaico e sua correspondência no levantamento cadastral, análise do padrão de distribuição espacial e de tendência e classificação do produto quanto a PEC, com o auxílio do software GeoPEC 3.5. Os resultados preliminares apontam que o produto foi classificado como classe A (acurado e sem tendências) para a escala 1:1000. Observa-se que o uso de RPAs para municípios de pequeno porte frente a gestão territorial se apresentam como uma alternativa adequada, desde que seguidos os princípios da fotogrametria e da cartografia.

Palavras-chave: Precisão Cartográfica; Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC); GeoPEC; Gestão Territorial.

Abstract

This research evaluated the cartographic accuracy of a orthophotomosaic from Paulo Bento Municipality at Rio Grande do Sul State, in accordance with the Cartographic Accuracy Standards (Decree No. 89.817 / 1984), verifying its applicability to the Cadastre. Products from aerophotogrammetry are important for cadastre use, however their costs are not feasible for small municipalities. The application of the remotely piloted aircraft (RPA) became an attractive alternative as an imaging platform and consequently feasibility of their costs, however, it is extremely important be verified for its cartographic accuracy. In this way, the research classified

an orthophotomosaic according to the Brazilian Cartographic Accuracy Standards, aiming its application to the Cadastre. Thus, it was considered a study area of 74 ha, covering the municipal urban area with a sample of 27 points. The process involved the definition of number of points of the sample, extraction of the coordinates of the orthophotomosaic and its correspondence in the cadastral survey, analysis of the pattern of spatial distribution and trend and classification of the product according to Cartographic Accuracy Standards, using the GeoPEC 3.5 software. The preliminary results show that this product was classified as classe “A” (accurate and without tendencies) for 1:1000 scale. It is observed that the use of RPAs for small municipalities facing the territorial management seems to be an adequate alternative, since strictly follow photogrammetry and cartography principles.

Keywords: Cartographic Accuracy; Cartographic Accuracy Standard (PEC); GeoPEC; Territorial Management

1. INTRODUÇÃO

O Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM) contempla os aspectos econômicos, físicos e jurídicos, ambientais e sociais do imóvel e das pessoas que o habitam. Também conhecido como Cadastro Geral ou Integral, estrutura-se a partir da integração entre as instituições envolvidas com o território, como: registro de imóveis, prefeituras e empresas de serviços. Vale ressaltar que o CTM trata das medidas cartográficas aliadas as variáveis que caracterizam o uso e a ocupação do solo e das pessoas que nela habitam (LOCH e ERBA, 2007).

CTM é fundamentado em diversos mapas temáticos, e quando relacionados entre si, são ferramentas ideais para o planejamento (HEOFACKER, 2004). Os Mapas que devem compor o CTM são: cadastro da rede viária urbana, cadastro da rede de drenagem, cadastro imobiliário, cadastro planialtimétrico, cadastro tributário, cadastro de área verde e de lazer, cadastro de serviços de infraestrutura e cadastro de glebas (LOCH e ERBA, 2007).

Para a obtenção de dados cadastrais são utilizados métodos geodésicos, topográficos, aerofotogramétricos, entre outros. Entretanto, alguns dessas alternativas de levantamentos das feições em campo tornam-se inviáveis para municípios de pequeno porte. Considerando que esse produto é imprescindível para o cadastro, novas tecnologias para obtenção de imagens vêm sendo desenvolvidas e utilizadas, destacando-se os produtos das aeronaves remotamente pilotada (RPA).

Sendo assim, o objetivo principal deste trabalho é avaliar a acurácia posicional planimétrica, obtida em produto gerado por RPA (Aeronave Remotamente Pilotada). Verificando assim, a sua efetiva aplicabilidade para o cadastro técnico multifinalitário.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Fotogrametria e uso dos RPAs

A fotogrametria, segundo Thompson e Gruner (1980), é a arte, ciência, e tecnologia de obtenção de informações confiáveis sobre os objetos físicos e o meio ambiente através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas e padrões de energia eletromagnética radiante e outros fenômenos.

De acordo com Loch e Lapolli (1994), fotogrametria pode ser conceituada como a ciência e a tecnologia de obter informações seguras acerca de objetos físicos e do meio através de processos de registro, medição e interpretação das imagens fotográficas.

A medida que a necessidade por mapeamentos em pequenas áreas vem crescendo a aquisição de dados vem evoluindo, observado o atual estado da arte em se tratando de aerofotogrametria com a utilização RPA (Aeronave Remotamente Pilotada), o mesmo se apresenta como uma alternativa para aquisição de imagens aéreas. Diversos autores (ZHANGE; KOVACS, 2012; PÉREZ et al., 2013; ZALAS et al., 2016; GALLACHER, 2015; e SMACZYŃSKI; GULIJ, 2017) enfatizam a importância desta tecnologia atrelada ao trabalho de pesquisa e desenvolvimento de metodologias, permitindo uma maior automatização deste processo.

Dentre as regulamentações sobre RPA, podemos destacar a: Informações Aeronáuticas (AIC) N°. 23/2018, que é uma Circular com a finalidade de regulamentar os procedimentos e responsabilidades necessários para o acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro por aeronaves remotamente pilotadas (RPA), com uso exclusivamente voltado às operações dos Órgãos ligados aos Governos: Federal, Estadual ou Municipal, em vigor desde 11 de junho de 2018. Essa circular destaca no item 2.3 As operações aéreas dos Órgãos ligados ao Governo compreendem, entre outras, as atividades típicas de prevenção, em proveito da saúde pública e da população e de fiscalização e acompanhamento, em proveito do Estado, tais como:

- a) Recadastramento imobiliário;
- b) Monitoramento de segurança;
- c) Monitoramento e controle ambiental
- c) Combate a endemias (BRASIL, 2018).

