

ESTUDO DA SOBREPOSIÇÃO DE IMAGENS EM PROJETOS DE FOTOGRAMETRIA APLICADO AO MAPEAMENTO URBANO

Matheus Amancio Lopes, Vinicius Navarro Varela Tinoco, Paulo César Moura da Silva

Resumo: O avanço das geotecnologias e dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) automatizou os processos de levantamento topográfico, tornando-os mais rápidos e precisos. Tecnologias emergentes, como as Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP), aumentam a praticidade e agilidade, enquanto o correto processamento e a sobreposição de imagens garantem a qualidade e a precisão dos produtos. Esta pesquisa propôs analisar qual configuração de sobreposição seria mais eficiente para minimizar a perda de precisão nos produtos gerados. Para isso, foi realizado um levantamento aerofotogramétrico e o processamento das imagens em um software com algoritmos avançados, que sobrepoem as capturas e reconstróem objetos e terrenos em três dimensões. Após o desenvolvimento, percebeu-se que em altas sobreposições, mais imagens são capturadas e, consequentemente, exige mais tempo de processamento e recursos. Ao final do processamento, o *software* gerou relatórios que indicaram que a precisão das sete sobreposições analisadas estava dentro dos limites estabelecidos pelo Decreto nº 9.310, que determina um raio máximo de oito centímetros para imagens destinadas a levantamentos cadastrais urbanos. O problema questionável foi a distorção das edificações presentes no ortomosaico gerado em baixas sobreposições. Com isso, concluiu-se que sobreposições muito baixas apresentam muitas distorções no produto, dificultando a vetorização dos elementos, apesar de oferecerem um tempo de processamento reduzido. Em contrapartida, sobreposições excessivamente altas proporcionam excelente qualidade nos resultados, mas demandam um tempo de processamento elevado. Dessa forma, foram selecionadas duas sobreposições medianas, que demonstraram um excelente custo-benefício em relação à qualidade do produto e ao tempo de processamento.

Palavras-chave: Drone, Geoprocessamento, Planejamento Urbano, Sensoriamento Remoto e Topografia

1. INTRODUÇÃO

A Geografia é uma ciência dedicada à organização do espaço, tornando o uso de mapas fundamental. Eles são extremamente importantes, não apenas como ferramentas de pesquisa, mas também para a verificação de dados. A cartografia, sendo uma derivação da geografia, tem o objetivo de criar um modelo para representar dados relacionados aos processos que acontecem no espaço geográfico. Assim, a Geografia e a Cartografia trabalham lado a lado para garantir que as informações coletadas sejam representadas de maneira sistemática. Dessa forma, os mapas são essenciais para a compreensão dos fenômenos geográficos e dos temas estudados [1].

Historicamente, a cartografia dependia de técnicas manuais e de trabalhos de campo que demandavam bastante tempo. No entanto, o surgimento das geotecnologias transformou a maneira como os mapas são produzidos e utilizados. Com a evolução dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e a introdução das Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP), tornou-se possível obter imagens e dados georreferenciados com mais precisão e rapidez. As inovações tecnológicas trouxeram novas abordagens para a coleta e análise de informações, resultando em uma cartografia mais precisa e eficiente. Entre essas tecnologias destacam-se o SIG, Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e a cartografia digital, que ganharam relevância com o avanço da Geotecnologia.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm a capacidade de criar bancos de dados espaciais e processar informações, o que ajuda a superar a dificuldade de obter descrições espaciais detalhadas da área de estudo [2]. Esses softwares são utilizados para reunir um conjunto de dados adquiridos em campo, como por exemplo, fotografias aéreas, dados digitais, dados sensoriais, e estes devem estar georreferenciados, ou seja, esses dados devem conter coordenadas geográficas que representam um ponto na superfície terrestre. Com a entrada desses dados no *software*, há uma união de todos eles para que possam trabalhar em conjunto e poder produzir relatórios, mapas, dados estatísticos, entre outros produtos cartográficos.

De modo geral, a utilização do SIG para a cartografia digital é de suma importância, deixando de lado os modelos tradicionais de mapas impressos com atualização limitada, escalabilidade, interatividade, precisão e detalhamento, para modelos digitais com uma ampla área de aplicação e facilidade, fazendo com que haja um avanço nos estudos da geotecnologia.

Com o avanço da tecnologia e a demanda por maior precisão, a cartografia clássica foi gradualmente substituída. Isso só se tornou possível graças à disponibilidade de dados espaciais e às técnicas avançadas de análise [3].

O ARP – Aeronave Remotamente Pilotada - é um equipamento de alta tecnologia, equipado com câmeras e

sensores de alta precisão, que permite ao usuário ou controlador obter fotografias aéreas de forma prática, rápida e sem a necessidade de piloto a bordo, com o auxílio de uma câmera com alta resolução espacial [4]. Além dessas vantagens, o uso de ARP abre a oportunidade de sobrevoar grande áreas, trazendo ainda mais agilidade para levantamentos de grandes áreas.

