

USO DE IMAGENS DE PEQUENO FORMATO COLETADAS POR UM RPA PARA ELABORAÇÃO DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS EM PROJETOS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS.

Jefferson de Faria¹; Alex Sezara de Souza¹

¹ SATC – Associação Beneficente da Indústria Carbonífera do Estado de Santa Catarina/Centro Tecnológico SATC. E-mails: jefferson.faria@satc.edu.br; alex.souza@satc.edu.br

RESUMO

O Núcleo de Meio Ambiente do Centro Tecnológico SATC (CTCL) avaliou a potencial utilização de produtos cartográficos elaborados a partir de imagens de pequeno formato, coletadas com uso de uma Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) como alternativa às imagens de sensoriamento remoto, utilizadas nos projetos de recuperação de áreas degradadas por mineração de carvão no Sul do Estado de Santa Catarina. Como estudo de caso foram selecionadas duas áreas com características de relevo e cobertura do solo semelhantes, porém com tamanho e finalidades distintas, a primeira denominada Mina Verdinho, localizada no Município de Forquilha, SC e a segunda área denominada São Domingos, localizada no Município de Lauro Müller/SC. Através de um quadricóptero rádio controlado equipado com dispositivos capazes de manter um plano de voo pré-estabelecido, foi possível capturar as imagens verticais para posterior processamento. Para as duas áreas de estudo foram confeccionados e inseridos pontos de controle em formato de "X" para identificação na imagem e posteriormente coletadas suas coordenadas para realizar a orientação geográfica do modelo. A primeira área possui uma extensão de aproximadamente 180 hectares despendendo de vários planos de voo, em razão das características operacionais de voo, sendo realizado a uma altura de 75 metros como medida de segurança e das limitações do equipamento, contabilizando quatro dias para o recobrimento aéreo de toda área e dois dias para a coleta dos pontos de controle e checagem, resultando em 2.222 imagens. O mesmo procedimento foi adotado para a segunda área, porém este com uma extensão de aproximadamente 45 hectares, altitude de voo de 90 metros, resultando em 759 imagens coletadas em 4 horas. O processamento das imagens realizado através de um *software* específico demanda de alta capacidade de *hardware*, quanto mais imagens, maior o tempo de processamento. Os resultados do processamento apresentaram-se satisfatórios quanto a escala. Por meio dos pontos de checagem e parâmetros do PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) foi possível avaliar a qualidade geométrica das ortofotos quanto a sua planimetria. Em comparação as imagens de satélite o grande destaque se dá ao nível de detalhe alcançado, chegando a 5 centímetros de resolução espacial nas ortofotos e a possibilidade de realizar recobrimentos em curto espaço de tempo a um custo reduzido.

Palavras-chave: RPA, Ortofoto, Aerofotogrametria, PEC.

ABSTRACT

The Environmental Center of the “Centro Tecnológico de Carvão Limpo” (CTCL), evaluated the potential use of cartographic products made from small format images, collected by the use of a Remotely Pilot Aircraft Systems (RPAS) as an alternative to the remote sensing images used in the projects Of recovery of degraded areas by coal mining in the South of the State of Santa Catarina. As a case study, two areas with similar relief and cover characteristics were selected, but with a different size and purpose, the first one called the “Verdinho” Mine, located in the city of Forquilha, SC and the second area called São Domingos, located in the city of Lauro Müller, SC. Through a radio-controlled quadricopter equipped with devices capable of maintaining a pre-established flight plan, it was possible to capture the vertical images for further processing. For both of the areas, the control points were inserted in an "X" format for the identification in the image and later their coordinates were collected to perform the geographic orientation of the model. The first area has an extension of approximately 180 hectares, taking several flight plans, due to the operational characteristics of flight, being carried out at a height of 75 meters as a safety measure and the limitations of the equipment, accounting for four days for the aerial recoating of each area and two days for the collection of control points and checkpoints, resulting in 2,222 images. The same procedure was adopted for the second area, but this one with an extension of approximately 45 hectares, flight altitude of 90 meters, resulting in 759 images collected in 4 hours. The image processing performed through

a specific software demands high hardware capacity, the more images, the longer the processing time. The results of the processing were satisfactory in terms of scale. Through the checkpoints and parameters of PEC, it was possible to evaluate the geometric quality of the orthophotos for their planimetry. As compared to the satellite images the great highlight is the level of detail achieved, reaching 5 centimeters of spatial resolution in the orthophotos and the possibility of realizing recovers in a short time at a reduced cost.