Com isso observa-se a atenção do Ministério de Defesa, na utilização do RPA em proveito do estado, dentro das quais destacamos o recadastramento imobiliário, que a partir desta resolução já regulamenta a utilização do RPA com uma série de precauções para estas atividades.

2.2. Ortofoto

Ortofoto é um produto da fotogrametria, onde se modifica as fotografias tradicionais de uma geometria com perspectiva central para uma projeção ortográfica (MIKHAIL et al., 2001). As ortofotos em ambiente digital consistem em imagens digitais com projeção cartográfica, para se gerar uma ortofoto digital a partir de uma imagem aérea digital é necessário conhecer os parâmetros de orientação interior e exterior da câmara no instante da tomada da aerofoto e também o modelo digital do terreno (MDT) no sistema cartográfico requerido (ANDRADE, 1998).

2.3. Cadastro Técnico Multifinalitário e Atualização Cadastral

O impacto que o mapeamento tem na tomada de decisões, nos mostra sua importância frente a gestão territorial, porém em grande parte observamos uma escassez e desatualização dos dados cartográficos.

De acordo com Souza (2007), no que diz respeito a realidade urbana o problema se torna ainda maior pois o dinamismo das alterações é crescente, criando cenários diferentes

com frequência.

Souza (2007), ainda ressalta que todas as alterações que ocorrem no cenário urbano deveriam ser demonstradas em cartas cadastrais utilizadas pelos diversos setores que compõem a administração municipal, pois a partir destas é possível levantar informações que podem ser base para tomada de ações das mais variadas finalidades.

Muitos mecanismos surgiram para facilitar e reduzir os custos de implantação e atualização cadastral trazendo a questão sobre o investimento em tecnologias em discussão, com isso o uso de tecnologias de baixo custo sempre deve considerar se irá afetar a qualidade do produto.

Potsiou e Ioannidis (2003) apud Souza (2007), afirmam que os levantamentos de campo na América Latina, consomem cerca de 70% a 80% do custo total dos projetos, mostrando a falta de otimização em torno da obtenção e compilação de dados em campo, se comparado com a obtenção destes dados no Cadastro Helênico, demonstrando que uma das razões deste custo é a falta de recursos humanos ou tecnológicos.

A utilização de RPA, corrobora para que se tenha levantamento de dados espacializados de forma rápida, reduzindo o custo total do projeto em campo. Muito, embora a problemática seja voltada ao processamento dos dados, o qual exige softwares e hardwares mais específicos para produção cartográfica. Esta tecnologia vem ganhando espaço, aprimoramento e estudos.

Diante desta situação, observa-se que a atividade de fotogrametria com RPAs, tende a avançar muito, à medida que novas empresas e modelos de aeronaves são criados, com isso a comunidade de profissionais deve-se manter atualizada para que assim esteja preparada para este setor e essa nova modalidade de levantamentos que vem se consolidando, para que assim possa ser produzida uma base cartográfica com precisão.

De acordo com Loch e Erba, (2007) a base cartográfica é uma representação que contém elementos planialtimétricos fundamentais de uma porção do território, reproduzida de acordo com convenções predeterminadas e com alta precisão métrica para que sirva de referência em projetos e elaboração de cartas temáticas.

2.3. Padrão de Exatidão Cartográfica

A importância da acurácia posicional cartográfica no controle de qualidade pode ser definida como: a identificação de incoerências e o nível de qualidade dos dados. Além disso, determinar soluções para a minimização e/ou a não propagação das incoerências deste dado, indicando qual a possível utilização do mesmo em termos de extração de feições cartográficas e informações geométricas (SANTOS, 2010).

De acordo com Nogueira Júnior (2003), para o controle de qualidade de produtos cartográficos é necessário a análise de diversos elementos sendo a qualidade posicional do produto cartográfico a mais importante, no Brasil, é utilizada a PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) e EP (Erro-Padrão). Em sua redação a PEC aborda as tolerâncias definidas pela escala dos dados e quanto a planimetria e altimetria, sendo que no contexto desse trabalho, apenas os itens que estão relacionando a planimetria serão destacados.

O Decreto Nº 89.817, de 20 de junho de 1984, que estabelece as Instruções reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional, define Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC.

Neste decreto foi estabelecido os padrões mínimos a serem adotados no

desenvolvimento das atividades cartográficas, após apresentação à Comissão Nacional de Cartografia - CONCAR, para homologação e inclusão à Coletânea Brasileira de Normas Cartográficas (BRASIL, 1984).

A Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG) publicou em 2010 as Especificações Técnicas de Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV) o qual este documento está ligado a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) criada em 2008 pelo Decreto lei nº 6.666, o qual a (ET-ADGV).

A mesma esclarece como deve ser a aplicação do Decreto nº 89.817, onde é criada uma classe mais restritiva para os produtos cartográficos digitais (PEC-PCD). As cartas, quanto a sua exatidão, devem obedecer aos seguintes critérios, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Valores do PEC e do EP segundo decreto nº 89.817/ET-ADGV

Classe (PEC)	Classe (PEC-PCD)	Planimetria	
		PEC	EP
-	A	0,28 mm	0,17 mm
A	B	0,5 mm	0,3 mm
B	C	0,8 mm	0,5 mm
C	D	1,0 mm	0,6 mm

Fonte: Adaptado de Santos et al. (2016b, p. 11).