A utilização de ARP para levantamentos topográficos foi uma revolução no que se trata de praticidade e rapidez nos levantamentos, substituindo os antigos métodos utilizando teodolitos e estações totais. Enquanto nos antigos métodos de levantamento topográfico, o processo se dividia em várias partes (desde a parte de recolher os dados *in loco*, até toda a parte de cálculos de planimetria feitos manualmente para, enfim, chegar no resultado), o uso de ARP é fundamental, por meio de imagens e utilização de programas adequados conseguimos resultados melhores e em menos tempo e com menos trabalho, pois todo o processo foi automatizado por meio de softwares.

A ortorretificação é um processo que visa corrigir uma imagem, de modo que cada pixel é colocado na posição geométrica teórica como se eles tivessem sido imageados na vertical ou mais próximo desta situação. Desse modo, a ortorretificação tem por objetivo gerar uma imagem em que as distorções internas (do sistema) e externas (da paisagem) são corrigidas, tornando as coordenadas mais precisas, e corrigindo os efeitos de perspectivas e a influência do relevo (vales e morros) sobre a geometria da imagem [5].

Outro parâmetro que devemos levar em consideração para um levantamento bem-sucedido, é considerar o melhor horário para levantamento onde haja pouco sombreamento e as imagens fiquem com melhor qualidade. A janela de voo pode ser dita como o período ideal para realizar o mapeamento aéreo. A necessidade de determinar este período depende principalmente da aplicação do produto gerado a partir do voo [6].

O parágrafo 3 do artigo 29 do Decreto nº 9.310, de 15 de março de 2018, estabelece que o erro posicional esférico dos vértices que definem os limites deverá ter um raio de, no máximo, oito centímetros.

O erro posicional esférico do vértice definidor de limite é crucial para o levantamento cadastral, visto que o limite do local de interesse vai ser definido através do ortomosaico gerado pelo processamento das imagens em softwares. Esses limites se dão através de um procedimento, no qual são gerados vetores sobre o ortomosaico georreferenciado, denominado “Vetorização”. Esses vetores representam geometrias básicas como linhas ou polígonos [7].

Uma das principais problemáticas para garantir os melhores produtos é assegurar que as imagens estejam bem sobrepostas, evitando falhas ou distorções que atrapalham o trabalho laboratorial. Dito isso, a escolha correta da sobreposição de imagens impacta diretamente a qualidade do produto, a precisão dos dados e o tempo de processamento dos dados.

Buscando alinhar a precisão e eficiência dos levantamentos aerofotogramétricos em paralelo com a importância de obter a configuração de sobreposição de imagens ideal, esse artigo busca analisar e comparar as diferentes combinações de sobreposições de imagens, chegando a um ponto ideal que une a qualidade e a precisão do ortomosaico, para assim, aprimorar o uso de ARPs em levantamentos cadastrais urbanos possibilitando que essas tecnologias sejam utilizadas de maneira mais eficiente em diferentes áreas de aplicação.

2. METODOLOGIA

Esta pesquisa propõe o estudo do desempenho de diferentes configurações de sobreposição em levantamentos aerofotogramétricos. Assim, quanto aos métodos de investigação, caracteriza-se como um estudo de caso, que analisa um caso específico para fundamentar a pesquisa. O estudo é classificado como qualitativo, pois aborda de forma descritiva e numérica os parâmetros, permitindo determinar as potencialidades de cada sobreposição avaliada. O objetivo do estudo é exploratório, pois pretende avaliar um problema cotidiano e apresentar o resultado através de um estudo de caso [08].

A área do levantamento situa-se em Mossoró-RN, no semiárido da região nordeste, no campus da Universidade Federal Rural do Semi árido (UFERSA) como demonstrado na Figura 1. O estudo foi feito na UFERSA por ser o local do laboratório do projeto em que esse trabalho está inserido e permitindo a facilidade no transporte pela disponibilidade dos equipamentos utilizados. Foram realizados sete levantamentos aerofotogramétricos, em um dia ensolarado, evitando sombreamento devido a fatores climáticos, cada um com uma variação diferente de sobreposição de imagens.

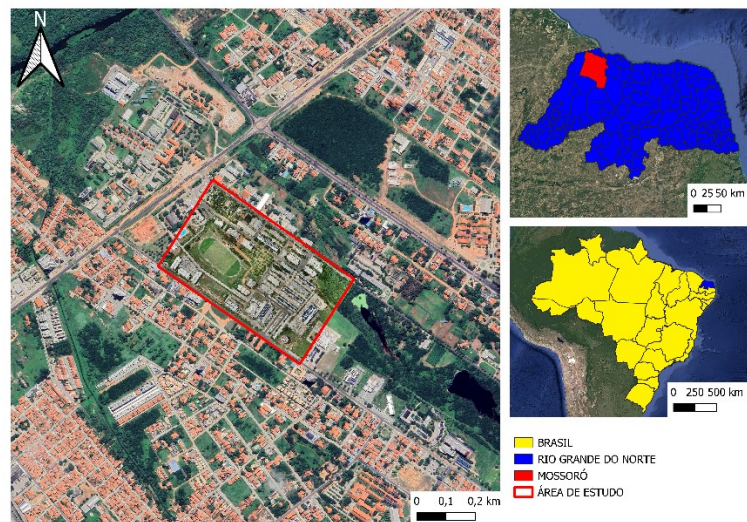


Figura 1. Área de Localização. Autoria Própria, 2024.

