

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE POSICIONAL PLANIMÉTRICA DE ORTOFOTOS USADAS NO CADASTRO TERRITORIAL MULTIFINALITÁRIO ATRAVÉS DE FEIÇÕES LINEARES

*Assessment of the positional quality of orthophotos used in the Land
Administration through linear features*

João Marcos Moreira
Universidade Federal de Viçosa
Departamento de Engenharia Civil
Viçosa, Minas Gerais
joao.m.moreira@ufv.br

Guilherme Alexandre de Oliveira
Universidade Federal de Viçosa
Departamento de Engenharia Civil
Viçosa, Minas Gerais
guilherme.alexandre@ufv.br

Priscila de Lima e Silva
Universidade Federal de Viçosa
Departamento de Engenharia Civil
Viçosa, Minas Gerais
priscila.l.silva@ufv.br

Afonso de Paula dos Santos
Universidade Federal de Viçosa
Departamento de Engenharia Civil
Viçosa, Minas Gerais
afonso.santos@ufv.br

Éder Teixeira Marques
Universidade Federal de Viçosa
Departamento de Engenharia Civil
Viçosa, Minas Gerais
eder@ufv.br

Resumo:

Para se realizar um bom planejamento e uma boa administração do município deve-se utilizar do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) como ferramenta de auxílio para a tomada de decisões. Logo, há a necessidade de constantes atualizações no que diz respeito ao cadastro e suas atividades. O surgimento de novas tecnologias permite ao gestor obter informações sobre o espaço urbano de forma mais rápida e com custos reduzidos, contornando o problema da análise espaço-temporal. Sendo assim, surge a necessidade de verificar se a maior quantidade de dados obtidos em um curto lapso temporal garante resultados acurados e precisos. O estudo proposto objetiva avaliar, utilizando-se da ET-ADGV e do Decreto nº 89.817, a acurácia posicional em uma ortofoto, obtida por aerolevantamento executado por RPAS, com GSD de 10 centímetros, da área referente ao setor cadastral localizado na região noroeste do município de Conceição do Mato Dentro, estado de Minas Gerais. Para esta avaliação, utilizou-se de feições lineares. Com as amostras em mãos, empregou-se o método do Buffer Duplo para se obter as discrepâncias e, posteriormente, realizou-se os métodos de análise de acurácia posicional da ortofoto. Ainda foi determinada a escala de classificação da ortofoto que segundo a ET-ADGV/Decreto 89.817 e a NBR 14.166 para planta cadastral municipal deve ser de 1:1.000. Por fim, a ortofoto foi acurada e classificada na classe A, para a escala referente. A partir dos resultados, conclui-se que a ortofoto analisada pode ser utilizada para o CTM no que diz respeito a elaboração de plantas cadastrais.

Palavras-chave: Cadastro Territorial Multifinalitário; Ortofoto; Acurácia Posicional; Feição Linear; NBR 14166.

Abstract

In order to carry out good planning and good administration of the municipality, it is possible to use the Land Administration (CTM) as an aid tool. So, there is a need for constant updates if this is the case the cadaster and your activities. With the help of these technologies can a big sample of information can be obtained in a smaller cost of time. Thus, the need arises to verify if this big sample of data in a short time period match with accurate and precision of the data. The objective of the present study was to assessment the positional accuracy of an orthophoto obtained by aerial survey carried out by RPAS with the GSD of 10 centimeters using the ET-ADGV and Decree nº 89.817, of the area reference to the cadastral sector located in the northwest region of the municipality of Conceição do Mato Dentro, state of Minas Gerais. For this assessment, used of linear features. With these samples, the Double Buffer method was used to obtain the discrepancies and, later, the methods of positional accuracy analysis of the orthophoto were realized. It was still necessary to choose the classification scale of the orthophoto, according to ET-ADGV/Decree nº 89.817 e and NBR 14.166 for municipal cadastral plant should be considered the 1:1.000 scale. Finally, the orthophoto was accurate and classified in A class, for the reference scale. From the results, it can be concluded that the orthophoto can be used for the CTM with regard to the elaboration of cadastral plants.

Keywords: Land Administration; UAV; Positional Accuracy; NBR 14166.

1. INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia e a consolidação de novas técnicas têm aumentado as formas e a praticidade de representação do espaço geográfico.

Contudo, esse espaço é dinâmico e as mudanças podem ser consideradas como fator primordial na justificativa desse avanço científico e tecnológico. As mudanças ocorridas no espaço são rápidas e diversas, e muitas vezes o acompanhamento para uma correta representação do mesmo pode ser uma tarefa um tanto quanto trabalhosa e fatigante.

Os meios e as técnicas de representação variam, cada um com sua respectiva utilidade e complicação. Como fruto dessa ascensão tecnológica, novas técnicas de posicionamento e/ou representação surgem a cada dia. Como exemplo desse avanço, a criação do sistema VANT ou comumente denominado RPAS, que de acordo com Amorim et al. (2017), é composto por uma aeronave não-tripulada, câmaras fotográficas, sensor GNSS e sistema inercial, veio revolucionar e facilitar essa limitação existente nas atividades cartográficas.

Segundo Ferreira et al. (2013), o veículo aéreo não-tripulado apresenta inúmeras vantagens

econômicas e técnicas, e acaba por proporcionar o imageamento de pequenas áreas com um alto nível de fidelidade e resolução espacial.