De acordo com (BRASIL, 1984; BRASIL, 2010; SANTOS, 2010; SANTOS et al., 2016a), o enquadramento dos produtos cartográficos em determinada escala e classe, segundo o padrão de acurácia posicional pelo decreto nº 89.817/ET-ADGV, devem ser atendidas as seguintes condições:

“SEÇÃO I

Classificação de uma Carta quanto à Exatidão.

Art 8º - As cartas quanto à sua exatidão devem obedecer ao Padrão de Exatidão Cartográfica - - PEC, seguinte o critério abaixo indicado:

1. Noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico - estabelecido

§ 1º - Padrão de Exatidão Cartográfica é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos.

§ 2º - A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro-Padrão - PEC = 1,6449 EP.

§ 3º - O Erro-Padrão isolado num trabalho cartográfico, não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfica.

§ 4º - *Para efeito das presentes Instruções, consideram-se equivalentes as expressões Erro-Padrão, Desvio-Padrão e Erro-Médio-Quadrático.*”(BRASIL, 1984).

Ou seja, os pontos devem estar bem definidos e levantados a campo, e ainda deverão apresentar alta acurácia, com valores de discrepâncias posicionais iguais ou inferiores ao valor de tolerância “PEC” em relação à escala e classe testada. No quesito RMS da amostra de discrepâncias posicionais deve ser igual ou inferior a tolerância “EP” definida pela norma e classe testada.

2.4. Amostragem

Todo o processo envolvido na obtenção e extração de amostras é chamado de amostragem. Nogueira Junior (2003) ressalta a importância de se utilizar processos adequados para se atingir o sucesso na análise estatística, [...] cuidado especial deve ser tomado quanto aos critérios usados na seleção da amostra, pois, caso se cometa erros grosseiros na seleção dos elementos da mesma, o trabalho todo ficará comprometido e os resultados finais serão, provavelmente incorretos. A amostragem abordada nesta avaliação será aleatória, conhecida em algumas literaturas como casual simples ou elementar.

O tamanho das amostras para avaliação da exatidão de um mapa deve ser realizada a partir da comparação das coordenadas contidas no terreno confrontando as com as do mapa, de acordo com Merchant (1982), pelo menos 20 pontos bem definidos devem ser avaliados.

A Norma da Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais ET-CQDG baseia-se na ISO 2859-1:1999 e ISO 2859-2:1985 para definição dos procedimentos amostrais. Que consideram quatro pilares para a aplicação desses procedimentos: lote, item, limite de qualidade aceitável (LQA) e qualidade limite (QL) (BRASIL, 2016).

O LQA é o pior resultado aceitável (como taxa de erro) para determinado processo de avaliação sendo aplicado nos procedimentos lote a lote. A QL representa um nível de qualidade para uma baixa probabilidade de aceitação, destinada para o procedimento de lote isolado (ISO, 1999).

Classificam-se como produtos cartográficos isolados, lotes com quantidade de itens inferiores a 10, podendo-se citar, como exemplo: mapas editorados para impressão, imagens ortorretificadas, cartas imagem, entre outros (IBGE, 2017).

A ET-CQDG sugere a utilização do nível de inspeção II e LQA igual a 4%, que corresponde a um QL de 20% (BRASIL, 2016).

2.5. Testes Estatísticos

De acordo com Santos et al., (2016b, p. 3), em casos onde o padrão de amostragem se apresentar agrupado, apenas parte desta região poderá ser avaliada, não podendo ser estendida sobre toda a área de abrangência a avaliação. Dentre as técnicas estatísticas a serem aplicadas nesta área, de acordo com Santos et al., (2016b), destaca-se algumas técnicas de estatística espacial como o método do vizinho mais próximo e a *função K de Ripley*, dos quais pode-se analisar as amostras quanto a sua distribuição espacial.

Ainda segundo Santos et al., (2016b), a análise de tendências dos dados tem implicações com erros sistemáticos, os quais comprometem a sua integração em um banco de

dados, resultando conseqüentemente a representação incorreta da realidade espacial.

De acordo com Santos et al. (2016b), no quesito das avaliações de acurácia posicional, as quais analisam tendência, o teste de hipótese de *t de Student*, se apresenta consolidado. O teste *t de Student*, exige da amostra, discrepâncias posicionais e assume uma distribuição normal, no caso de hipóteses sem distribuição normal dos dados, é necessário utilizar estatísticas espaciais simples, que retornem a média direcional das discrepâncias e variabilidade desta média, resultando então em um dado espacial com ou sem a presença de tendência (MERCHANT, 1982).

O *software* GeoPEC 3.5 disponibiliza dois métodos para a análise de tendência: teste *t de student* e média direcional aliada à variância circular. No Primeiro, é necessário que a amostra tenha distribuição normal, nesse caso, o teste Shapiro-Wilk é responsável por verificar o atendimento da normalidade.

Shapiro e Wilk (1965) afirmam que o teste de Shapiro-Wilk é eficiente para diferentes distribuições e tamanhos de amostras. Nesse sentido, Leotti *et al.*, (2005) consideram que o teste de ShapiroWilk é o melhor teste de aderência à normalidade.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo se situa no estado do Rio Grande do Sul – RS, na mesorregião do noroeste Rio-Grandense e à Microregião de Erechim, com população segundo estimativa do IBGE de 2016 de 2.302 habitantes com área do município de 148.184 km². No perímetro urbano a topografia se apresenta ondulada.