Para conseguir alcançar os objetivos deste artigo, foi utilizado o drone *DJI PHANTOM 4 RTK*, que pode ser observado na Figura 2. Como base estática, foi utilizado o RTK CHC X91+ com um rádio externo modelo DL8, onde se utilizou uma bateria externa para automóvel de 120 amperes. O rádio externo foi configurado com frequência de setenta *megahertz* (70MHz) e potência de sinal de vinte e oito *watts* (28W). Para a coleta de pontos de controle e pontos de verificação, foi utilizado o RTK CHC X91+ e para o processamento das imagens e geração de produtos de mapeamento foi utilizado o software *AGISOFT METASHAPE* versão 1.8 para estudante.

O sistema de referências utilizado no trabalho foi o Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul (SIRGAS) / UTM zona 24 SUL, na qual se configura um sistema que usa o plano cartesiano como base para suas coordenadas (x,y,z) e que suas distâncias são dadas em metros (m). Esse sistema plano-retangular, na qual um dos eixos corresponde a projeção no Meridiano Central do Fuso e o outro eixo com a projeção da linha do Equador [09].



Figura 2. Drone *DJI PHANTOM 4 RTK* . Acesso a Terra Urbanizada, 2019.

Inicialmente, foi realizado o planejamento do voo utilizando o controle de tela integrada do drone, que opera com o software GS RTK (versão V2.2.5-GSP). O planejamento abrangeu uma área de 19,45 hectares, onde foi padronizado os parâmetros do voo, conforme apresentado no Quadro 1, variando apenas as configurações de sobreposição de imagens.

Quadro 1. Parâmetros utilizados em todos os voos. Autoria Própria, 2024.

Altura de voo (m)	100
Velocidade de voo (m/s)	7
Modo de disparo	Timed shooting
Ângulo do Gimbal	-90

O voo foi realizado dentro da janela de voo, indicada na Figura 3, onde se obteve melhores resultados de imagens, pelo fato de não haver muita presença de sombreamento nas edificações, fazendo com que a qualidade do ortomosaico aumente se tratando de levantamento urbano.

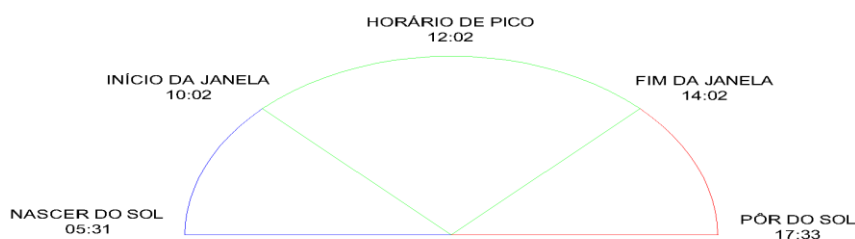


Figura 3. Representação da janela de voo ideal para o levantamento. Autoria Própria, 2024.

As variações de sobreposição de imagens (Lateral/Frontal) analisadas foram escolhidas com base em pesquisas bibliográficas e foi considerado também o método convencionalmente utilizado no projeto em que esta pesquisa está inserida, Acesso à Terra Urbanizada. Com base nessas referências, selecionaram-se sete combinações de sobreposições, conforme pode ser visto no Quadro 2 [10].

Quadro 2. Combinações de sobreposições utilizadas. Autoria Própria, 2024.

MODELO	Sobreposição Lateral	Sobreposição Frontal	Sobreposição total (Número de imagens)
A	80%	80%	25
B	70%	80%	20
C	70%	70%	16
D	80%	60%	15
E	65%	75%	12
F	50%	70%	8
G	50%	50%	4

O número de imagens apresentado no Quadro 2 é fruto de uma análise do processo de sobreposição. A sobreposição indica quanto de uma imagem está sobreposta em imagens subsequentes retiradas no voo no caso da sobreposição frontal, ou em faixas laterais entre as linhas de voo da aeronave no caso de sobreposição lateral.

A partir desta análise, foi possível determinar quantas imagens (em uma área centralizada do voo) são obtidas e estão sobrepondo um mesmo ponto. Os modelos foram nomeados de A à G em sentido decrescente baseados na quantidade de imagens em sobreposição.

Para iniciar o levantamento, foram distribuídos os alvos, como mostra um exemplo do alvo na figura 4, de pontos de controle (pontos que vão para processamento, realizar o georreferenciamento das imagens) em solo e os pontos de verificação (são utilizados para verificar o erro de apontamento e correção geométrica dos produtos) previamente planejados para serem distribuídos de maneira que a disposição dos pontos de controle seja realizada de maneira uniforme. No entanto, é importante considerar outros aspectos que influenciam essa distribuição, como as características do relevo, a precisão desejada e a viabilidade de instalação desses pontos. Em seguida, foram realizados os voos com as diferentes configurações de sobreposição entre as imagens [11].



