

**29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**  
**METROFERROVIÁRIOS**



**CATEGORIA 3**

**LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO PARA PROJETOS FERROVIÁRIOS:**  
**EXTENSÃO DA LINHA 13 – JADE DA CPTM PARA BONSUCESSO**

**AUTORES**

Fernando Galego Boselli e Rodrigo Morganti Neres

**1. INTRODUÇÃO**

A inauguração da Linha 13 – Jade da CPTM em 2018, com 10,3 km de extensão e três estações (Engenheiro Goulart, Guarulhos – CECAP e Aeroporto – Guarulhos), representou a inclusão do município de Guarulhos, segundo maior da Região Metropolitana de São Paulo, na rede de transportes sobre trilhos e promoveu alternativa de acesso ferroviário ao Aeroporto Internacional Governador André Franco Montoro para trabalhadores e passageiros.

Com o intuito de ampliar o atendimento, beneficiar passageiros nas viagens com outros municípios da região metropolitana e estabelecer novas conexões com a rede metroferroviária, a CPTM desenvolveu projeto funcional para extensão da Linha 13 – Jade, que estabeleceu o seu prolongamento em dois sentidos: (I) em direção leste no município de Guarulhos a partir da Estação Aeroporto – Guarulhos; (II) em direção sudoeste no município de São Paulo a partir da Estação Engenheiro Goulart.

# 29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

## 10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



A CPTM estabeleceu dar continuidade à implantação da extensão da Linha 13 – Jade pela extensão leste no município de Guarulhos, sentido Bonsucesso. Para isso, está em elaboração o anteprojeto de um novo trecho com 4 estações e aproximadamente 10 km de extensão, que passa por Jardim São João, Jardim Presidente Dutra e Bonsucesso, alguns dos distritos mais populosos de Guarulhos (figura 1).



Figura 1 - Extensão da Linha 13 - Jade para Bonsucesso

Esse anteprojeto é composto por 10 produtos que contemplam a consolidação e atualização dos estudos e projetos anteriores, a inclusão de estudo mercadológico para empreendimentos associados junto às estações, a atualização dos estudos ambientais, sondagens, cadastro de

**29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**  
**METROFERROVIÁRIOS**



redes e serviços, desenvolvimento do anteprojeto de infraestrutura e edificações, análise da viabilidade econômico-financeira e orçamento paramétrico.

O principal subsídio para este anteprojeto, em conjunto com estudos anteriores desenvolvidos para o ramal, é o levantamento planialtimétrico. Serviços de campo dessa natureza para projetos ferroviários são, ao mesmo tempo, importantes e complexos, pois trazem informações fundamentais para a consistência do resultado. Porém, usualmente envolvem uma extensa área a ser coberta, demandando tempo elevado de execução, e estão sujeitos a intempéries e imprevistos, podendo atrasar as atividades subsequentes.

Desse modo, e levando-se em conta o nível de detalhamento e a precisão requeridos para o desenvolvimento de um anteprojeto, bem como a necessidade de dados compatíveis com os softwares utilizados para o desenvolvimento com a metodologia BIM (*Building Information Modeling*), optou-se por um levantamento aerofotogramétrico georreferenciado ao invés de um serviço topográfico tradicional realizado com estação total, teodolito e equipamentos em solo.

Este artigo apresenta como se deu o processo de desenvolvimento, os resultados e os benefícios obtidos com o levantamento aerofotogramétrico planialtimétrico georreferenciado que está sendo utilizado atualmente na elaboração do anteprojeto de extensão da Linha 13 – Jade da CPTM para Bonsucesso, no município de Guarulhos.

**29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**  
**METROFERROVIÁRIOS**



## **2. DIAGNÓSTICO**

O processo para realização do levantamento ocorreu em três etapas e demandou a contratação de empresa especializada. Por se tratar da primeira vez que um levantamento dessa natureza seria demandado pela CPTM, a primeira etapa compreendeu a elaboração de especificação técnica com descrição dos serviços a serem executados e das características dos produtos a serem entregues pela contratada. A segunda etapa, após a definição da empresa vencedora do processo licitatório, foi o planejamento técnico e logístico, as providências para autorização do aerolevante junto ao órgão regulador e a realização dos voos. Nesta etapa, reuniões realizadas entre técnicos da CPTM e da empresa contratada definiram o conteúdo e os parâmetros de representação de informações. A terceira e última etapa incluiu o desenvolvimento dos produtos solicitados e a análise deles pela CPTM.