Braz et al. (2015) cita os inúmeros fatores que o RPAS apresenta e que se sobressaem em relação as demais técnicas, como: sua resolução espacial, liberdade para obtenção de imagens em diferentes momentos, facilidade no planejamento de planos de voos, possibilidade de se estruturar uma base de dados com imagens multitemporais, agilidade nos procedimentos e, conseqüentemente, redução do custo à quem o utiliza.

Vários são os produtos gerados por um levantamento aéreo executado por RPAS, sendo um dos principais a ortofoto. A ortofoto ou ortoimagem é definida como um conjunto de imagens em perspectiva ortogonal, em que a mesma pode ser tomada como um documento cartográfico ou utilizada em qualquer atividade que demande um mapa, carta ou fonte de dados similar. No entanto, uma das etapas do processo de geração de uma ortofoto consiste em aplicar correções devido à rotação do sensor e deslocamentos devido ao relevo (BRITO, 2007).

Dentre as utilidades dos produtos gerados por RPAS, cita-se o Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM). O mesmo parte do pressuposto de que a necessidade de representação e do conhecimento sistemático do território é um fator primordial no quesito administração e gestão municipal. Nesse contexto, entende-se a necessidade de atualização e elaboração fidedigna com a realidade de uma base cartográfica em seus diversos elementos.

Um cadastro de informações territoriais, sejam elas legais ou físicas, e a representação sistemática do município estabelecida de forma correta e condizente, é base fundamental e intrínseca para a tomada de decisões, planejamentos estratégicos ou até mesmo arrecadação de tributos.

Dentre as normas e especificações que governam o CTM, podemos citar a Portaria nº 511 de 07 de dezembro de 2009, do Ministério das Cidades, que rege a criação, instituição e atualização do cadastro nos municípios brasileiros, bem como a definição de elementos contidos no processo cadastral.

Segundo Brasil (2009), parcela é definida como sendo a menor unidade do cadastro, toda e qualquer porção da superfície do município a ser cadastrada, parte contígua e que contém um regime jurídico único. Assim sendo, tal norma no seu artigo 8º, define também a carta cadastral: “[...] representação cartográfica do levantamento sistemático territorial do Município” (BRASIL, 2009, p. 1).

No entanto, as diretrizes que ordenam a criação e implantação do CTM são falhas no quesito instrução, tolerâncias ou até mesmo maiores características dos produtos gerados e solicitados. Contudo, se viu a necessidade de busca e utilização de outras especificações complementares para geração de tais informações.

O apoio e uso de normas técnicas é um importante alicerce no CTM, como exemplo podemos citar a NBR 14166/1998 e a NBR 13133/1994, que regem o processo de implantação da rede de referência cadastral municipal e a execução de levantamento topográfico cadastral, respectivamente. Nesse contexto, releva-se a definição e confecção da planta e/ou carta cadastral na escala de 1:1.000 e a planta geral do município na escala 1:5.000 ou 1:10.000 (NBR 14166, 1998).

Diante desse aspecto, compreende-se a necessidade da confiança nos dados obtidos a partir de ortofotos, visto que é muito utilizado no cenário atual para a elaboração de cartas cadastrais e nos demais campos do CTM. Sendo que, a delimitação de uma parcela afeta diretamente nas suas

características legais e geométricas, tornando-a um importante objeto cadastral tendo como atributos, além dos vários, os seus direitos jurídicos.

Goodchild (2010) ressalta e levanta a importância que tem o controle de qualidade cartográfica ao investigar dados espaciais, explicitando discrepâncias, omissões e incertezas, bem como definindo sua finalidade. Já Santos (2015) diz que toda a coleta de dados possui erros associados aos métodos e instrumentos utilizados, logo, o controle de qualidade cartográfica vem com soluções para a minimização e/ou não propagação das incoerências deste dado, além da indicação de qual a possível utilização deste dado espacial.

Especificações, normas e padrões regem fundamentos para a inspeção da qualidade posicional de informações geográficas em produtos cartográficos, avaliando assim a sua acurácia posicional. Na maioria das vezes, tal inspeção se dá pela comparação entre feições extraídas e feições de referência. No Brasil, a metodologia utilizada para avaliação da acurácia posicional é regulamentada pelo Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984, e complementada pela Especificação Técnica de Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV) juntamente com a Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG), ambas criadas pela Divisão do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro – DSG.

1.1. Objetivos e Justificativas

Este estudo visa avaliar a acurácia posicional planimétrica de uma imagem ortoretificada, obtida por técnicas de aerolevantamento realizada por RPAS, por meio de técnicas e métodos utilizando-se de feições lineares extraídas de tal produto. Para isso, baseia-se nas tolerâncias estabelecidas no padrão de acurácia posicional brasileiro (Decreto 89.817 juntamente com a ET-ADGV e ET-CQDG), considerando como referência um levantamento topográfico realizado por técnicas de topografia convencional atrelado a já consolidada tecnologia GNSS (Sistema de Navegação Global por Satélite).