Figura 4. Exemplo dos alvos utilizados para apontamento das imagens. Autoria Própria, 2024.

Após a execução dos voos, realizou-se o processamento das imagens capturadas, no *software Agisoft Metashape* versão 1.8 para estudante, seguindo o fluxograma da Figura 5, onde foi gerado um ortomosaico georreferenciado e um relatório de processamento para cada combinação de sobreposição. A partir do último pode-se analisar a precisão do levantamento aerofotogramétrico georreferenciado. Enquanto a partir do primeiro pode-se visualizar as distorções dos elementos presentes no ortomosaico.

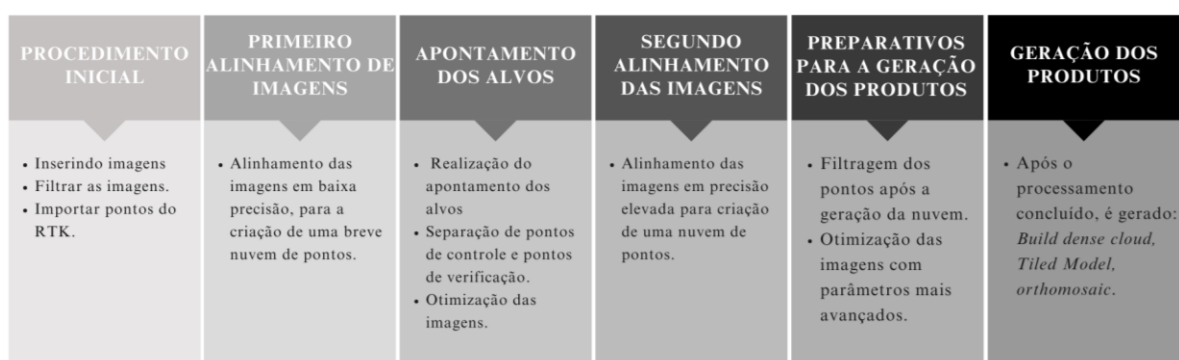


Figura 5. Fluxograma de processamento das imagens. Autoria Própria, 2024.

Todos os processamentos de imagens foram realizados com o mesmo computador [Quadro 3], para que as variáveis de tempo de processamento sejam anuladas, ao contrário se fosse realizado em máquinas com configurações diferentes.

Quadro 3. Configurações do computador utilizado. Autoria Própria, 2024.

Sistema Operacional	Windows 10
RAM	64 GB
CPU	AMD Ryzen 9 5950X 16-Core Processor
GPU(s)	AMD Radeon RX 6800 XT (gfx1030)

A partir do processamento dos ortomosaicos em diversas sobreposições que foram nomeadas em modelos de A à G. Inicialmente, realizou-se uma análise qualitativa destes produtos. Buscou-se analisar o efeito de distorção resultante nas imagens.

Os locais escolhidos para análise das distorções dos ortomosaicos foram pontos centrais na área escolhida. A distorção panorâmica deve-se à variação do Instantaneous field of view (IFOV), dentro do campo de visada da aeronave, pois o sensor cobre diferentes dimensões do terreno conforme a inclinação em relação ao nadir, definido como o ponto diretamente abaixo da aeronave, na linha vertical que vai para baixo a partir do horizonte da aeronave. Ocorre assim uma compressão dos dados nas regiões distantes do nadir (bordas da imagem), uma vez que a dimensão do terreno coberta é maior [12]. Além disso, os sensores mais modernos são direcionáveis,

aumentando a capacidade de imageamento de uma dada região fora do nadir. Tal explicação justifica escolher pontos centrais nas cenas, pois assim, seria avaliada a distorção baseada na quantidade de imagens sobrepostas e não em um erro já esperado.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dada a execução do aerolevanteamento e o processamento dos dados, conforme explicado na metodologia do presente trabalho, foi possível fazer a avaliação e análise qualitativa e quantitativa dos produtos. As Figuras 6, 7 e 8 apresentam exemplos de distorções nos ortomosaicos e como estas se apresentam em locais específicos quando variadas as sobreposições, ou seja, nos diferentes modelos.

Figura 6. Ortomosaico - detalhe dos modelos no prédio do Centro de Exposição da UFERSA. Autoria Própria, 2024.