### **2.1 PRIMEIRA ETAPA: PREPARAÇÃO DA CONTRATAÇÃO**

Nos últimos anos o uso das aeronaves remotamente pilotadas (ARPs), popularmente conhecidas por “drones”, se difundiu e a tecnologia se popularizou. Conforme Lima (2018), a utilização da fotogrametria para o levantamento topográfico também vem se intensificando, principalmente após o avanço da fotografia digital, a intensificação do uso civil de ARPs, a integração destes com sistemas de navegação por satélite e a diminuição do peso de sensores e câmeras.

Para Lima (2018), a maior flexibilidade de voo das ARPs, desde que sigam as normas estabelecidas pelos órgãos reguladores, possibilita a obtenção de fotografias aéreas georreferenciadas por um

**29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**  
**METROFERROVIÁRIOS**



valor mais acessível, com menor tempo de aquisição e com dados de boa precisão. Destaca ainda a potencialidade no uso das imagens obtidas através do processamento das fotografias e a consequente obtenção de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) e de ortomosaicos tanto para mapeamento topográfico quanto para aplicação em estudos sobre uso e cobertura da terra.

Por mais que a aplicação deste equipamento venha se comprovando como uma boa alternativa para esses usos, uma preocupação inicial foi garantir a qualidade dos produtos e evitar que amadores e entusiastas da tecnologia sem experiência técnica com todas as atividades que envolvem a elaboração de um levantamento topográfico pudessem prestar serviço para a CPTM. Nesse sentido, a primeira etapa do trabalho envolveu uma série de reuniões técnicas com fornecedores e outras empresas públicas e privadas de transporte e infraestrutura que contrataram serviços similares para desenvolvimento de projetos.

Com essas reuniões foi possível confirmar a aderência deste tipo de tecnologia às necessidades da CPTM para o desenvolvimento do anteprojeto da extensão da Linha 13 – Jade, bem como algumas especificações mínimas para garantir a qualidade dos produtos e as limitações da fotogrametria como ferramenta para obtenção de levantamento topográfico. A partir da experiência relatada pelas contratantes e fornecedoras, entendeu-se também que o levantamento poderia ser realizado tanto por uma aeronave com câmera e sensores embarcados quanto por uma ARP, visto que a qualidade dos produtos seria satisfatória com ambos e a variedade de métodos ampliaria a possibilidade de empresas participantes.

Com base nas exigências que outras empresas solicitaram quando contrataram serviços similares, nas especificações técnicas da CPTM para levantamentos planialtimétricos

**29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**  
**METROFERROVIÁRIOS**



tradicionais, na expertise adquirida pela CPTM no desenvolvimento de projetos em BIM e nos subsídios necessários para a elaboração do anteprojeto da extensão da Linha 13 – Jade, foi definido que os seguintes produtos seriam entregues:

- MDT (Modelo Digital do Terreno);
- MDS (Modelo Digital da Superfície);
- Ortofotomosaico verdadeiro (True Ortofoto);
- Arquivos vetoriais da base cartográfica digital georreferenciada nos formatos DWG e SHAPFILE contendo todas as feições perceptíveis e pontos cotados;
- Relatório Técnico Final.

Uma série de definições acerca das especificações técnicas dos serviços também aconteceu nesta primeira etapa, dentre as quais destacam-se: área a ser levantada (figura 2); sistema de coordenadas (Sistema Topográfico Local - STL e sistema de coordenadas UTM - Sirgas 2000 23º Sul); necessidade de pontos de controle em campo para garantir a precisão dos produtos; precisão do pixel do ortofotomosaico verdadeiro (Ground Sample Distance - GSD); nível de detalhe da base cartográfica digital a partir da escala dos desenhos e da distância entre curvas de nível; instruções para processamento dos dados e imagens; formato de entrega dos produtos; conteúdo do relatório técnico final; e, por fim, a necessidade de aprovação do plano de voo junto aos órgãos responsáveis pelo controle de tráfego aéreo.



Figura 2 - Área coberta pelo levantamento aerofotogramétrico

Todas essas informações técnicas fizeram parte do Termo de Referência (TR) utilizado na contratação e que norteou o desenvolvimento dos trabalhos.

## **2.2 SEGUNDA ETAPA: PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES**

A segunda etapa iniciou-se após a definição da Base Aerofotogrametria e Projetos como empresa vencedora do processo licitatório. Trata-se de empresa tradicional no mercado, fundada em 1974, e especializada no imageamento aerofotogramétrico, topografia e geodésia, na produção de mapas, cartas e plantas destinadas ao planejamento territorial e ambiental e à gestão de território e de projetos de engenharia.