Partindo do pressuposto de que ortofotos estão cada vez mais sendo utilizadas para a extração de informações, principalmente se tratando de elaboração e implantação de um CTM, a análise realizada no escopo deste trabalho tende a justificar e julgar a real qualidade dos dados quando estes são utilizados para confecção de cartas cadastrais, que segundo a NBR 14166 (1998), deve estar na escala de 1:1.000. No entanto, entende-se que é necessário a confiança dessas informações, já que no cadastro territorial se trabalha com parcelas, suas limitações e confrontações, tendo como finalidade do estudo ressaltar o princípio da especialidade e a diminuição de conflitos e ações judiciais que delimitações ocorridas de forma errônea acabam gerando.

2. CONTROLE DE QUALIDADE

De um modo geral, podemos afirmar que o controle de qualidade consiste de um processo de avaliação de um determinado produto, com referência em um ou mais padrões estabelecidos. Para Camargo (1992), tem como objetivo estabelecer, melhorar e assegurar a qualidade de um produto ou serviço em certas condições de consumo ou utilização, considerando fatores econômicos, de precisão e confiabilidade.

No Brasil, os parâmetros que regem a inspeção de produtos cartográficos, quanto sua qualidade posicional, são definidos pelo Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984, criado pela

Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR) e também a Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG), a qual é de responsabilidade da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG).

Em relação ao Decreto, pode-se dizer que ele utiliza de duas tolerâncias para a avaliação da acurácia posicional, o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) e o Erro-Padrão (EP), que variam de acordo com a escala e classe de aceitação no processo de avaliação da acurácia posicional de um produto.

O Decreto possui algumas inconsistências, sendo confuso quanto a metodologia de aplicação, gerando assim divergências entre os usuários. Mais especificamente essas diferenças na aplicação estão relacionadas na consideração do erro médio quadrático, desvio padrão ou erro-padrão, que são considerados como similares, o que não é verdade (SANTOS, 2010).

Diante de tais divergências, em 2010, a INDE (Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais) abordou o assunto dentro da ET-ADGV (Especificação Técnica de Aquisição de Dados Geoespaciais). A ET-ADGV cria uma classe mais restritiva no processo de avaliação e estabelece um novo Padrão de Exatidão Cartográfica, no intuito de avaliar produtos cartográficos digitais, o PEC-PCD. Já em 2016, foi publicado a ET-CQDG, que define metodologicamente a aplicação do Decreto nº 89.817 para avaliar a acurácia posicional em produtos cartográficos. Com isso, segundo BRASIL (1984), SANTOS (2010) e DSG (2016), a determinação da qualidade posicional de um produto pelo Decreto nº 89.817 é dado se as seguintes condições forem atendidas:

- 90% das feições testadas devem apresentar valores de discrepâncias (equação 1) iguais ou inferiores ao valor do PEC-PCD estabelecido para a respectiva classe e escala;

$$d_i = \sqrt{(X_T - X_R)^2 + (Y_T - Y_R)^2} \quad (1)$$

Sendo X_T e Y_T as coordenadas de teste, e X_R e Y_R as coordenadas de referências.

- O RMS (*root mean square*) da amostra de discrepâncias, deve ser menor ou igual ao valor do EP, também estabelecido para a mesma classe e escala, que é dado pela equação (2):

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum(d_i)^2}{n-1}} \quad (2)$$

Considerando **esc** como escala planimétrica e **ev** como equidistância vertical entre as curvas de nível, a Tabela (1) apresenta as tolerâncias PEC-PCD e EP de acordo com as classes do Decreto nº 89.817 atrelado à ET-ADGV e ET-CQDG:

Tabela 1 - PEC e EP para o Decreto, ET-ADGB e ET-CQDG

Decreto	ET-ADGV	Planimetria		Altimetria	
		PEC	EP	PEC	EP
-	A	0,28mm x esc	0,17mm x esc	0,27 x ev	1/6 x ev
A	B	0,5mm x esc	0,3mm x esc	1/2 x ev	1/3 x ev
B	C	0,8mm x esc	0,5mm x esc	3/5 x ev	2/5 x ev
C	D	1,0mm x esc	0,6mm x esc	3/4 x ev	1/2 x ev

Fonte: BRASIL, 1984 e DSG, 2016

3. ACURÁCIA POSICIONAL DE FEIÇÕES LINEARES

Diante dos inúmeros métodos utilizados para obtenção de medidas de dispersão em feições, o controle de qualidade conta com alguns que tratam particularmente de feições lineares. Em uma simples análise, podemos observar a grande importância de se considerar feições que representam linhas, visto que as mesmas podem ser observadas em maior número em uma base cartográfica ou até mesmo planta/mapa, se comparada com os outros tipos de representações. No entanto, Santos et al (2015) afirmam que embora existam inúmeros métodos que analisam feições lineares, os mesmos não são frequentemente utilizados e divulgados no Brasil.

Dentre os métodos existentes, pode-se destacar: Banda de Erro *Épsilon*; *Buffer* Simples; *Buffer* Duplo; Banda-G; Influência do Vértice; Ponto Gerado; Distância de *Hausdorff*; Modelo de Erro Estatístico de Simulação; Aproximações por *Spline*; Retângulo Envolvente; Completude; Corretude; RMS modificado; entre outros (SANTOS et al 2015).

Para o estudo em questão, será utilizado o método do *Buffer* Duplo, que têm apresentado melhores resultados em estudos realizados por Santos et al (2015), e também principalmente devido ao fato de gerar uma medida de discrepância, na qual pode-se investigar a presença de outliers e tendência nos dados.