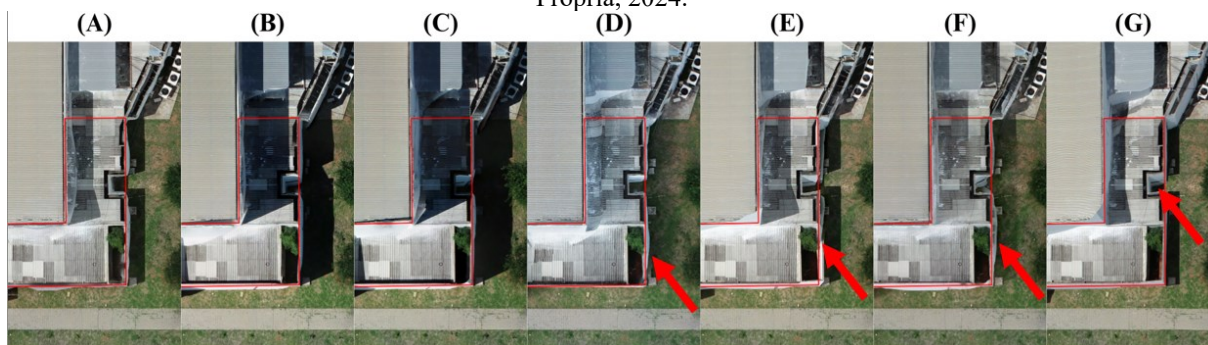


Figura 7. Ortomosaico - detalhe dos modelos no Centro de Convivência da UFERSA. Autoria Própria, 2024.

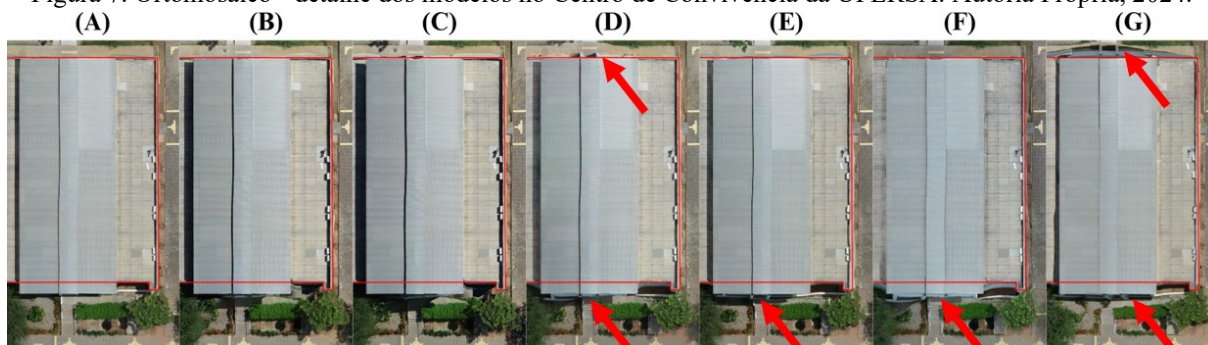
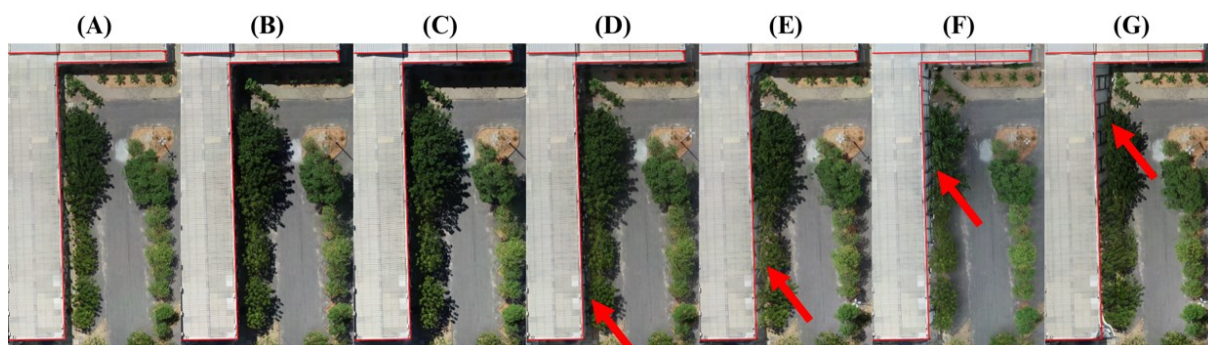


Figura 8. Ortomosaicos - detalhe dos modelos no Prédio da Reitoria da UFERSA. Autoria Própria, 2024.



É possível observar que os ortomosaicos provenientes dos modelos G, F e E, possuem grandes distorções das vistas ortogonais dos blocos como observados nas figuras 6, 7 e 8, apresentando (mesmo com a vista em planta) detalhes das fachadas dos prédios, tornando a perspectiva falha. O modelo D demonstra distorções de caráter discreto, o que não traz grandes perdas à percepção dos formatos dos blocos, porém, em um processo de vetorização, tais distorções podem vir a gerar erros de caráter centimétrico.

Os modelos A, B e C trazem muita precisão para os ortomosaicos no quesito do formato das edificações. Edificações urbanas costumam possuir ângulos retos e, ao representar os mesmos com fidelidade, reduzem-se os

possíveis erros de vetorização. Erros na ordem de centímetros podem ser suficientes para gerar problemas na área de cadastro urbano.

A partir do processamento das ortoimagens, o Agisoft Metashape é capaz de gerar um relatório de erros de georreferenciamento, produto técnico essencial considerando-se que esta técnica de levantamento ainda é insipiente e não aplicada de forma rotineira, ou seja, de pouco conhecimento da sociedade.

No Quadro 4, apresentam-se os erros apresentados pelos pontos de verificação, que são os alvos que são apontados nas imagens utilizados para verificar o erro do georreferenciamento no ortomosaico.