Para o planejamento das atividades, a contratada desenvolveu plano de trabalho contendo a programação de todas as ações necessárias para realização dos serviços e para entrega dos produtos definidos no TR, contendo análise das tarefas, estruturação do projeto nos setores de

**29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**  
**METROFERROVIÁRIOS**



coordenação de cada atividade técnica e providências junto ao Ministério da Defesa, órgão regulador das atividades de aerolevanteamento.

A decisão de incluir a possibilidade de o levantamento ser realizado por aeronave com câmera e sensores embarcados se mostrou acertada pois a empresa contratada possui ampla experiência com esse método. No plano de trabalho foram definidas as seguintes premissas para a realização do voo com aeronave e cumpridas na sua execução:

- Imagens aéreas obtidas em dias claros e sem nuvens;
- Sobreposição longitudinal das imagens de  $60\% \pm 5\%$  (figura 3);
- Sobreposição lateral das imagens de  $30\% \pm 5\%$  (figura 3);
- Em cada faixa, os pontos principais das três primeiras e das três últimas exposições fora dos limites fixados para a área de trabalho;
- Aquisição das imagens com o sol situado acima do círculo de altura de  $30^\circ$ ;
- Diferença entre os ângulos azimutais (*Kappa*) entre duas imagens consecutivas de uma mesma faixa inferior a  $3^\circ$  (três graus);
- Imagens claras e nítidas em detalhes, uniformes em brilho e contraste, sem sombras, zonas brilhantes ou marcas estáticas e sem zonas com reflexão especular solar ou qualquer outro tipo de artifícios que dificultem seu uso para efeitos cartográficos.



**29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**  
**METROFERROVIÁRIOS**

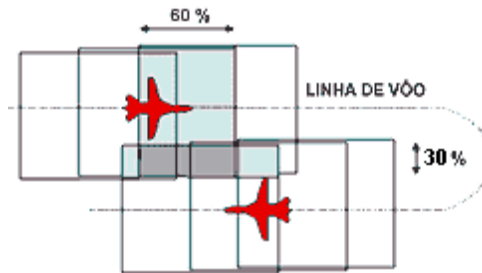


Figura 3 - Sobreposição das imagens

O plano de voo foi gerado (figura 4) considerando essas premissas, a área a ser levantada (aproximadamente 12 km de extensão e 3 km<sup>2</sup> de área) e a cobertura aerofotogramétrica (GSD de 5 cm), informações contidas no TR.