3.1. Método *Buffer* Duplo

Proposto por Tveite & Langaas (1999), o método do *buffer* duplo é um aprimoramento do método do *buffer* simples, onde aplica-se um *buffer* em ambas as linhas, de teste e referência, e em seguida é realizada uma interseção entre os polígonos resultantes dos *buffers*, podendo conseguir uma medida de discrepância média entre tais entidades gráficas, conforme a Figura (1).

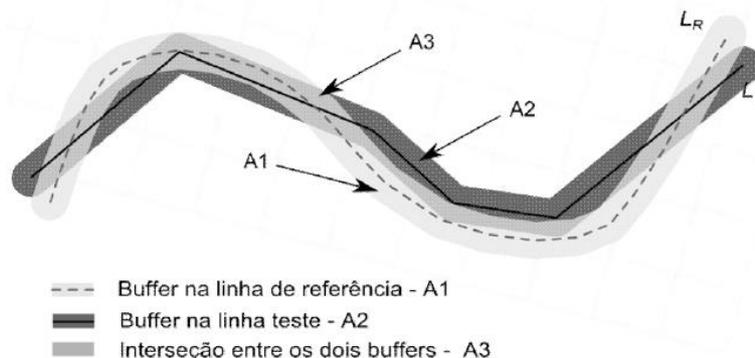


Figura 1 - Ilustração do método do *buffer* duplo

Fonte: SANTOS, 2015

Atkinson & Ariza (2002) ressaltam que através do método de *buffer* duplo há a obtenção de outras análises de resultados se comparado com o método do *buffer* simples, como o estudo e verificação de erros sistemáticos a partir de um teste de tendência aplicado nas discrepâncias obtidas.

Para a aplicação do *Buffer Duplo*, utilizam-se as seguintes etapas:

1. Selecionar uma amostra de n linhas homólogas de teste (LT) e de referência (LR);
2. Aplicar um *buffer* de tamanho x em cada linha i da amostra de linhas homólogas de teste e referência. Para o emprego do Decreto nº 89.817, utiliza-se como tamanho do *buffer* o valor do PEC para a escala e a classe utilizada no processo de avaliação;
3. Calcular a área total ($A1$ e $A2$) gerada pela operação de *buffer* em cada linha de teste;
4. Fazer uma sobreposição entre os polígonos gerados pelos *buffers* da linha teste e da linha de referência e calcular o valor de $A3$, referente a área do polígono de referência que não faz interseção ao polígono teste;
5. Calcular a discrepância média (dm), para cada linha teste i , dada pela equação (3):

$$dm = \pi. x. \frac{\Sigma(A1-A3)}{A2} \quad (3)$$

6. Para análise do Decreto-lei nº 89.817, sugere-se verificar a independência e normalidade e, se constatada, faz-se a análise se 90% das linhas testadas apresentam discrepância média (dm) menor ou igual ao valor do PEC (da classe e escala utilizados para gerar o *buffer*), e ainda, o RMS das discrepâncias dm ser menor ou igual ao valor do EP (idem ao PEC). Se as duas condições forem aceitas, classifica-se o dado espacial de acordo com a classe e escala trabalhada.

4. METODOLOGIA

4.1. Área de Estudo

A área de estudo corresponde a um dos setores cadastrais do município de Conceição do Mato Dentro (Figura 2), especificamente no setor cadastral localizado na região noroeste do município. A cidade é situada na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, estado de Minas Gerais. Segundo o censo demográfico de 2010 possui uma população de 17.908 habitantes. O

município possui uma área urbana em torno de 22,4 km², dos quais a área de estudo corresponde a 3,6 km² aproximadamente.

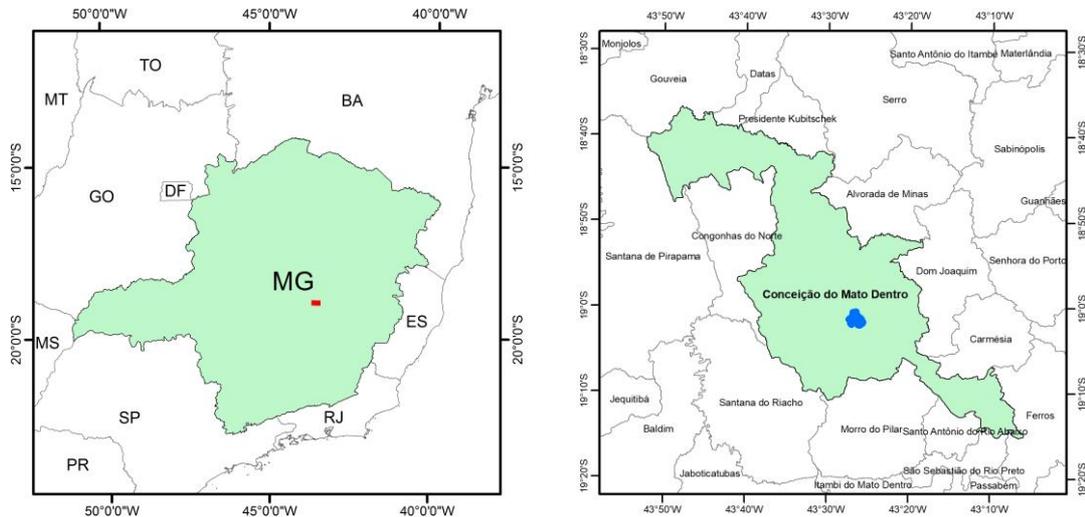


Figura 2 – Localização do Município (em vermelho) e área de estudo (em azul)

Fonte: Autor

4.2. Materiais e Métodos

Os materiais utilizados para a confecção deste artigo foram dados do Cadastro Territorial Multifinalitário urbano do município de Conceição do Mato Dentro, estes que foram disponibilizados pelo Grupo de Engenharia para Gestão Territorial – GENTE do Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa.