Quadro 4. Erros nos pontos de verificação (4 pontos). Autoria Própria, 2024.

SOBREPOSIÇÃO	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)	Imagem (pix)	Sobreposição total (Número de imagens)
MODELO A	2,00800	0,34572	3,82996	2,03754	4,33823	0,493	25
MODELO B	2,26140	0,41970	4,00134	2,30001	4,61528	0,365	20
MODELO C	2,12605	0,52116	4,19255	2,18899	4,72960	0,380	16
MODELO D	2,27690	0,55402	4,40831	2,34333	4,99244	0,371	15
MODELO E	2,35189	0,38128	3,41039	2,38260	4,16023	1,116	12
MODELO F	2,23285	0,37691	3,77644	2,26444	4,40332	0,332	8
MODELO G	1,89111	0,71082	4,77059	2,02029	5,18074	0,297	4

Com os 5 pontos de controle equidistantes, em uma área de 19,45 hectares, todas as sobreposições utilizadas no trabalho foram capazes de satisfazer o decreto nº 9.310, que trata de precisão de georreferenciamento para levantamento cadastral urbano. Por sensoriamento remoto com imagens de satélite, ainda não é possível atingir precisão e resolução necessárias. Para fins de comparação, um estudo mostra um resultado no processo de georreferenciamento onde o erro médio quadrático de 0,002419 unidade de imagem, ou seja, 13,70m utilizando imagens TM/Landsat-5 de 1995 [13].

A partir dos erros apresentados no Quadro 4, foram gerados dois gráficos que buscam representar tendência entre a precisão dos ortomosaicos (XY error ou Error total em centímetros, nas ordenadas) e a taxa de sobreposição, aqui representada pelo total de imagens sobrepostas (sobreposição total, número de imagens, na abscissa).

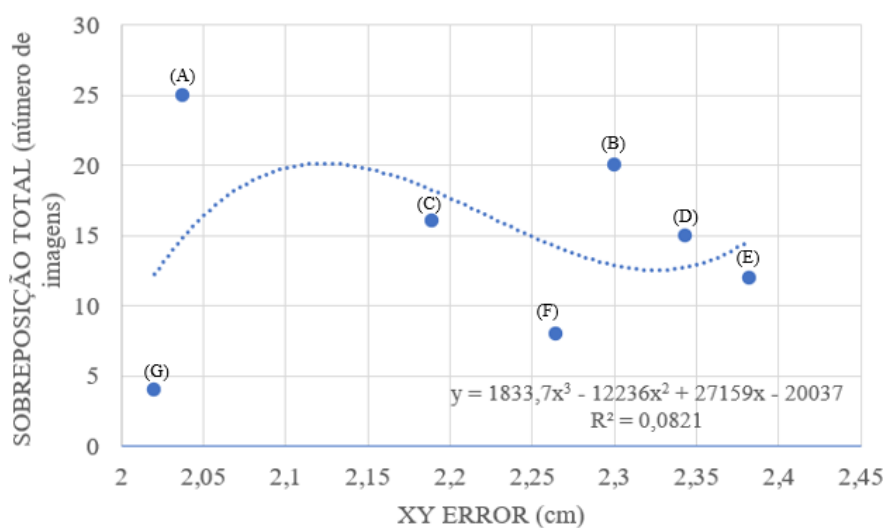


Figura 9. Número de imagens em sobreposição versus gráfico do erro planimétrico. Autoria Própria, 2024.

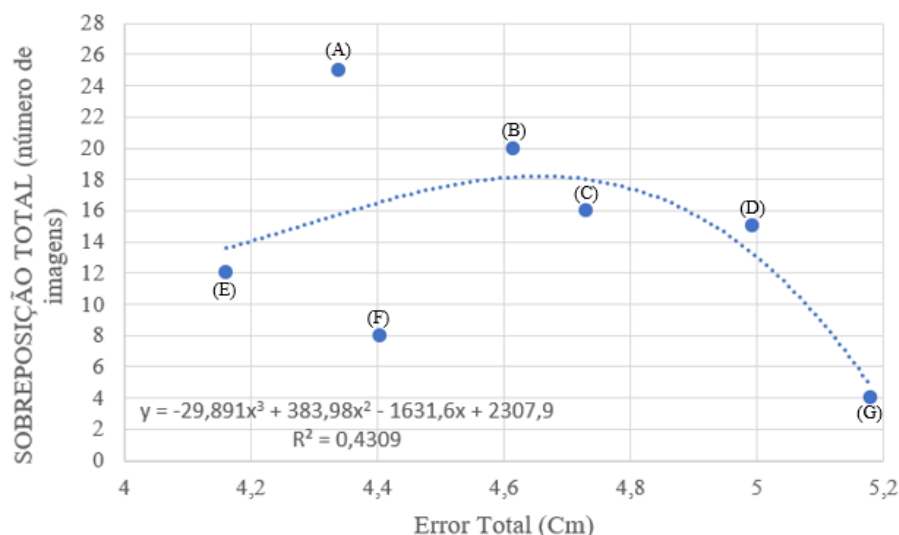


Figura 10. Número de imagens em sobreposição versus o erro total. Autoria Própria, 2024.