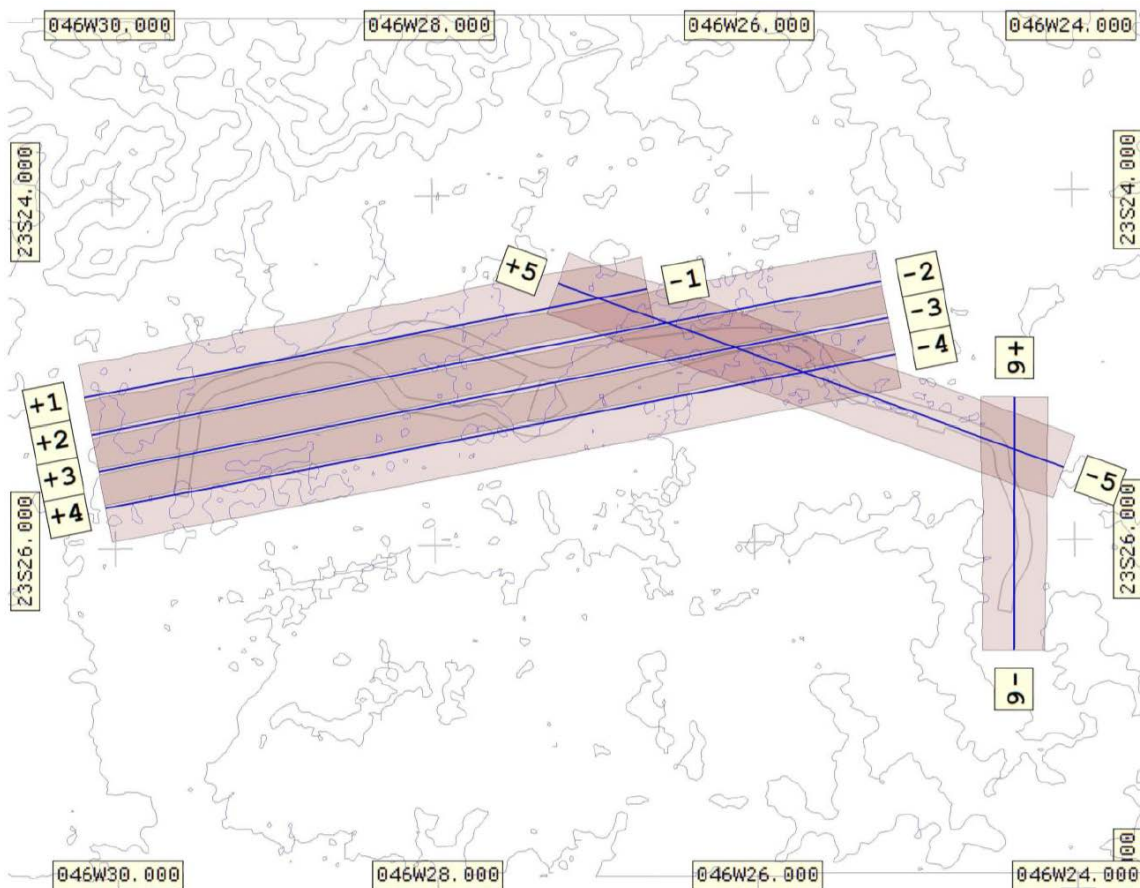


Figura 4 - Plano de voo

**29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**  
**METROFERROVIÁRIOS**



No plano de trabalho foram definidas também as diretrizes para apoio terrestre fotogramétrico, cujo objetivo foi determinar coordenadas e altitudes de um conjunto de pontos do terreno, nítidos e identificáveis nas fotografias aéreas, necessários para execução das operações fotogramétricas de aerotriangulação. A quantidade de pontos medidos em campo garantiu que o resultado final da aerotriangulação permitisse a geração do ortofotomosaico e da base cartográfica digital, com precisão na escala 1:250, conforme definido no TR.

Este apoio terrestre foi baseado nos vértices geodésicos do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e o rastreamento de pontos considerou no mínimo, dois vértices geodésicos de origem para o transporte de coordenadas e o uso de equipamentos GPS de dupla frequência (L1/L2). Foram entregues como anexo do relatório final as monografias dos vértices geodésicos de origem, a listagem de processamento/ajustamento do apoio suplementar e listagem de coordenadas dos pontos de apoio. Além disso, foram anexadas fotos dos pontos de apoio e dos pontos de controle.

Além dos pontos de apoio suplementar, pontos de controle (PC) foram definidos na etapa de planejamento e rastreados durante a execução do levantamento para comparar com as suas respectivas coordenadas no ajuste da etapa da aerotriangulação, ortofotomosaico e base cartográfica digital.

Durante a etapa de planejamento foi definida também a articulação das folhas (figura 5). Garantindo a precisão na escala 1:250 requerida no TR, optou-se pela representação das ortofotos e da base cartográfica digital georreferenciada na escala 1:500 para otimizar a representação nas folhas. A área levantada foi dividida em 50 pranchas tamanho A1

**29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**  
**METROFERROVIÁRIOS**



sequenciadas numericamente a partir do trecho final da linha que está em operação, próximo à Estação Aeroporto – Guarulhos, em direção leste.

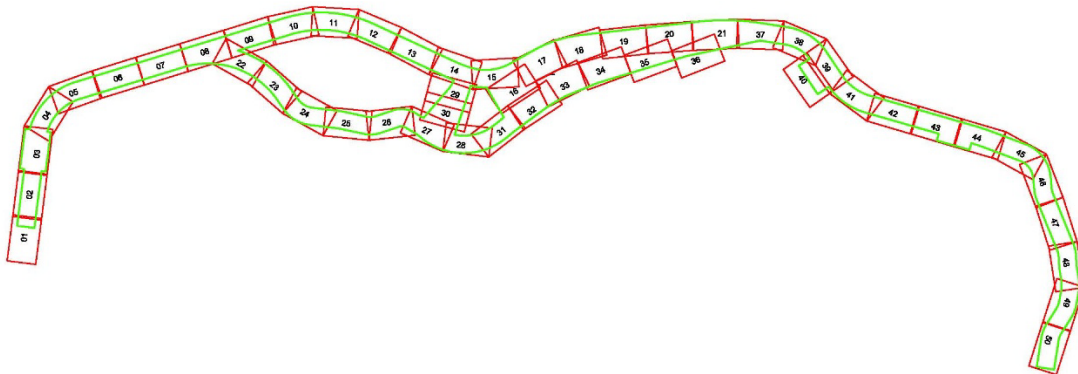


Figura 5 - Articulação das folhas

Por último, foram definidos os elementos a serem representados na base cartográfica digital georreferenciada, bem como os símbolos e as convenções cartográficas. Para isso foi elaborada uma tabela de níveis com as informações dos nomes das camadas, tipos de entidades gráficas (polilinha, símbolo, polígono, etc.), traços, cores e níveis e também a convenção cartográfica correspondente para cada elemento com feição “símbolo”. Foi definido ainda que os elementos caracterizados por entidades geometricamente fechadas deveriam ter suas coordenadas iniciais e finais iguais, formando entidades topologicamente fechadas. Elementos definidos por dados lineares estarão topologicamente contínuos.