Foi utilizada para análise da acurácia posicional, a ortofoto do município, com GSD de 10 centímetros, obtida com o processamento de imagens de um vôo fotogramétrico realizado com um RPAS de asa fixa, este que era composto de sistema inercial, sistema de posicionamento GNSS e sensor fotográfico de alta resolução.

Os dados de referência se deram por pontos coletados por levantamento topográfico convencional amarrado a RRC (Rede de Referência Cadastral), que constituem de divisas de lotes, divisas de quadras, edificações e logradouros. A imagem e os pontos estão georreferenciados ao sistema de coordenadas SIRGAS2000 projeção UTM, zona 23 Sul.

Para análises, processamentos e cálculos necessários, utilizou-se do *ArcGIS* 10.5 e *LibreOffice Calc*.

Sendo assim, tal metodologia é melhor explicitada pelo seguinte fluxograma, (Figura 3):

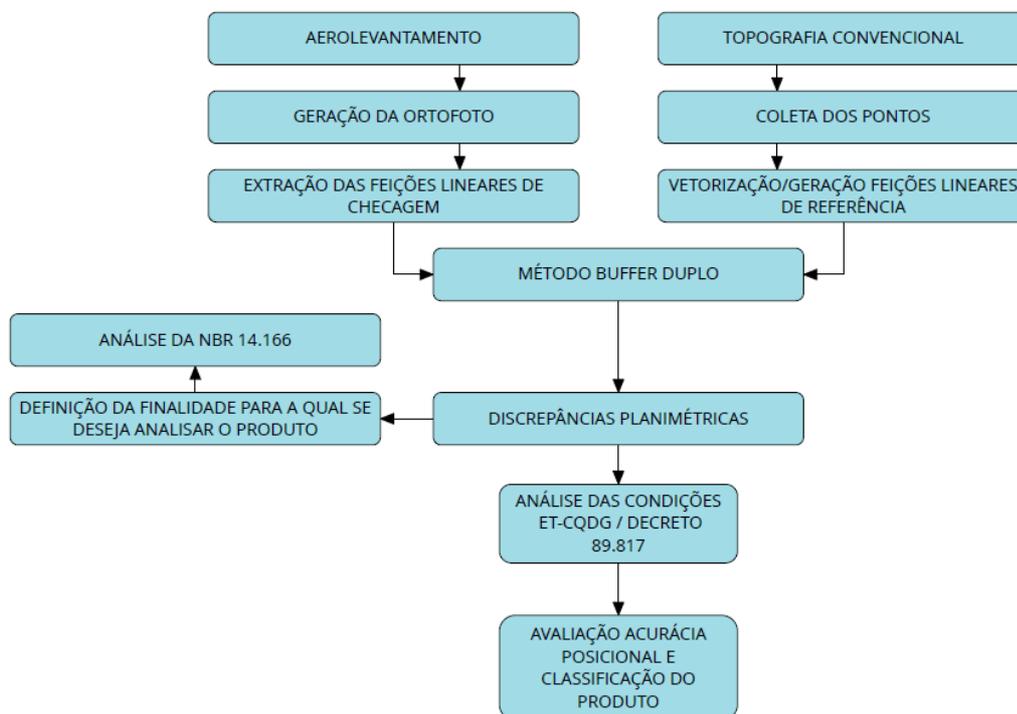


Figura 3 - Metodologia adotada

Fonte: Autor

4.3. Extração e Geração de Feições Lineares

A ET-CQDG fundamenta e exemplifica metodologicamente formas de amostragem, como também de distribuição espacial de feições, tudo com o intuito de compor uma população de amostras e facilitar o estudo do controle de qualidade das mesmas. Porém, tal processo mostrado na especificação se aplica estritamente a feições pontuais.

Considerando o fato da utilização de feições lineares, atualmente não existe norma ou padrão que definem tamanho amostral para a avaliação da acurácia posicional, bem como padrões de dispersão ou distribuição espacial.

Para a análise em questão, buscou-se então coletar as feições lineares, tanto de referência quanto de checagem, em locais que abrangiam basicamente todo o setor em estudo, como mostrado na Figura 4, prezando pela boa distribuição das feições no setor, e um número razoavelmente satisfatório de amostras.

Assim sendo, dispondo dos pontos coletados por topografia, esses que variam entre divisas, meio fio, postes e até mesmo canto de quadras, realizou-se a geração das feições lineares de referência a partir da ligação entre tais pontos, buscando, na maioria das vezes, a utilização de frentes de lotes, frentes de quadras e, em alguns casos, do meio fio bem representado.

Já utilizando da ortofoto gerada (GSD 10cm), iniciou-se o processo de extração/vetorização das feições lineares, prezando por lugares onde a visualização se tornava mais nítida e de fácil compreensão, que na maioria das vezes eram estritamente as frentes de lotes e cantos de quadras.