Na Figura 9, foi feita uma equação polinomial de terceira ordem, na qual obtivemos uma baixa correlação as variáveis analisadas (Representado pelo R^2), isso se dá pelo fato de haver ponto de fuga estatística, como os pontos dos modelos A e G, que são os extremos de sobreposição total.

Com isso, foi possível observar uma tendência de leve redução no erro ao aumentar-se a quantidade de imagens sobrepostas, comportamento esperado. O comportamento da curva havendo um pico, depois uma queda, seguido de uma subida novamente, nos mostra que há um ponto ideal onde a sobreposição é potencializada, nos trazendo um erro baixo comparado aos demais, dito que a sobreposição de imagens naquele ponto foi alta. A explicação para o R^2 ser baixo significa que outras variáveis podem ter influenciado na precisão, além da relação da sobreposição de imagens e erro planimétrico, que não foi captada pela equação.

Na Figura 10, a curva apresenta um comportamento com Pico em aproximadamente 4,6 cm de erro, onde há uma alta sobreposição de imagens, depois um declínio até onde há a menor sobreposição de imagem, no caso, o modelo G, levando a entender que, após o pico, o erro aumenta atrelado ao fato de que a sobreposição diminui. Embora o R^2 esteja baixo, ainda sim apresenta uma confiabilidade de 43%, o que nos mostra que a equação se adequa mais a relação feita na Figura 8.

Em ambos os casos, os dois gráficos apresentam uma análise relevante onde a precisão é proporcionalmente afetada pela quantidade de imagens sobrepostas, visto nos picos das curvas, mostrando que quanto mais próximo a esse pico, chega a uma potencialização dos resultados, que é onde há mais imagens sobrepostas.

Após o processamento dos dados pelo software *AGISOFT METASHAPE*, foi detectado que, se tratando de precisão do levantamento, todas as sobreposições realizadas nos testes atenderam aos requisitos mínimos estabelecidos pelo decreto nº 9310, para serem consideradas suficientes para fins de regularização fundiária.

Os valores obtidos de precisão quase se equiparam, comparando a menor sobreposição (50H / 50V) e a maior sobreposição (80H / 80V). Isso demonstra que além dos avançados recursos existentes no equipamento de voo e os excelentes resultados de processamento, a sobreposição de imagens não é um problema a ser perseguido variando as sobreposições, pois todas atingiram resultados satisfatórios.

Se tratando da qualidade dos Ortomosaicos, houve diferença quando comparados os erros causados pela falta de sobreposição. Com pouca sobreposição nas imagens, edificações ficaram distorcidas e, para fins de vetorização, tornaria o trabalho incorreto por conta da alta distorção, ao passo que, com a alta sobreposição, obteve-se um resultado satisfatório, pela avaliação subjetiva para a vetorização, pois a nitidez dos detalhes foram os grandes diferenciais quando comparado às sobreposições menores.

No quadro 4, apresenta os tempos de processamento de cada modelo. Os tempos de processamento é fornecido no relatório de processamento do próprio *software*, resultado de todos os passos realizados no processamento. Foi mostrado também os tempos de voo de cada modelo, dado esse extraído do planejamento de voo feito no controle do ARP, para que fosse feita uma análise quantitativa de tempo de voo que também interfere no tempo de coleta de dados e consequentemente, no tempo do levantamento *in loco*.

Quadro 4. Tempos de processamento de cada modelo. Autoria Própria, 2024.

MODELO	TEMPO DE PROCESSAMENTO	TEMPO DE VOO
(A)	2h51min48s	20min36seg
(B)	2h10min13s	14min36seg
(C)	1h32min24s	14min36seg
(D)	1h45min37s	20min36seg
(E)	1h03min26s	13min06seg
(F)	1h36min25s	10min05seg
(G)	0h45min38s	10min05seg

Vale ressaltar também o tempo de processamento, um ponto importante, visto que, quanto mais sobreposições de imagens, mais pontos vão ser gerados para compor a nuvem de pontos. Com uma nuvem de pontos mais densa e com mais pontos, o processamento pelo software vai ser mais demorado quando comparado a menor sobreposição, pois nas menores sobreposições, a quantidade de pontos que compõem a nuvem de pontos naquele processamento é menor, logo, o processamento das imagens para ser gerado o ortomosaico leva menos tempo. Com isso, existe uma relação entre o rendimento do tempo de processamento e a qualidade dos ortomosaicos gerados dito que, em baixas sobreposições de imagem, a geração do ortomosaico vai ser de maneira mais rápida, entretanto, a qualidade visual do produto vai ser afetada, por esse motivo, existe uma linha tênue entre celeridade no processamento do ortomosaico e a qualidade dele.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no estudo realizado, foi possível determinar diversos parâmetros relacionados ao processamento de ortoimagens voltadas para levantamentos cadastrais, bem como as precisões associadas ao georreferenciamento dessas imagens. Embora tenha sido observada uma leve melhoria na precisão conforme aumentava a sobreposição entre as imagens, nenhuma das configurações testadas para uma área de levantamento de 20 hectares atingiu uma precisão superior aos 8 centímetros exigidos pelo decreto nº 9.310. Isso sugere que todas as taxas de sobreposição analisadas foram adequadas para alcançar a precisão necessária.