Após a autorização concedida pelo Ministério da Defesa, os voos de levantamento aerofotogramétrico foram efetivados em três dias com aeronave especialmente adaptada e homologada para tomada de imagens aéreas conforme Decreto-Lei nº 1.177, de 21 de junho de 1971 e suas regulamentações e alterações. Ela está equipada com câmera aerofotogramétrica

**29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**  
**METROFERROVIÁRIOS**



automática digital de grande formato modelo PhaseONE IXA180-55mm, com piloto automático e equipamento rastreador de satélites do sistema NAVSTAR – GPS, para a orientação do voo. Além disso, possui sistema inercial e GPS para a realização de um voo apoiado e possui sistema de gerenciamento, registro e armazenamento dos dados do voo.

### **2.3 TERCEIRA ETAPA: DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE**

Finalizado o planejamento das atividades e executado o levantamento, a terceira etapa contemplou a elaboração, a entrega e a análise dos produtos. Iniciou-se com o processo de aerotriangulação, executado no software CORRELATOR3D pelo método de triangulação por blocos de feixes utilizando os dados coletados pelo sistema GNSS/INS e pontos de apoio de campo fotogramétrico.

A distribuição de pontos fotogramétricos foi, no mínimo, de 3 pontos fotogramétricos por região de Gruber. Nas sobreposições entre imagens (modelos) foram medidos, no mínimo, 3 pontos fotogramétricos por região de Gruber. Nas sobreposições entre faixas foram medidos, no mínimo, 2 pontos de ligação por região de Gruber. Um relatório de aerotriangulação contendo as precisões encontradas, coordenadas de todos os pontos do apoio, resíduos e parâmetros de orientação exterior foi entregue como anexo do relatório final.

A precisão dos dados da aerotriangulação permitiu a geração de ortofotomosaico e a base cartográfica digital com precisão na escala 1:250.

**29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**  
**METROFERROVIÁRIOS**



Após a aerotriangulação foi executado o processo automatizado de geração do MDS (Modelo Digital da Superfície) e MDT (Modelo Digital do Terreno), usando ferramentas de edição manual intuitivas para atender às especificações requeridas. Os produtos resultantes da elaboração do MDT e MDS foram entregues em meio digital no formato GEOTIF e LAS recortado conforme articulação de folhas definida para o projeto.

As imagens digitais da cobertura aerofotogramétrica passaram por um processo de retificação diferencial para eliminar os deslocamentos devidos ao relevo e à inclinação do sensor fotogramétrico.

O processo de obtenção das ortofotos, a mosaicagem e o tratamento de contraste e brilho foram automáticos, com a utilização de software específico. No processo de mosaicagem das imagens corrigidas foi observada a continuidade geométrica e radiométrica entre as sucessivas folhas.

Garantindo a precisão na escala 1:250, conforme solicitado no TR, as ortofotos foram recortadas em folhas na escala 1:500. No recorte das folhas foram observadas uma superposição compatível com a articulação de folhas definida para o projeto (figura 6).

As ortofotos foram entregues em meio digital nos formatos GeoTIFF, com arquivos auxiliares TFW, recortadas seguindo a articulação de folhas definida para o projeto. As ortofotos foram entregues também attachadas e clipadas em layer compatível ao número da folha num DWG, nos dois sistemas de coordenadas solicitados (STL e UTM/Sirgas 2000).

Para a base cartográfica digital georreferenciada foi executada inicialmente a restituição na escala 1:500 no sistema de projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), referenciado no

**29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**  
**METROFERROVIÁRIOS**



Sirgas 2000. Esta restituição foi feita em estações fotogramétricas digitais dotadas do software gráfico para cartografia digital denominado Digi3D da Digi21.