A avaliação realizada neste estudo é um ortofotomosaico, demonstrado na figura 1, disponibilizado por uma empresa privada, que recobre o perímetro do município. Definiu-se um polígono abrangendo a zona urbana, de aproximadamente 74 ha, para definição dos pontos da amostra.

3.2. Materiais

A avaliação da exatidão cartográfica a partir de um levantamento cadastral em um município de pequeno porte no interior do Rio Grande do Sul. Serão utilizados dados da atualização cadastral, levantamento topográfico, e um levantamento fotogramétrico feito com RPA (*Remotely Piloted Aircraft*) uma característica importante deste RPA, que produziu as imagens é ter em sua plataforma um sensor de variação de relevo ao qual o mesmo o acompanha para gerar aerofotos na mesma escala.

As imagens foram obtidas no ano de 2017. Todos os testes estatísticos efetuados na avaliação foram realizados com a utilização do *software* GeoPEC, versão 3.5 de 2018, desenvolvido por Santos, (2018) disponível no banco de dados da UFV – Universidade Federal de Viçosa.

Fez-se uso do *software* Autocad 2018, versão estudante, para a extração das coordenadas das feições foto identificáveis contidas na carta cadastral produzida a partir do Ortofotomosaico e as coordenadas de pontos homólogos levantados a campo com receptor GNSS, através do método de correção em tempo real, sobre a técnica de *Real Time Kinematic*

(RTK), cujas coordenadas estavam georreferenciadas no datum SIRGAS 2000, sistema de projeção UTM, Fuso 22J, hemisfério Sul.

O ortofotomosaico avaliado, contém as seguintes especificações técnicas, conforme tabela 2.

Tabela 2: Características Técnicas do Ortofotomosaico.

Características Técnicas do Ortofotomosaico		
GSD (<i>Ground Sampling Distance</i>)	5,53 cm	2,17 in
Área Recoberta	478,0365 ha	4,7804 km ²
Tempo de Processamento	01h29m59s	
Quantidade de Imagens Total	1249	
Pontos de Controle	15	Média RMS = 0,019 m
Sistema de Coordenada	SIRGAS 2000/UTM FUSO 22J	
Formato de Arquivo	ECW	

Fonte: Relatório de Processamento (2017).

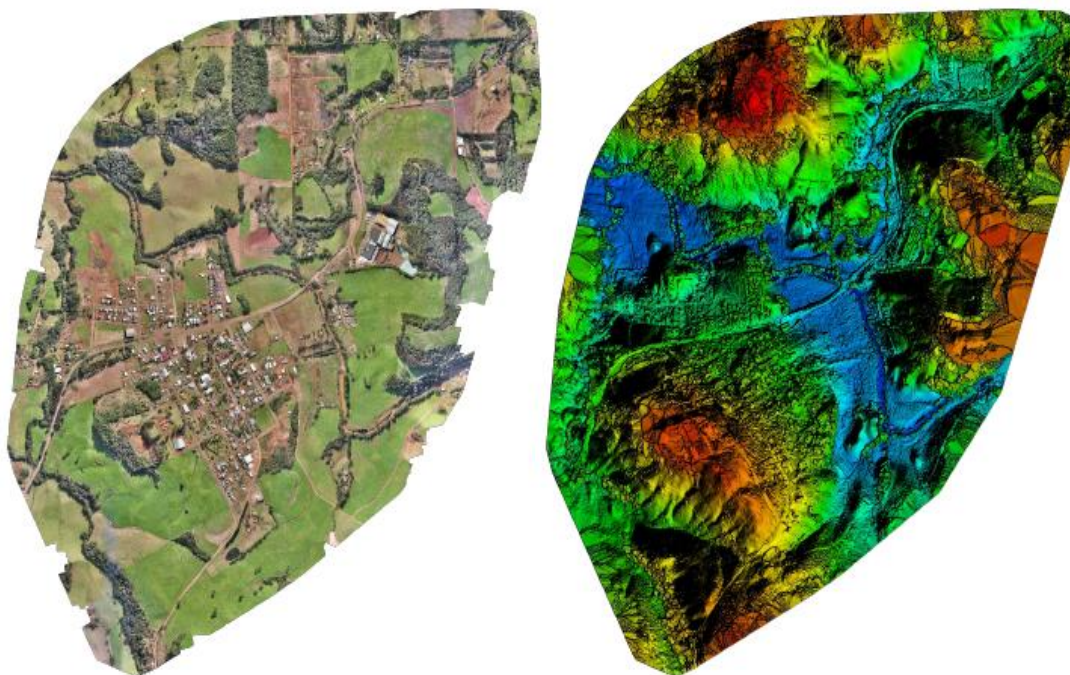


Figura 1 – Ortofotomosaico e MDT da área de estudo

Fonte: Relatório de Processamento (2017).

O *software Microsoft Excel 2013* foi utilizado para formatação das coordenadas avaliadas e exportação para a extensão .CSV, para posteriormente serem inseridas no GeoPEC 3.5.

3.3. Métodos

Após a obtenção dos dados necessários ao estudo, buscou-se definir o número de pontos que deveriam compor a amostra. O procedimento ocorreu no *software* GeoPEC 3.5 através da ferramenta amostragem.