Entretanto, a qualidade do ortomosaico, o produto gerado pelo processamento de imagens aerofotogramétricas, sofreu uma queda significativa quando se reduziu o percentual de sobreposição entre as imagens. Em outras palavras, a redução da sobreposição compromete diretamente a qualidade visual e técnica do mosaico de imagens podendo prejudicar a vetorização dos elementos da imagem.

Assim, a análise qualitativa do estudo revelou que as taxas médias de sobreposição, como nos modelos B e C, não prejudicaram a qualidade do ortomosaico final. Além disso, essas configurações resultaram em um tempo de processamento mais ágil, sendo um aspecto crucial ao lidar com um grande volume de imagens. Elas também proporcionaram um bom desempenho para atender às demandas dos serviços oferecidos, maximizando o uso dos recursos disponíveis, como a duração da bateria, o tempo de coleta de dados em campo e o tempo necessário para processar as imagens no escritório.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D'ALGE, Júlio César Lima. Cartografia para Geoprocessamento. Introdução à Ciência da Geoinformação. [S.l.: s.n.], 1999.
- [2] MELO, H. A., CUNHA, J. B. L., NÓBREGA, R. L. B., RUFINO, I. A. A. e Galvão, C. O. Modelos Hidrológicos e Sistemas de Informação Geográfica (SIG): Integração possível. IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2008.
- [3] Mendes Pontes, E.T., Silva Campos, G. and Bezerra de Carvalho, A. 2018. GEOTECNOLOGIAS, CARTOGRAFIA DIGITAL E GEOPROCESSAMENTO APLICADOS AO ENSINO DE GEOGRAFIA E DISCIPLINAS AFINS: UMA EXPERIÊNCIA DE EXTENSÃO NO SEMIÁRIDO CEARENSE. GeoFocus. International Review of Geographical Information Science and Technology. 21 (jun. 2018), 145–167. DOI:<https://doi.org/10.21138/GF.570>.
- [4] Lima, Pedro David Rodrigues. AEROFOTOGRAMETRIA POR MEIO DE VANTS: ANÁLISE DA VIABILIDADE NO LEVANTAMENTO PLANIALTIMETRICO / Pedro David Rodrigues Lima. - 2018.

-
- [5] MARTIN, L. Ortorretificação, o que é e para que serve? Disponível em: <http://www.engesat.com.br/ortorretificacao-o-que-e/>. Acesso 30 de ago. 2024
- [6] DRONENG. Janela de voo: o que é e como calcular? Blog DronEng, 21 set. 2017. Disponível em: <https://blog.droneng.com.br/o-que-e-janela-de-voo/>. Acesso em: 11 out. 2024.
- [7] FERNANDES, Rogério Taygra Vasconcelos et al. Geoprocessamento e estudos urbanos auxiliados por QGIS. Mossoró: Livraria da física, 2021. 247 p. ISBN 9786555631036.
- [8] PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. Metodologia do trabalho científico:: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. Novo Hamburgo: Editora Feevale, 2013. Disponível em: <https://www.feevale.br/Comum/midias/0163c988-1f5d-496f-b118-a6e009a7a2f9/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>. Acesso em: 26 out. 2024.
- [9] SANTOS, Wendel Gerônimo dos. Integração de sistemas de referência locais ao SIRGAS-2000 utilizando o método de colocação por mínimos quadrados / Wendel Gerônimo dos Santos – Recife: O Autor, 2008.
- [10] SOUSA, Raphael Duarte de; CAMPOS, Juliane Patrony; TORRETTA, Vinicius Salvador; ROSALEN, David Luciano; PEZZOPANE, José Ricardo Macedo; GUIMARÃES, Edilson da Silva; BERNARDI, Alberto C. de Campos. *Estudo preliminar do impacto da sobreposição aerofotogramétrica na elaboração de mapa de índice de vegetação*. In: ANAIS DA 14ª JORNADA CIENTÍFICA – EMBRAPA SÃO CARLOS, 2022, São Carlos. Embrapa Instrumentação e Embrapa Pecuária Sudeste, 2022.
- [11] Mundo GEO. "Mapeamento aéreo: quantos pontos de apoio utilizar?" *Mundo GEO*, 12 de setembro de 2023. Disponível em: <https://mundogeo.com/2023/09/12/mapeamento-aereo-quantos-pontos-de-apoio-utilizar>. Acesso em: 28 out. 2024
- [12] CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira (Orgs.). Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos: INPE, 2001.
- [13] BOLFE, Édson Luis; PEREIRA, Rudiney Soares; MADRUGA, Pedro Roberto de Azambuja; FONSECA, Eliana Lima da. Avaliação da classificação digital de povoamentos florestais em imagens de satélite através de índices de acurácia. *Sociedade de Investigações Florestais*, 2004.