Key-Words: RPA, Orthophoto, Aerophotogrammetry, PEC.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade em obter atualizações do espaço geográfico faz com que geralmente sejam exigidas soluções rápidas e confiáveis, que auxiliem o gestor na análise da paisagem. Geralmente os produtos de sensoriamento remoto são a escolha feita pela maioria dos gestores, assim descreve (ROSETTE, 1999) dentre os processos utilizados para produção cartográfica, o mais comum é o aerofotogramétrico.

Por outro lado, nem sempre é possível adquiri-lo pois dificilmente realizam atividades em pequenas áreas, ou mesmo por necessitar de alto recurso financeiro para execução do mesmo. Conforme Amaral (2007) as melhores ferramentas de trabalho deverão ser simples o suficiente para elaborar produtos confiáveis e com custos reduzidos, de modo que não prejudique a qualidade dos resultados.

A obtenção de imagens de pequeno formato capturadas por meio de aviões, motoplanadores e aeromodelos deram início as pesquisas referentes a elaboração de produtos cartográficos digitais. Após a popularização das câmeras digitais portáteis em meados dos anos 2000, mesmo não sendo projetadas para esta finalidade, mas devido ao baixo custo de aquisição, muitos pesquisadores realizaram testes como apresentados em Machado et al. (2003) Amaral (2007) e Galo (2008), onde seus resultados comprovam que tal instabilidade dos parâmetros de orientação interior não afetam significativamente os resultados e, se essas câmeras forem devidamente calibradas podem proporcionar informações confiáveis.

É visto que muitos dos trabalhos realizados na década passada foram utilizadas plataformas de aquisição de imagens não tão precisas, seja devido ao fato de operarem com uma variação grande em sua altitude, direcionamento e a falta de realizar recobrimento lateral ou longitudinal bem-sucedido, especificados em seus planos de voo, exigências técnicas mínimas para um efetivo mapeamento aéreo, mesmo com essas condições se chegou a

resultados satisfatórios.

Em meados de 2006 Holger Buss e Ingo Busker desenvolveram uma plataforma multirrotor elétrico com grande estabilidade, poderosa suficiente para carregar uma carga útil de vários quilogramas que incorporava um gps, giroscópio, um sensor de aceleração e um sensor barométrico para controle de altitude, tornando o voo autônomo possível e de melhor confiabilidade.

Ao longo do tempo surgiram novas controladoras de voo para plataformas multirrotores e de asa fixa, mais uma teve grande importância, o projeto de código aberto ardupilot desenvolvido por Chris Anderson e Jordi Munoz que no decorrer dos anos tiveram grandes contribuições no desenvolvimento de seu código, desenvolvendo muitas das funções automatizadas existentes nos RPA's comerciais atualmente.

O RPA utilizado neste trabalho é capaz de realizar tarefas totalmente automatizadas como ser capaz de seguir uma rota pré-estabelecida, tirar fotografias em pontos pré-programados, pairar no ar, retornar ao ponto de decolagem, entre outras funções que qualquer profissional possa realizar um recobrimento aéreo sem que se tenha grandes dificuldades para planeja-lo e executa-lo com sucesso. A possibilidade de realizar recobrimentos em curto espaço de tempo a um custo reduzido são características que tornaram o uso deste equipamento tão popular.

Outro fator importante foi a evolução nos programas de processamento fotogramétrico de imagens digitais, capazes de gerar dados espaciais em três dimensões em um ambiente de processamento automatizado onde seu fluxo de trabalho é descomplicado, e de maior facilidade em manuseio. A popularização destas ferramentas fez com que a fotogrametria se tornasse mais acessível para pequenas empresas, porém deve ser realizada por um profissional com formação ou experiência em fotogrametria, para que, com seus conhecimentos técnicos, seja capaz de analisar os resultados

alcançados.

Como forma de avaliação dos resultados de um produto cartográfico um dos objetivos deste trabalho foi verificar a qualidade geométrica e a escala da ortofoto gerada, para tal, foi utilizado o padrão de exatidão cartográfica de acordo com os parâmetros definidos pelo Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984.