Dentre os métodos disponíveis, optou-se por utilizar o método proposto na ET-CQDG. Para isso, foi necessário informar a área de estudo de 0,74 Km² e a escala pretendida, nesse caso 1:1000, levando em consideração a NBR 14.166 de 1998, que define que a planta de quadra deve estar na escala 1:1000 ou 1:500.

Com isso, foi possível obter o número de células que corresponde a 462, essa informação foi inserida na função lote isolado, juntamente com o nível de inspeção tipo II e o LQA de 4%, que resultaram em uma amostra de no mínimo 20 pontos.

Com o ortofotomosaico e o levantamento cadastral inseridos no Autocad 2018, fez-se a coleta de coordenadas *N* e *E* dos vértices, que totalizaram 27 pontos distribuídos ao longo da zona urbana de 74 ha, representados em ponto azul, como ilustra a Figura 2.

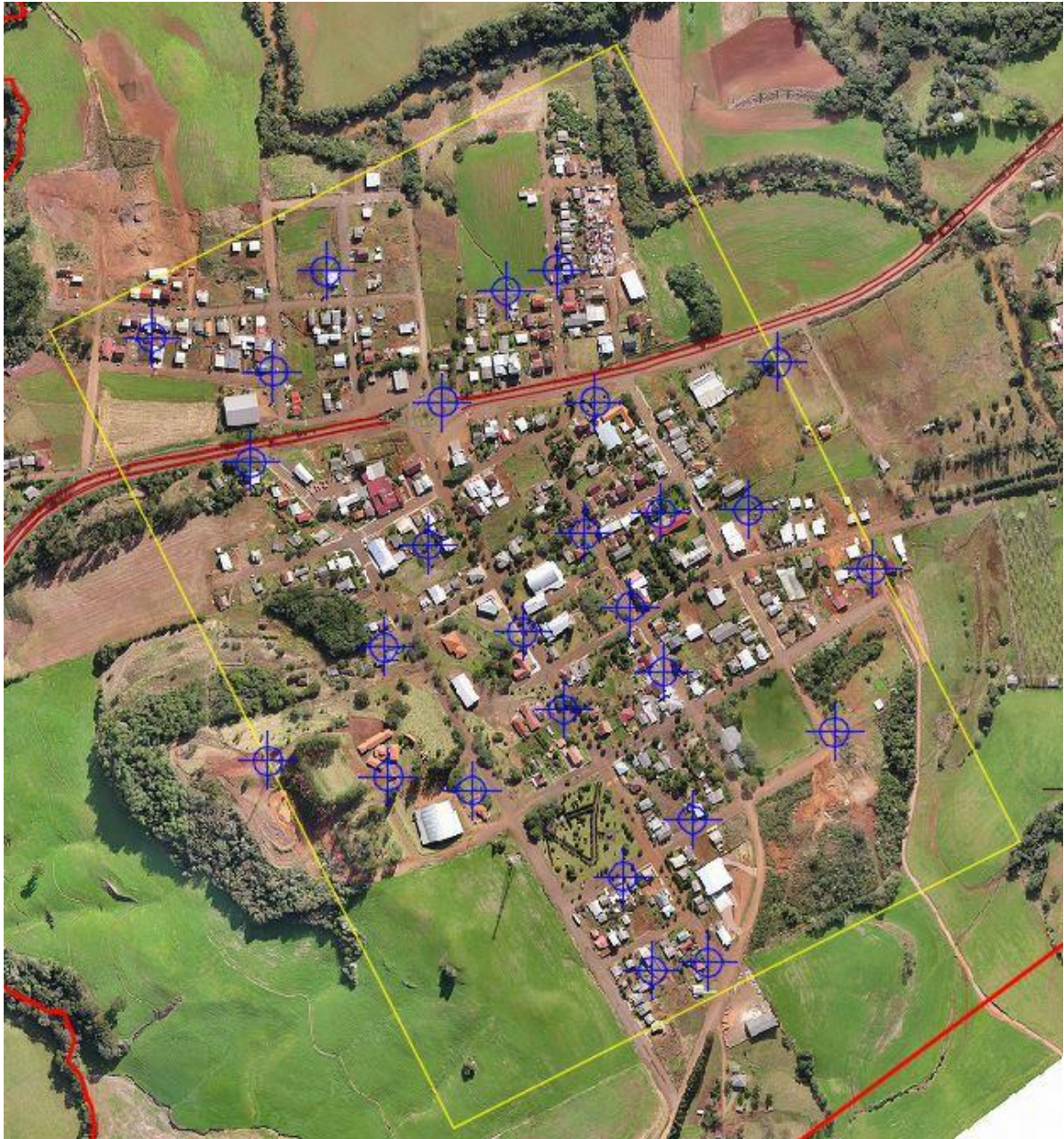


Figura 2: Distribuição das amostras.

Fonte: Dos Autores.

No *software Microsoft Excel* organizou-se as coordenadas por colunas entre as de referência, oriundas do levantamento cadastral, e as de teste, provenientes do ortofotomosaico, na seguinte sequência: Nome do Ponto, Eref, Nref, Zref, Etest, Ntest, Ztest, sendo que o Zref e o Ztest foram estipulados como 0,00, pois a avaliação ocorreu apenas na componente planimétrica. Por fim, converteu-se o arquivo para o formato .CSV.