Figura 6 – Ortofotomosaico

A indicação dos elementos representados seguiu a tabela de níveis apresentada no plano de trabalho. As seguintes informações fotoidentificáveis foram restituídas:

- Sistema Viário (SV): Estradas e rodovias, acostamento, caminho, ferrovia, vias pavimentadas e não pavimentadas, ciclovia, calçada, e corredor de ônibus
- Obras de Arte (OA): bueiro, barragem, túnel, pinguela, ponte, viaduto, passarela, defense, galeria e trincheira;
- Hidrografia (HD): rios, lagos, lagoas, açudes perenes e intermitentes, alagados com e sem vegetação, vala, dreno, canal e canaleta; e,
- Hipsografia (HG): movimento de terra, crista, pé, areia, afloramento rochoso, mineração, aterro, lixão e erosão;
- Vegetação (VE): orla de vegetação e árvores isoladas;

**29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**  
**METROFERROVIÁRIOS**



- Detalhe Planimétrico (DP): alinhamento indefinido, limite de ocupação desordenada (utilizada para aglomerado de edificações), muro, cerca de arame, mista, madeira e viva, muro de arrimo, edificação, parque, jardim, gradil, alambrado, construção, fundação, ruína, cemitério, campo de futebol, piscina, escada, rampa, monumento, cobertura, linha de alta tensão, poste de energia, luminária e misto, torre, grandes antenas, orelhão, estação de tratamento, subestação de energia, grandes tubulações, reservatório, poço, tanque, faixa de domínio, poço de visita, boca de lobo e leão, hidrante e pórtico de linha férrea;
- Hipsometria (HM): curva de nível mestra com equidistância de 5 em 5m e intermediária com equidistância de 1 em 1m, pontos cotados em aparelho e ponto de nível d'água.

Como exemplo, os nomes dos níveis nos arquivos digitais foram representados, com a seguinte estrutura:

Adotou-se TA-SV-ESTRADA\_PAVIMENTADA, onde:

- TA = Levantamento aerofotogramétrico por restituição;
- SV = categoria de sistema viário a que pertence o elemento;
- ESTRADA\_PAVIMENTADA = elemento.

Os dados restituídos foram impressos e encaminhados ao campo onde foram realizadas a reambulação visando esclarecer dúvidas e omissões sobre detalhes visíveis nas fotografias e de difícil interpretação e classificação durante o processo de restituição. Também foram levantados os tipos de poço de visita, numeração de porta, quantidade de pavimento das edificações e

**29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**  
**METROFERROVIÁRIOS**



toponímias de edificações notáveis (igreja, escola, unidade de saúde e grandes comércios) e estes dados foram inseridos no processo da edição.

As operações de edição e revisão consistiram em:

- Gerenciamento dos modelos da restituição para divisão do processo de edição;
- Edição geral com verificação das ligações dos modelos restituídos;
- Preparação final das folhas, com malha de coordenadas;
- Verificação final da continuidade de detalhes em folhas adjacentes; e,
- Correção dos apontamentos da revisão.

A edição e a revisão dos dados espaciais restituídos foram executadas em estações gráficas utilizando o software Autocad Map da Autodesk. O produto final da restituição (figura 7), com precisão na escala 1:250 e representação na escala 1:500, foi entregue em arquivo único, com dispositivo de impressão (layout) no sistema de referência SIRGAS2000, projeção UTM em formato DWG.

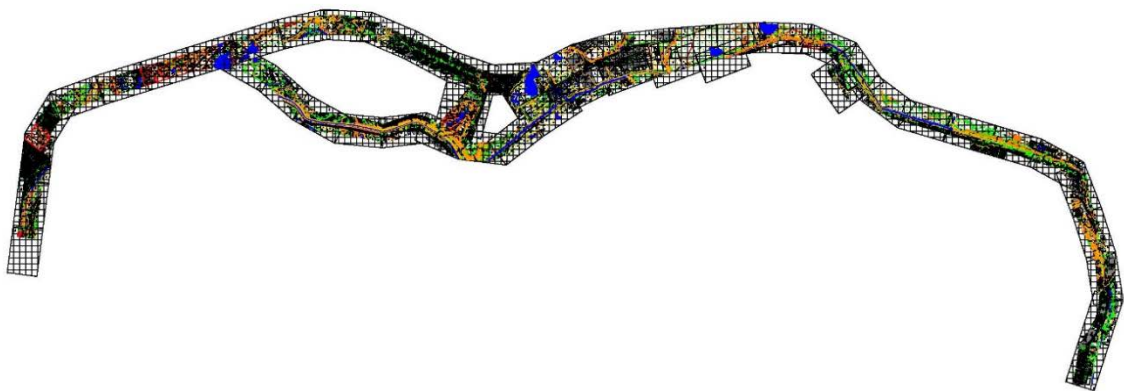


Figura 7 - Base cartográfica digital georreferenciada



**29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**  
**METROFERROVIÁRIOS**



Após a aprovação oficial dos produtos entregues, a contratada transformou os dados da base cartográfica digital para os parâmetros do Sistema Topográfico Local, conforme a Especificação Técnica da CPTM, onde a origem do STL tem o vértice geodésico 91607-PILAR1 (USP).