Este trabalho visa reportar a experiência do uso desta ferramenta como instrumento de trabalho, avaliando seus materiais, métodos e recursos humanos necessários para elaboração de produtos cartográficos.

2 CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS

Este trabalho apresenta o levantamento de duas áreas impactadas com dimensões e características distintas com o intuito de verificar as dificuldades operacionais para pequenas e médias áreas.

A primeira área denominada Mina Verdinho, localizada no Município de Forquilha/SC, mais precisamente entre as latitudes 28°47'6.15"S e 28°47'52.07"S longitudes 49°25'26.38"O e 49°26'57.86"O, considerada de médio porte, em seus 180 hectares apresenta características de relevo plano, vegetação rasteira em boa parte e vias de acesso que circundam todo seu limite. Quanto aos aspectos climáticos, a região apresenta condições favoráveis, como temperaturas médias de 19°C e predominância de ventos fracos. A área possui locais livres de obstrução de sinal de comunicação do rádio e de interferências magnéticas. Estes fatores viabilizando a execução dos trabalhos de campo como recobrimento aéreo e a implantação dos referenciais.

Seu limite apresenta uma forma geométrica regular, reduzindo a necessidade de faixas de voo adicionais para um efetivo recobrimento. Por se situar a 7km de um aeroporto medidas de segurança foram adotadas, como a realização dos voos em baixa altitude. No momento em que se realizou o trabalho as atividades minerárias de superfície encontravam-se paralisadas, o que facilitou a circulação no local no momento da operação de campo e consequentemente a redução de possíveis acidentes.

A segunda área denominada São Domingos, localizada no Município de Lauro Müller/SC, mais

precisamente entre as latitudes 28°23'36.24"S e 28°23'42.16"S longitudes 49°26'4.68"O e 49°26'4.37"O, considerada uma área pequena, compreende um pátio operacional de 45 hectares representados espacialmente em um formato geométrico irregular, com desníveis bem acentuados variando entre as cotas 237 e 322 metros em relação ao nível do mar. Por vezes o clima foi desfavorável ao voo, tendo em vista a proximidade da escarpa da serra geral, favorecedora da formação de ventos e chuvas convectivas no período em que ocorreu o levantamento. Apresenta em sua grande maioria cobertura de solo exposto, poucas edificações das quais, em nenhum momento apresentou interferência magnética ou obstrução para realizar o recobrimento aéreo. Todo local possui vias de fácil acesso com condições aceitáveis de circulação, uma vez que, neste local, o tráfego veículos pesados é constante.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O equipamento utilizado foi um RPA multirrotor da marca DJI Modelo *Phantom 3 Standard*, adquirido pela Carbonífera Metropolitana e cedido em contrato de comodato para a instituição de ensino SATC.

Figura 1: RPA Phantom 3 Standard.



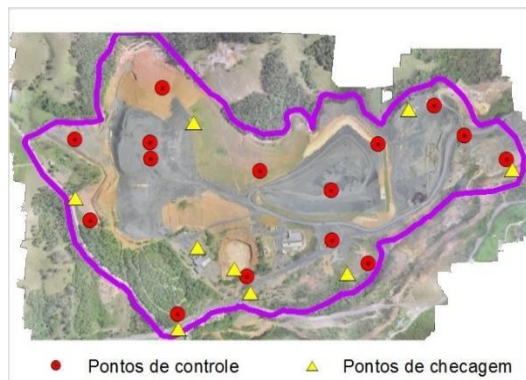
Fonte: DJI. <http://www.dji.com/phantom-3-standard> (2017).

Aeronave de propulsão elétrica pesando aproximadamente 1,2kg equipado com uma câmera digital de 12 megapixels, lente fixa equivalente a 20mm capaz de capturar imagens nos formatos jpg e raw ou vídeos em 2.7k e registrá-las em um cartão micro sd de até 32gb. Fixada em um *gimbal* de 3 eixos, mecanismo com recursos de motores que permite manter a câmera perfeitamente nivelada no plano horizontal ou vertical, apesar do multirrotor inclinar conforme vai se deslocando ou sofrendo intervenções por rajadas de vento, um *gimbal* mantém a câmera sempre nivelada e sem vibrações.