A ferramenta “Acurácia Posicional (Decreto 89.817 / ET-CQDG) - Planimetria” do GeoPEC 3.5 foi utilizada para avaliação da acurácia planimétrica, para isso foi necessário

informar a escala e a área de avaliação.

Por fim, gerou-se o relatório com os resultados do processamento de dados para verificar o enquadramento em relação às exigências estatísticas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização do Padrão de Distribuição Espacial

Santos et al. (2016b) afirma que o padrão de distribuição dos pontos de checagem deve ser disperso ou aleatório, caso contrário, é necessário refazer a amostragem para se obter o padrão desejado.

O GeoPEC 3.5 emprega a estatística do vizinho mais próximo em várias ordens para determinar o padrão de distribuição espacial, visando o conhecimento deste, em nível local e regional (WONG e LEE 2005).

Nesse quesito, os dados foram classificados como padrão disperso nas três ordens, conforme Figura 3, pois o “R observado” é maior que o “R esperado”, confirmando que os pontos de checagem foram bem distribuídos espacialmente e são significativos estatisticamente.

Estatística do Vizinho mais Próximo		
1ª ordem	2ª ordem	3ª ordem
R observado = 110,9607	R observado = 148,8407	R observado = 173,2487
R esperado = 82,7759	R esperado = 124,1639	R esperado = 155,2048
Índice R = 1,3405	Índice R = 1,1987	Índice R = 1,1163
Z calculado = 3,3847 SE= 8,3271	Z calculado = 2,8454 SE= 8,6724	Z calculado = 2,0542 SE= 8,7839
Z tabelado = 1,96		
Resultado = Padrão DISPERSO (significativo estatisticamente)	Resultado = Padrão DISPERSO (significativo estatisticamente)	Resultado = Padrão DISPERSO (significativo estatisticamente)

Figura 3 – Resultados do padrão de distribuição espacial

Fonte: Autores

4.2. Detecção de *Outliers*

Outliers são resíduos que, estatisticamente, se diferenciam do conjunto de dados ao qual pertencem. Geralmente, são causados por erros grosseiros (MELO e CASTRO, 2013).

Para os dados utilizados não houve a identificação de *outliers*. Vale ressaltar que na ocorrência deste, deve-se verificar a presença do erro grosseiro, que se constatada, o dado é eliminado, caso contrário, o valor é representativo da qualidade posicional do objeto avaliado (SANTOS et al., 2016).

4.3. Teste de Tendência

Com auxílio do teste de ShapiroWilk verificou-se que a amostra apresenta distribuição normal nas componentes N, E e 2D (posicional) com um nível de confiança de 95%, como

mostra a TABELA 3, a seguir.

Tabela 3 – Teste de Shapiro-Wilk indicando a normalidade

Componente	W_{Calc}	p-value	Resultado
N	0,964	0,4535	Amostra Normal
E	0,9526	0,2476	Amostra Normal
2D	0,9557	0,2938	Amostra Normal

Fonte: Relatório do GeoPEC.

Ao apresentar normalidade, foi possível avaliar a tendência pelos dois métodos disponíveis no GeoPEC 3.5. Pelo teste *t de student*, constatou-se a ausência de tendência nas coordenadas di(N) e di(E), pois o valor de T_{calc} foi menor que T_{tab} , conforme Figura 4, o que indica a ausência de erros sistemáticos (SANTOS et al., 2016).

Teste t de Student

Coord.	t tab	t calc	Resultado
di(E)	1,7056	0,4509	Sem tendência
di(N)	1,7056	1,655	Sem tendência

Média Direcional e Variância Circular

Somatório $\sin(Az) = -0,85$
 Somatório $\cos(Az) = 2,733$

Média Direcional = 342,7236°

Variância Circular = 0,8899

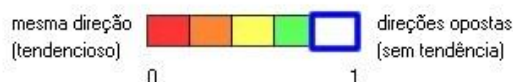


Figura 4 – Teste de Shapiro-Wilk indicando a normalidade

Fonte: Relatório do GeoPEC.

Pelo método da média direcional aliada a variância circular também não houve ocorrência de tendência, como ilustra a Figura 4, o valor da variância circular foi próximo de 1, indicando o fato.

4.4. Avaliação da Acurácia Posicional (decreto 89.817/ET-CQDG)

Com base na metodologia proposta por Santos et al. (2016) e auxílio do *software* GeoPEC 3.5 classificou-se o ortofotomosaico na escala 1:1000 de acordo com o decreto Lei nº 89.817/ ET-ADGV. Para isso é necessário que 90% das discrepâncias dos pontos não ultrapassem o valor do PEC para a escala determinada e o seu erro médio quadrático seja menor que o EP.

No estudo ambas as condições foram atendidas, sendo que 100 % das discrepâncias não ultrapassaram o valor da PEC, de 0,28 m, para classe A na escala 1:1000, do mesmo modo aconteceu com o RMS posicional, de 0,1195 m, que foi menor que o EP de 0,17 m, como ilustra a Figura 5.