Visando abastecer o sistema de informações geográficas corporativo da CPTM (Sistema RAIZ), foi solicitado no TR que a base cartográfica digital fosse disponibilizada também no formato SHP (SHAPEFILE). Para isso os dados tratados foram transformados para tal formato, seguindo a padronização existente em especificação técnica da CPTM.

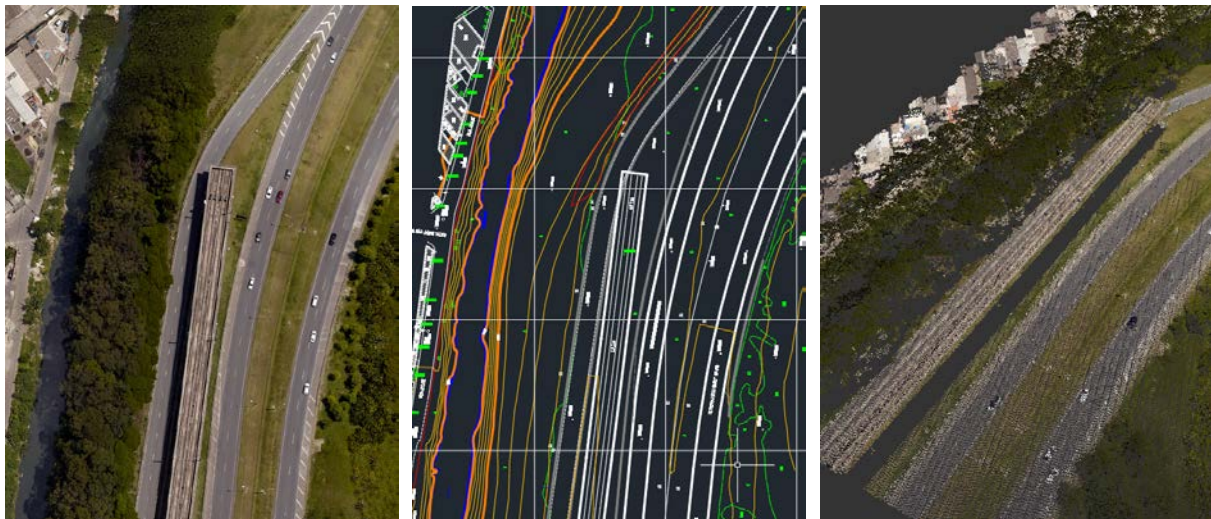


Figura 8 - Representação do mesmo trecho na ortofoto, na base cartográfica digital georreferenciada e no MDS  
(Modelo Digital da Superfície)

### **3. ANÁLISE DOS RESULTADOS**

O resultado foi positivo, pois o período de execução foi relativamente curto. Foram necessários apenas três voos, realizados em três dias, para cobrir a área de projeto. Além disso, a qualidade dos produtos foi satisfatória, contendo as informações planialtimétricas necessárias, sobretudo o MDT (Modelo Digital do Terreno), o MDS (Modelo Digital da Superfície), o ortofotomosaico e a

**29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**  
**METROFERROVIÁRIOS**



base cartográfica digital georreferenciada em formato DWG que atenderam às especificações técnicas solicitadas e se mostraram compatíveis com os softwares de desenvolvimento de projeto.

### **3.1 RAPIDEZ NA EXECUÇÃO DOS VOOS X RESTRIÇÕES**

Os levantamentos foram realizados em apenas três voos ocorridos em dias distintos, porém, uma série de restrições impostas pelo controle de tráfego aéreo demandou aproximadamente 3 meses para que esses voos ocorressem. Esse período prolongado para realização ocorreu porque a área levantada está localizada nas proximidades do sítio do Aeroporto Internacional de Guarulhos e, de modo a se minimizar o impacto nos eventos de pousos e decolagem do aeroporto, os voos para esse tipo de serviço de levantamento só podem ser autorizados aos finais de semana, permitindo poucas janelas na grade horária da operação comercial.

Outro aspecto que deve ser salientado é a questão das condições climáticas no dia da realização dos voos. Em mais de uma ocasião a empresa contratada obteve a autorização do voo, porém, na data e horário programados, as condições de visibilidade não eram favoráveis, o que fez com que não se concretizasse o levantamento sob essas circunstâncias.