Figura 2: Guimbal.



Fonte: DJI. Link da imagem.



Fonte: dos Autores (2017).

Possui um rádio controle *wi-fi* de 5,8 GHz com alcance efetivo de raio de cerca de 500 metros de distância. Com um sistema inteligente ao detectar uma perda de sinal ou por ultrapassar os limites de distância ele retorna ao ponto de partida. Em condições de voo favoráveis, a duração da bateria é de aproximadamente 18 minutos.

Para o equipamento funcionar é necessário que esteja conectado um smartphone ou *tablet* via *wi-fi* através do aplicativo *DJI GO* disponível gratuitamente nas plataformas *IOS* ou *Android*. Com ele é possível visualizar a altitude, distância, nível de bateria, posição geográfica, número de satélites e velocidade. A imagem captada pela câmera possui qualidade de vídeo de 720P@30fps transmitidos na frequência de 2.4 GHz em tempo real.

O *DJI GO* proporciona total controle da câmera, ajustes, mudança do modo vídeo para modo foto e suas duas principais funções, pousar automático de onde estiver ou retornar ao ponto de partida e pousar, tudo isso de forma automática.

Para efeitos de avaliação da precisão geométricas dos produtos cartográficos foi escolhida a área 02, pois a metodologia aplicada é a mesma em ambas as áreas.

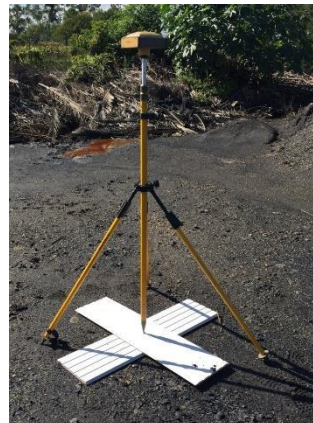
A primeira etapa foi analisar a poligonal da área estudada, para distribuição dos pontos de controle e de checagem. De posse da localização dos pontos foi realizada um mapa de campo para identificação dos mesmo em loco.

Figura 3: Distribuição espacial dos alvos.

Os pontos de controle foram materializados em formato de X medindo aproximadamente 1mx1m, utilizando para isso placas de PVC como alvo.

Após implantados os pontos iniciou-se o levantamento geodésico pelo método estático, utilizando um par de receptores GNSS.

Figura 4: Rastreo dos pontos de controle.



Fonte: dos Autores (2017).

Foi utilizado um marco topográfico das instalações da empresa como base para o levantamento, todos os pontos móveis tiveram um tempo de rastreo de 20 minutos, sendo o mais distante 630 metros da base. Levou-se dois dias para materialização e levantamento das coordenadas dos alvos. Para o processamento dos pontos foi utilizado o programa *Topcon Tools* onde todos tiveram solução fixa e precisão planialtimétrica menor ou igual a 3cm.

Foi utilizado um smartphone da *Apple* modelo *iPhone 6* com o Aplicativo *DJI GO* para calibração do

Phantom 3 e gerenciamento das configurações da câmera. Como o aplicativo *DJI GO* não possui ferramentas para elaboração de planos de voo, foram testados vários aplicativos gratuitos que tivessem as funções necessárias para obter sucesso na tomada das imagens. O aplicativo utilizado foi o *Pix4D Capture*. Ao carregá-lo temos vários modelos de multirrotadores disponíveis, sendo que para cada modelo existem limitações em razão de suas especificações. Após selecionar o modelo *Phantom 3 standard* foi selecionada a opção grade retangular definida seu tamanho em 350x350 metros, selecionar a altura do voo em relação ao solo de 90 metros.

O voo foi planejado para ter recobrimento lateral de 70% e longitudinal de 80%. Para recobrir toda extensão e mais as adjacências do polígono foram necessários 7 planos de voo.

Após selecionar as opções desejadas o aplicativo informa o tempo que irá levar para recobrir a área selecionada, que neste caso foi de 8 minutos.

Com uma bateria foi possível executar dois planos de voo. Antes de iniciar o voo o aplicativo fez um *check list* do nível de bateria, número de satélites, atualizou o ponto de decolagem, posicionou a câmera para nadir e carregou o plano de voo.