Padrões do Decreto 89.817/ET-CQDG:

Classe	ET-CQDG	PEC (mm)	EP (mm)	PEC (m)	EP (m)
	A	0,280	0,170	0,28	0,17
A	B	0,500	0,300	0,5	0,3
B	C	0,800	0,500	0,8	0,5
C	D	1,000	0,600	1	0,6

Classificação do Decreto 89.817 / ET-CQDG:

Classe	ET-CQDG	%di(E) < PEC	%di(N) < PEC	%di(abs) < PEC	RMS < EP	Resultado
	A	100,000	100,000	100,000	Passou	Aprovado
A	B	100,000	100,000	100,000	Passou	Aprovado
B	C	100,000	100,000	100,000	Passou	Aprovado
C	D	100,000	100,000	100,000	Passou	Aprovado

ACURÁCIA

Produto Acurado para a Classe A na escala 1/1000

[Metodologia Santos et al. (2016)]

Estatísticas	Este	Norte	Posicional
nº pontos	27	27	27
média	0,0084	0,0222	0,1088
desvio	0,0968	0,0697	0,0503
variância	0,009	0,005	0,003
RMS	0,0954	0,072	0,1195
máximo	0,201	0,136	0,2372
mínimo	-0,157	-0,103	0,032
curtose	1,856	1,4124	1,7357
assimetria	0,2695	0,0328	0,5238
soma	0,244	0,126	0,066
nº outliers	-	-	0

Figura 5 – Teste de Shapiro-Wilk indicando a normalidade
 Fonte: Relatório do GeoPEC.

Desse modo, o produto gerado para área de estudo de 74 ha foi classificado como acurado para a escala de 1/1000. O resultado do PEC-PCD foi "Classe A", de acordo com o Decreto n. 89.817 de 20 de junho de 1984, que regulamenta as normas cartográficas brasileiras, aliada às tolerâncias da ET-CQDG.

A análise de tendência e precisão em suas componentes posicionais mostrou que o ortofotomosaico é preciso e não tem tendência.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados coletados para este trabalho são resultados de uma atualização cadastral, esse processo tem como um dos produtos a atualização cartográfica que é de grande relevância para análise da dinâmica das mudanças que ocorrem dentro do espaço urbano, com isto o

mapeamento, que tem como recurso além da topografia o imageamento, se demonstra mais vantajoso desde que o município saiba destinar tais dados para as diversas aplicações observadas no Manual de Apoio – CTM: Diretrizes para a criação, instituição e atualização do cadastro territorial multifinalitário nos municípios brasileiros, (CUNHA; ERBA, 2010) e na Portaria nº 511 de 07 de dezembro de 2009 (BRASIL, 2009).

A presente evolução tecnológica vem trazendo benefícios e impulsionando o aperfeiçoamento, dentre os quais podemos citar a facilidade em aquisição, manipulação, armazenamento e disponibilização dos dados, visando a redução de custos, que é um dos maiores argumentos das gestões no momento de execução de um cadastro técnico. A medida que a necessidade por mais informações vai crescendo os usuários provocam uma cadeia de desenvolvimento que vem a trazer o aperfeiçoamento do setor tecnológico e científico que respectivamente, procura desenvolver novas tecnologias e metodologias para atender a essa demanda.

Com esta evolução as possibilidades de utilização do RPA vêm crescendo nos diversos setores da sociedade, abrangendo desde a segurança, saúde, logística, mapeamento e etc., onde, porém em atividades que envolvam geomática, há exigência de um nível de acurácia, por isso se faz necessário a realização de avaliações para a validação da sua qualidade de acordo com sua finalidade.

O desenvolvimento deste trabalho alcançou os objetivos, demonstrando que a metodologia para avaliação do padrão de exatidão cartográfica, atesta ser eficiente, englobando testes estatísticos para assegurar a qualidade da acurácia posicional planimétrica, portanto certifica-se que o produto gerado por RPA, utilizado nesta avaliação estaria apto para aplicabilidades dentro do cadastro técnico multifinalitário, já que se enquadrou como classe A (acurado e sem tendências) para a escala 1:1000.

Desse modo, a utilização de ortoimagem oriunda de RPA é um produto viável para o cadastro em municípios de pequeno porte, desde que sejam respeitados os princípios da fotogrametria e da cartografia. Para trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação da metodologia em áreas de estudo maiores, verificando a adequação e novas necessidades em municípios de médio e grande porte.

Agradecimentos

Deixamos aqui registrado nosso agradecimento para a empresa GeoTerra Engenharia e Topografia, por incentivar a pesquisa científica, disponibilizando para nossa equipe as informações que aqui foram tratadas e avaliadas, a Autodesk, por disponibilizar versões para estudantes do software AutoCAD 2018, bem como o autor do software GeoPEC Prof. Afonso P. Santos, disponibilizado pela UFV – Universidade Federal de Viçosa.

Referências Bibliográficas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14.166 – Rede de Referência Cadastral Municipal**. Rio de Janeiro, RJ. 1998. 23p.

ANDRADE, J. B. **Fotogrametria**. SBEE. Curitiba PR, 1998. 258 p.

BRASIL. 1984. Decreto N° 89.817 de 20 de Junho de 1984. **Normas Técnicas Da Cartografia Nacional**. Brazil. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d89817.htm> Acesso em: 17 de mai. de 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades. Portaria nº 511 de 07 de dezembro de 2009. **Diretrizes para a Criação, Instituição E Atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos Municípios Brasileiros**. Disponível em: <https://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PlanelamentoUrbano/Portaria_511_PROEXT.pdf> . Acesso em: 2 de mai 2018.

BRASIL. **Norma da Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG)**. Brasília: DSG, 2016. 94 p.