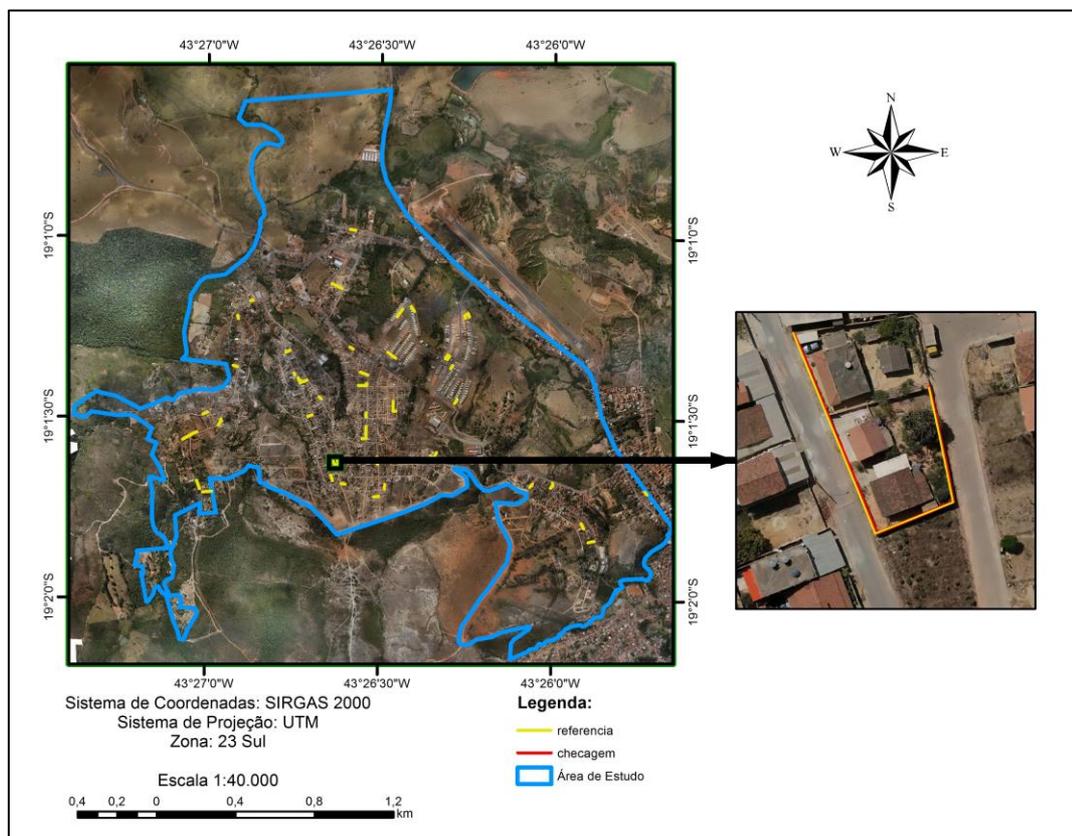


Figura 4 - Delimitação do Setor 4 e amostragem

Fonte: Autor

Todo o processo, tanto de geração das feições de referência, quanto da vetorização das feições de teste, foram realizados utilizando-se do *software ArcGIS 10.5*, gerando no fim 41 feições lineares, de checagem e referência, que serão utilizadas no cálculo da discrepância e, posteriormente, análise da sua real acurácia posicional.

4.4. Avaliação da Acurácia Posicional

Para a obtenção das discrepâncias planimétricas a partir das duas feições, utilizou-se um *script* no *ArcGIS*, SANTOS (2015), o qual realiza todo o processo supracitado na metodologia realizada pelo *buffer* duplo. Assim sendo, é necessário a escolha da largura do *buffer* que será realizado, e tendo como pressuposto o explicitado pela NBR 14166, considerou-se a escala 1:1.000. Para a avaliação do PEC-PCD, explicitado na avaliação pelo Decreto atrelado à ET-ADGV, obteve-se as seguintes larguras (Tabela 2):

Tabela 2 - Classificação para a escala de 1:1.000

Decreto 89.817 / ET-ADGV			
<i>Classe PEC</i>	<i>Classe PEC-PCD</i>	<i>Escala 1:1000</i>	
		<i>PEC (m)</i>	<i>EP (m)</i>
-	A	0,28	0,17
A	B	0,5	0,3
B	C	0,8	0,5
C	D	1	0,6

Fonte: DSG, 2016

Visto a necessidade de confiança em tais ortofotos e a realização de um estudo mais aprofundado e representativo, diante da clareza e precisão que se deve ter em um CTM, optou-se, principalmente, pela escolha da avaliação seguindo a classe A, explicitada pela ET-ADGV.

Logo, a largura do *buffer* realizado no procedimento de obtenção das discrepâncias foi igual à 0,28 metros, a qual é dada pelo valor do PEC da respectiva escala adotada. De posse deste valor foi aplicado o método de avaliação da acurácia posicional planimétrica nas feições lineares de checagem.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados encontrados, a partir da aplicação do método *buffer* duplo, são apresentados através da Tabela 3 e do Gráfico 1. É possível observar os valores de discrepâncias posicionais planimétricas, discrepância máxima, discrepância mínima, discrepância média e valor de RMS.