Durante a execução da missão é possível visualizar a linha de voo, a posição em tempo real, o local onde foram capturadas as imagens e o trajeto percorrido. Assim que é finalizada a missão, o RPA retorna ao ponto de decolagem.

O primeiro aerolevanteamento foi realizado entre as 10:30h e 12:00h. Com três baterias foi possível executar 4 planos de voo com sucesso. Às 14:25h iniciou-se a execução dos 3 planos de voo restantes, concluindo a tomada de imagens às 16:15h. Foram coletadas no total 759 imagens.

Para o processamento das imagens foi utilizado o *Agisoft PhotoScan Professional* versão 1.2.1 instalado em uma *workstation* com processador Intel Xeon 2.4GHz, 12 GB de memória, placa de vídeo NVidia Quadro 600 e sistema operacional Windows 8.1 Pro de 64 bits.

A primeira etapa é o alinhamento da câmera. Nesta fase, o *PhotoScan* procura pontos comuns nas fotografias e os combina, assim como encontra a posição da câmera para cada imagem e refina os parâmetros de calibração da câmera. Como resultado uma nuvem de pontos esparsa e um conjunto de

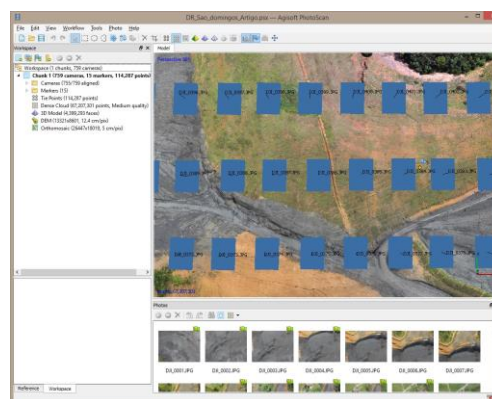
posições de câmera são formadas.

A primeira etapa é realizar a calibração da câmera, como o *Phantom* possui uma câmera de corpo fixo, foi utilizado os parâmetros já existentes no programa como sendo verdadeiros.

Ao carregar as imagens, são apresentadas as posições, bem como o nome do arquivo das mesmas no painel principal, isso é possível devido a leitura das coordenadas de navegação registradas pelo *Phantom* nos metadados das imagens.

A segunda etapa foi o alinhamento das imagens. Nesta fase, o *PhotoScan* procura pontos comuns nas fotografias e os combina, assim como encontra a posição da câmera para cada imagem e refina os parâmetros de calibração da câmera. Como resultado uma nuvem de pontos esparsa e um conjunto de posições de câmera são formadas.

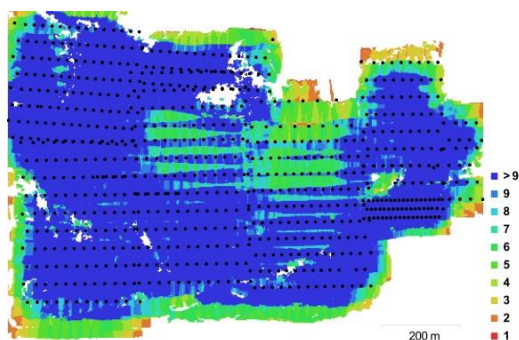
Figura 5: Representação da nuvem de pontos e o posicionamento das imagens com seus respectivos nomes.



Fonte: dos Autores (2017).

O próximo passo foi importar as coordenadas dos nove pontos de controle e marcá-los em cada imagem. Os marcadores são usados para otimizar o alinhamento de fotos, medindo distâncias e volumes dentro da cena, bem como, para o alinhamento de blocos. As posições dos marcadores são definidas pelas suas projeções nas fotografias de origem. Quanto mais fotos forem usadas para especificar a posição do marcador, maior será a precisão da colocação do marcador.

Figura 6: Localização das câmeras e sobreposição das imagens.



Fonte: dos Autores (2017).

Referenciado o modelo inicia-se o processo de construção da nuvem de pontos adensada, posteriormente foi aplicado um filtro para se remover os pontos acima do solo e gerada a triangulação para se obter o modelo digital do terreno. E a última etapa compreende a geração da ortofoto baseada no MDT. A ortofoto tem uma resolução espacial de 5 cm. A mesma foi exportada no formato .Tif.