BRASIL. Ministério da Defesa - Comando da Aeronáutica, Departamento do Controle do Espaço Aéreo. 2018. **AIC N 23/18**, publicada em 11 de junho de 2018. Aeronaves Remotamente Pilotadas para uso em Proveito dos Órgãos Ligados aos Governos Federal, Estadual ou Municipal. 16 p

BRASIL. **Especificação Técnica Para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV)**. Brasília: DSG, 2010. 85 p.

CUNHA, E. M. P.; ERBA, D. A. (Org.) **Manual de Apoio – CTM: Diretrizes para a criação, instituição e atualização do cadastro territorial multifinalitário nos municípios brasileiros**. Brasília: Ministério das Cidades, 2010. Disponível em <<http://www.capacidades.gov.br/biblioteca>>. Acesso em: 02 Abr. 2018.

GALLACHER, D. **Ecological Monitoring of Arid Rangelands using Micro-UAVs (drones)**. 2015. Conference paper: Sixth Health and Environment Conference, HBMSU Congress, At Dubai, UAE. DOI: 10.13140/RG.2.1.3107.4002.

HEOFACKER, José Carlos. **Dificuldades na Implantação de um Cadastro Técnico Multifinalitário: Estudo de Caso do Município de Criciúma-SC**. 2004. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Ctc, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/86803/222489.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 maio 2018.

ISO. ISO 2859-1:1999. **Sampling procedures for inspection by attributes - Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection**. International Organization for Standardization (ISO), 1999.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Avaliação da qualidade de dados geoespaciais**. Rio de Janeiro: Ibge, 2017. 96 p. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101152.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

LEOTTI, V. B.; A. R. BIRCK; J. RIBOLDI. **Comparação dos Testes de Aderência à Normalidade Kolmogorov-smirnov, AndersonDarling, Cramer–Von Mises e Shapiro-Wilk por Simulação**. 2005. 11º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agrônômica e a 50ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS). Anais. Londrina, PR, Brasil.

LOCH, Carlos; ERBA, Diego Alfonso. **Cadastro Técnico Multifinalitário: Rural e Urbano**. 1ª ed. Cambridge, USA: Lincoln Institute of Land Policy, 2007. 142p. Disponível em: <<https://www.lincolninst.edu/publications/books/cadastro-tecnico-multifinalitario-rural-e-urbano>>. Acesso em: 17 maio 2018.

LOCH, Carlos; LAPOLLI, Édis. **Elementos Básicos da Fotogrametria e sua utilização prática**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994. 3ªed. 104p.

MELO, D.C.R.; CASTRO, A. R. 2013. **Uma Nova Abordagem Para Detecção de Outliers em Séries Temporais**: Estudo de Caso em Consumo de Energia na Região Amazônica. In Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics, Vol. 1, nº 1.

NOGUEIRA JÚNIOR, J. B. **Controle de qualidade de produtos cartográficos: uma proposta metodológica**. Presidente Prudente. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, 147 p.

PÉREZ, M.; AGÜERA, F.; CARVAJAL, F. **Low Cost Surveying Using an Unmanned Aerial Vehicle**. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2013. XL(September), p. 4–6, DOI: 10.5194/isprsarchives-XL-1-W2-311-2013.

SANTOS, A. P. **Avaliação da Acurácia Posicional em dados espaciais com o uso da Estatística Espacial**. 2010. 128 p. Dissertação – Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2010.

SANTOS, A. P.; MEDEIROS, N. G.; SANTOS, G. R.; RODRIGUES, D. D. **Avaliação da Acurácia Posicional Planimétrica em Modelos Digitais de Superfície com o uso de Feições Lineares**. 2016a, Boletim de Ciências Geodésicas.

SANTOS, A. P.; RODRIGUES D. D.; SANTOS. N. T.; GRIPP JUNIOR. J. **Avaliação da Acurácia Posicional em Dados Espaciais Utilizando Tecnicas de Estatísticas Espacial: Proposta de Método e Exemplo Utilizando a Norma Brasileira**. 2016b. BCG - Boletim de

Ciências Geodesicas - Versão Online. ISSN 1982-2170. Disponível em:
<http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702016000400036> Acessado em: 12 de abr. de 2018.

SHAPIRO, S. S.; M. B. WILK. **An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples)**. 1965. Biometrika Trust, London, v. 52, p. 591–609. 3/4 (Dec., 1965).

SOUZA, G. H. B. **Otimização de Processos Semi-Automáticos de Detecção de Alterações Aplicados ao Cadastro Imobiliário**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, 98 p.

SMACZYŃSKI, M.; GULIJ, B. M. **Low aerial imagery – an assessment of georeferencing errors and the potential for use in environmental inventory**. 2017. Geodesy And Cartography. VOL. 66, No 1, pp 99-104. Polish Academy of Sciences DOI: 10.1515/geocart-2017-0005.

THOMPSON, M. M.; GRUNER, H. **Foundations of Photogrammetry**. In: Manual of Photogrammetry. 4 ed. Falls Church:ASP, 1980. 1-36 p.

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

ZHANG, C.; KOVACS, J. M. **The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: A review. Precision Agriculture**. 2012. v. 13(6), p. 693–712. Disponível em: <<http://doi.org/10.1007/s11119-012-9274-5>>. Acesso em: 18 de mai. de 2018.

ZALAS, E.; SANECKI, J.; KLEWSKI, A.; STĘPIEŃ, G. **Determining the spatial orientation of remote sensing sensors on the basis of incomplete coordinate systems**. 2016. Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin, v. 45, n. 117, p. 29–33, DOI: 10.17402/082.