Tabela 3 - Análises estatísticas das discrepâncias médias

Estatística	Valor (m)
<i>RMS</i>	0,157
<i>Média</i>	0,139
<i>Menor</i>	0,032
<i>Maior</i>	0,304

Fonte: Autor

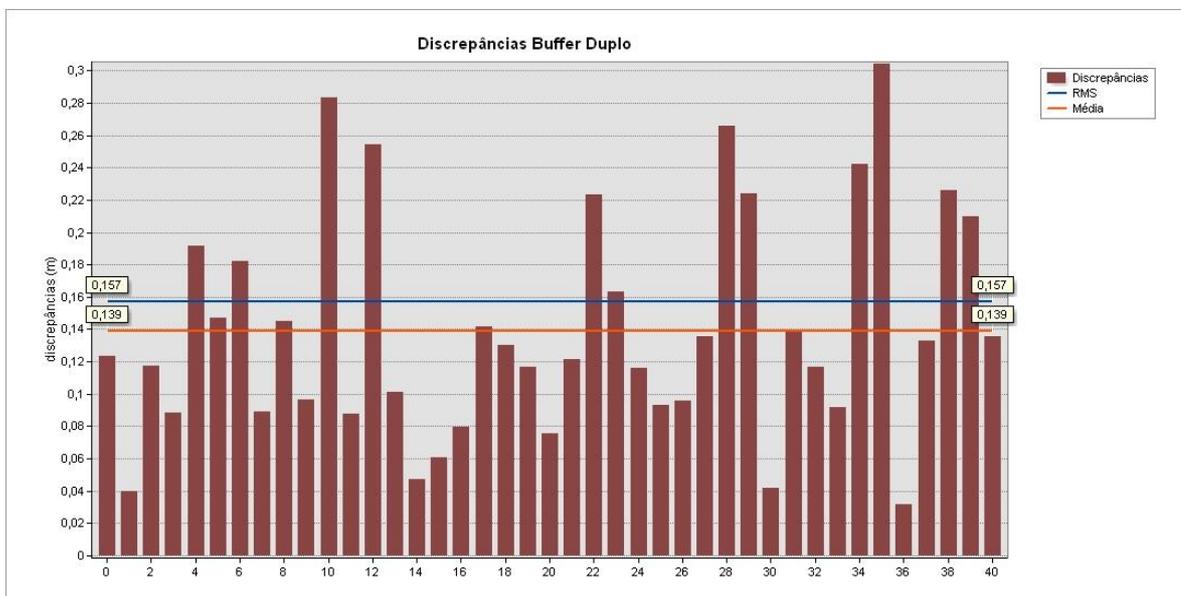


Gráfico 1 - Discrepância Posicional Planimétrica, utilizada no processo de avaliação da acurácia posicional
Fonte: Autor

Diante de tais resultados, foi realizado o processo de classificação quanto ao Decreto 89.817/ET-ADGV. Como informado, o mesmo foi testado para a Classe A (PEC-PCD) na escala de 1:1.000, obtendo resultado satisfatório quanto a classificação. Do total de 41 discrepâncias obtidas, 39 foram valores menores que o valor do PEC-PCD (0,28m), ou seja, aproximadamente 95%. E, como observado, o valor do RMS foi menor que o valor do EP (0,17m). O resultado da avaliação enquadra-se, portanto, na Classe A para a escala 1:1.000, como se pode observar na Tabela 4:

Tabela 4 - Classificação de acordo com o Decreto nº 89.817 / ET-ADGV para escala 1:1.000 da ortofoto

Classe	nº	90% (di) < PEC-PCD	RMS < EP	Resultado
A	41	Sim	Sim	Aprovado

Fonte: Autor

Dentre os resultados obtidos, é possível constatar e afirmar que a ortofoto analisada, gerada através de RPAS, é acurada posicionalmente para a escala 1:1.000, Classe A (Decreto 89.817 / ET-ADGV). Concluindo então que a mesma pode sim ser utilizada na extração de informações geográficas, com alta fidelidade semântica e geométrica.

O processo de cartografia cadastral, seja ele utilizado na confecção da carta cadastral e/ou na carta de feições, pode-se, de um modo geral, ter como ferramenta para apoio ou elaboração, a ortofoto em questão. Atestando sua fidelidade quanto à representação de parcelas, seja para fins legais ou fiscais, no Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM).

6. CONCLUSÕES

Diante dos fatos apresentados, é possível observar com clareza a possibilidade de utilização de uma ortofoto para os devidos e inúmeros fins, se tratando de um cadastro territorial, a mesma pode ser utilizada como base fundamental para uma melhor representação e extração de dados, e é atestada tal afirmação pelo estudo realizado no escopo deste trabalho.

Entretanto, para alcançar tais resultados, vários fatores devem ser respeitados, visto que toda a geração de uma ortofoto, bem como a vetorização a partir da mesma, é realizado passando por inúmeras etapas, onde vários são os erros inerente a cada processo.

Se tratando da ortofoto em questão, é de suma importância um voo pré-sinalizado, uma razoável resolução espacial ou até mesmo GSD, visto que tal fator é diretamente relacionado ao custo-benefício, e até mesmo uma coleta de pontos de controle e verificação realizados de forma correta e precisa. Já no quesito vetorização, deve-se atentar aos inúmeros erros presentes nesse processo, bem como a habilidade tanto do operador quanto da qualidade da imagem a ser utilizada, representando e coletando fidedignamente a feição requerida.