A precisão e a acurácia da ortofoto foram avaliadas pelas discrepâncias calculadas entre as coordenadas planimétricas obtidas no levantamento geodésico, consideradas como verdadeiras, com as coordenadas dos pontos obtidas na ortofoto. Os valores foram avaliados para terem uma escala compatível com uma carta com PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) de classe A, conforme os padrões instituídos no Decreto Lei 89.817 de 20 de junho de 1984. Na tabela 01, é possível observar os valores dos erros.

Tabela 01: Discrepância dos valores obtidos.

Discrepâncias (Ref - Modelo)		
Ponto	ΔE	ΔN
PC09	0,1072	-0,2222
PC08	-0,0370	-0,2736
PC11	0,2281	0,0836
PC13	-0,1107	0,2456
PC15	0,0208	-0,0034
PC05	0,2782	0,1187
PC14	0,1951	-0,0606
PC10	-0,1646	-0,0618
PC01	-0,0215	-0,3237

Fonte: dos Autores (2017).

4 RESULTADOS

Conforme as especificações gerais da classificação de uma carta quanto a sua exatidão, o indicador estatístico de dispersão, define que 90% dos pontos correspondam a 1,6449 vezes o Erro-Padrão, sem que o mesmo não ultrapasse 60,8%.

A tabela 02 apresenta os valores das estatísticas das discrepâncias dos pontos de checagem, média, desvio padrão, erro médio quadrático, erro padrão, bem como, sua classificação ficando em 60,79.

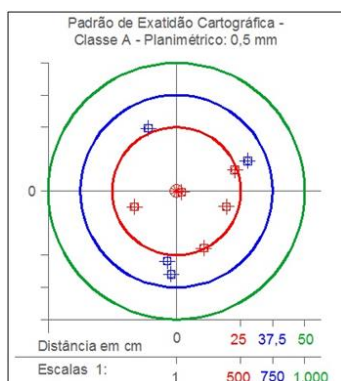
Tabela 02: Erro-Padrão, Desvio-Padrão e Erro-Médio-Quadrático.

	ΔE	ΔN
Média	0,0551	-0,0553
Desvio Padrão	0,1554	0,1905
Variância	0,0242	0,0363
EMQ	0,1566	0,1879
PEC	0,2575	0,3091
EP	0,0518	0,0635
% da PEC	60,7940	60,7940

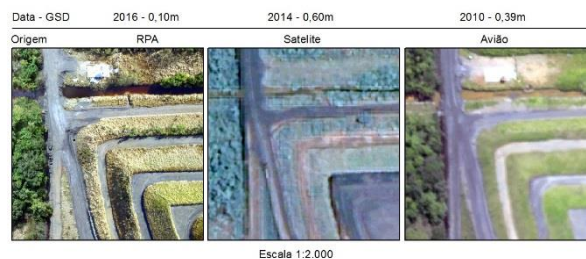
Fonte: dos Autores (2017).

A dispersão dos erros das discrepâncias encontradas eixos E e N foram representada um gráfico no qual cada círculo corresponde a uma escala, sendo o valor de seu raio o erro máximo admissível, expresso em centímetros. Pode ser observado que cinco dos nove pontos avaliados estão contidos no raio de escala 1:500 e os demais concentraram-se próximos a este. Porém a escala em que todos os pontos estão inseridos é a de 1:750, atendendo a PEC como sendo de classe A, conforme proposto.

Figura 7: Gráfico de dispersão.



Fonte: dos Autores (2017).

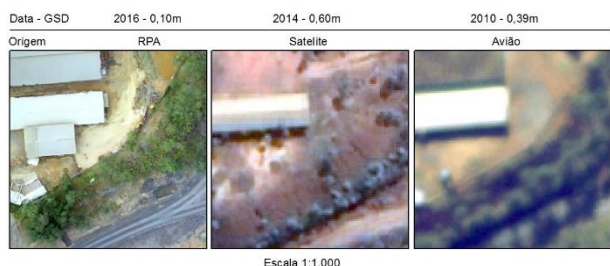


Fonte: dos Autores (2017).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma vez encontrada sua escala, são associados os tipos de trabalhos que podem ser utilizados estes produtos. A escala de 1:750 superou quaisquer escala de trabalho utilizada nos projetos ambientais de recuperação. Como pode ser visto na figura 8, a esquerda é apresentada a ortofoto gerada com o uso do rpa, de 5cm de resolução espacial, ao meio, imagem de satélite com 0,60cm e a direita, uma ortofoto obtida por avião com 0,39cm. O nível de detalhe apresentado, faz com que seja possível definir elementos de forma muito mais precisa.

Figura 8: Comparativo da resolução espacial da área denominada São Domingos, escala 1:1.000.



Fonte: dos Autores (2017).

O mesmo nível de detalhe foi alcançado na área denominada Mina Verdinho, na figura 9 é possível visualizar um detalhe de um canal auxiliar ao lado do depósito de rejeitos.

Figura 9: Comparativo da resolução espacial da área denominada Mina Verdinho, escala 1:2.000.

Através deste trabalho foi possível avaliar o potencial da utilização das imagens coletadas por rpa como uma importante ferramenta na elaboração de produtos cartográficos para diagnóstico e monitoramento ambiental de áreas degradadas.

É importante em um planejamento levantar as condicionantes temporais, morfológicas, geométricas, de cobertura do solo e locais existentes em cada área, pois as mesmas, implicam na sua execução, dispendendo de mais ou menos tempo para execução seja em locais de maior ou menor dimensão.

O RPA multirrotor utilizado, mesmo não sendo considerado para uso profissional, se mostrou uma plataforma muito estável capaz de executar fielmente o plano de voo e coletar imagens verticais.

A metodologia apresentada mostrou-se como uma alternativa viável para áreas de pequeno e médio porte, considerando o valor do RPA, hardware, software e recursos humanos empregados, quando comparados as soluções existentes atualmente no mercado.

Vale ressaltar que para se obter produtos que atendam as exigências cartográficas, os mesmos métodos devem ser aplicados por uma equipe capacitada e os resultados sejam analisados por técnicos com experiência na área cartográfica.

Como complementação a este trabalho, recomenda-se que sejam realizados estudos com maior número de pontos de checagem permitindo analisar outras variáveis, como por exemplo a componente altimétrica, possibilitando assim o aumento do número de aplicações.

6

REFERÊNCIAS

AGISOFT LLC. *Agisoft PhotoScan User Manual Professional Edition, Version 1.3*. Disponível em: <http://www.agisoft.com/pdf/photoscanpro_1_3_en.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2017.

ALVES JÚNIOR, Leomar Rufino et al. Validação de ortomosaicos e Modelos Digitais de Superfície utilizando fotografias obtidas com câmera digital não métrica acoplada a um VANT. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XVII., 2015, João Pessoa, PB. Anais.... São José dos Campos, SP: INPE, 2015. p. 2157 - 2164. Disponível em:** <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0436.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

AMARAL, R.F.; JUNIOR, A.V.F.; HENRIQUES, A.P.M. **Aplicações em estudos ambientais no Rio Grande do Norte**. In: DISPERATI, A.A.; AMARAL, R.F.; SCHULER, C.A.B (Org.). **Fotografias aéreas de pequeno formato: aplicações ambientais**. Guarapuava: UNICENTRO, 2007. p.179-218.

ARDUPILOT. *History of Ardupilot*. Disponível em: <<http://ardupilot.org/ardupilot/docs/common-history-of-ardupilot.html>>. Acesso em: 14 mar. 2017.

BRASIL. Constituição (1984). Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984. **Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional**. Brasília, DF, 22 jul. 1984.

DJI. *Guimbal*. Disponível em: <<https://developer.dji.com/mobile-sdk/documentation/introduction/component-guide-gimbal.html>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

DJI. *Phantom 3 Standard Specs*. Disponível em: <<http://www.dji.com/phantom-3-standard/info#specs>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

MIKROKOPTER. *History of Mikrokopter*. Disponível em: <<http://wiki.mikrokopter.de/en/Mikrokopter-Get-started#Introduction>>. Acesso em: 14 mar. 2017.

ROSETTE, A.C. **Emprego de Fotografias Aéreas Não-Métricas em Atualização Cartográfica**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Cartográfica. Rio de Janeiro: IME. 1999. 86p.