A NBR 14166 (1998) explicita de forma não clara e um tanto quanto superficial, a escala a ser adotada em plantas cadastrais, sendo essa escolha um pouco abstrata no quesito representação, visto que dependendo da localização e/ou quantidade de dados, é possível o detalhamento correto e análogo, usando para isso, escalas diferentes.

Sendo assim, se vê necessário a elaboração e atualização de normas ou diretrizes que especificam de maneira mais fundamentada, as escalas e tipos de métodos que devem ser utilizados na criação e implantação de um CTM, possibilitando corretamente a interoperabilidade dos respectivos dados.

Agradecimentos

Agradecimento em especial pelo apoio e compreensão dos professores orientadores, e também ao Grupo de Engenharia para Gestão Territorial (GENTE) pela assistência e por disponibilizar as ferramentas necessárias para a realização deste estudo.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133**: Execução de Levantamento Topográfico. Rio de Janeiro, 1994. 35 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14166**: Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento. Rio de Janeiro, 1998. 23 p.

BRASIL. **Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984. Normas Técnicas da Cartografia Nacional**. Brasil, 1984. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm>. Acesso em 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades. Gabinete do Ministro. Portaria nº 511, de 7 de dezembro de 2009. Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário

(CTM) nos municípios brasileiros. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 8 de dezembro de 2009, p. 75.

BRAZ, A. M.; BORGES, J. S.; BERNARDES, D. C. S.; TEREZAN, L. H.: Análise da aplicação de VANT na atualização de cadastro florestal com uso de pontos de controle. **XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa, 2015.

COELHO, L.; BRITO, J. N.: **Fotogrametria Digital**. UERJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2007, 196 p.

COSTA, L. G. G., DE AMORIM, A. L.: **Geração de ortofotos para produção de mapas de danos**. 2009.

CRUZ, D. T.; SANTOS, A. P.: Controle de qualidade posicional do sistema rodoviário do OpenStreetMap na região central de Viçosa-MG. **VI Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, Recife, 2016.

DSG. **Especificação Técnica Para a Aquisição de Dados Geospaciais Vetoriais (ET-ADGV)**. Brasil, 2011. Disponível em <http://www.geoportal.eb.mil.br/images/PDF/ET_ADGV_Vs_2_1_3.pdf>. Acesso em 2018.

DSG. **Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geospaciais (ET-CQDG)**. Brasil, 2016. Disponível em <http://www.geoportal.eb.mil.br/images/PDF/ET_CQDG_1a_edicao_2016.pdf>. Acesso em 2018.

FERREIRA, A. M. R.: **Avaliação de câmara de pequeno formato transportada por Veículo Aéreo não Tripulado – VANT, para uso em aerolevantamentos**. Instituto de Geociências, Brasília, Universidade de Brasília, 2014.

FERREIRA, A. M. R., ROIG, H. I., MAROTTA, G. S., MENEZES, P. H. B. J.: Utilização de aeronaves remotamente pilotadas para extração de mosaico georreferenciados multiespectral e modelo digital de elevação de altíssima resolução espacial. **XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, Foz do Iguaçu, 2013.

GALO, M.; DAL POZ, A. P.; FERREIRA, F. M.: O uso de feições no controle de qualidade em cartografia. In: **XX Congresso Brasileiro de Cartografia**, Porto Alegre, 2001.

GOODCHILD, M. F.: “Foreword.” In *Principles of Modeling Uncertainties in Spatial Data and Spatial Analyses*. **CRC Press**. 2010.

LOCH, C. **Cadastro Técnico Multifinalitário: rural e urbano**. 1 ed. Cambridge, 2007. 146 p.

MAROTTA, G. S.; CALIJURI, M. L.: Avaliação da qualidade posicional planimétrica em planta cadastral utilizando diferentes processos na extração de feições. **COBRAC 2006**, Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

SANTOS, A. P.: **Avaliação da acurácia posicional em dados espaciais com o uso de estatística espacial**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Brasil, 2010.

SANTOS, A. P.; CRUZ, D. T.: **Análise da acurácia posicional planimétrica da hidrografia numérica extraída do MDS SRTM banda X na região do Pantanal Mato-Grossense**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Brasil, 2015.

SANTOS, A. P.; MEDEIROS, N. G.; SANTOS, G. R.; RODRIGUES, D. D.: Controle de qualidade posicional em dados espaciais utilizando feições lineares. **Boletim de Ciências Geodésicas**, sec. Artigos, v. 21, nº 2, p. 233-250, abr-jun, 2015.

SILVA, P. L.; CRUZ, D. T.; SANTOS, A. P.: **Estudo comparativo entre a acurácia posicional planimétrica de ortofotos com resolução espacial (GSD) distintas**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Brasil, 2016.

TEMBA, P.: **Fundamentos da Fotogrametria**. Departamento de Cartografia, UFMG, Belo Horizonte, 2000, 26 p.

TVEITE, H.; LANGAAS, S.: An Accuracy Assessment Method for Geographical Line Data Sets Based on Buffering. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 13, p. 27-47, 1999.

ZANETTI, J.; GRIPP JUNIOR, J.; SANTOS, A. P.: Influência do número e distribuição de pontos de controle em ortofotos geradas a partir de um levantamento por VANT. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, nº 69/2, p. 263-277, fev, 2017.