Essas restrições tinham sido apontadas nas consultas aos fornecedores e empresas na primeira etapa do trabalho. Visando considerá-las no cronograma, foi previsto um período de 60 dias para a realização dos voos, porém esse prazo para levantamentos próximos à sítios aeroportuários se mostraram apertados. Em uma eventual próxima contratação nos arredores de aeroportos recomenda-se reservar um período maior de no mínimo 90 dias.

### **3.2 QUALIDADE E USOS DOS PRODUTOS**

Uma vez concluídos os levantamentos de campo, iniciou-se as atividades de processamento e formatação do material coletado de modo a permitir a continuidade dos trabalhos e a respectiva conclusão na forma dos produtos digitais provenientes da captação do sensor LIDAR embarcado na aeronave, respectivamente o MDT (Modelo Digital do Terreno) e o MDS (Modelo Digital da Superfície). Os outros dois produtos, o ortofotomosaico e a base cartográfica digital georreferenciada são, por assim dizer, mais convencionais, ligados aos levantamentos aerofotogramétricos tradicionais, mas não por isso menos importantes.

Essa etapa de atividades de escritório costuma ser mais demorada que as atividades de campo propriamente ditas, exigindo, no caso da restituição da base cartográfica digital, minucioso trabalho das equipes técnicas em atividades quase artesanais.

De maneira geral, a qualidade de todo o pacote de serviços contratados atendeu às expectativas e aos critérios e parâmetros apontados na documentação técnica que orientou a contratação.

O MDT e o MDS, associados à base cartográfica, são produtos importantes para o desenvolvimento do anteprojeto de extensão da Linha 13 – Jade na metodologia BIM e estão sendo utilizados principalmente para elaboração do projeto geométrico do traçado da via permanente, do projeto geométrico rodoviário e de outros produtos relacionados à infraestrutura e edificações.

O ortofotomosaico, por sua vez, auxiliará na identificação das áreas necessárias para a implantação do empreendimento, bem como nas análises ambientais.

**29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**  
**METROFERROVIÁRIOS**



### **3.3 OUTRAS POSSIBILIDADES DE USOS DO LEVANTAMENTO**

Embora o levantamento em questão tenha sido realizado no intuito de subsidiar e possibilitar o desenvolvimento do anteprojeto de extensão da Linha 13 – Jade, os produtos entregues permitem uma gama de outros usos.

Como apontado anteriormente, foram solicitados os arquivos vetoriais da base cartográfica digital em shapefile (formato SHP), de modo que esse material pudesse ser incorporado no banco de informações geográficas corporativo da CPTM (Sistema Raiz), que à época de sua implantação ainda não contava com informações do trecho da Linha 13 – Jade atualmente em operação.

Outro uso possível a partir do material do levantamento aerofotogramétrico é o estudo de outras naturezas técnicas em relação à extensão da Linha 13 que não estejam no âmbito do contrato do anteprojeto de extensão da linha, dissociando a contratação do levantamento única e exclusivamente em função da existência do anteprojeto de extensão leste.

Desse modo, a versatilidade da contratação desse tipo levantamento é acertada, uma vez que atende ao objetivo de permitir o subsídio técnico no âmbito do anteprojeto, porém não se restringindo somente a essa finalidade.

**29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**  
**METROFERROVIÁRIOS**



#### **4. CONCLUSÕES**

Além da qualidade dos produtos e da adequação ao uso principal previsto, a realização do levantamento aerofotogramétrico georreferenciado resultou no aprimoramento técnico da equipe envolvida, fruto da experiência com um novo método de levantamento e da adoção de novas tecnologias.

A experiência de se contratar um tipo de atividade pela primeira vez na CPTM envolveu desafios e atividades preliminares que passaram pela pesquisa técnica, consulta a empresas que realizam esse tipo de serviço no mercado e também troca de experiências com outras empresas públicas e órgãos de governo que já contrataram levantamentos dessa natureza anteriormente. Toda essa pesquisa e ferramental culminou na especificação técnica que acompanhou a documentação da contratação, resultando em ganho de aprendizado técnico para a equipe envolvida.

O desenrolar das atividades contratadas também acrescentou conhecimento técnico, pois a experiência prática permitiu identificar aspectos que funcionaram e outros que poderiam ser aprimorados em uma futura contratação de levantamento semelhante.

Sendo assim, frente aos benefícios obtidos no desenvolvimento do anteprojeto de extensão da Linha 13 – Jade para Bonsucesso, a utilização de levantamento aerofotogramétrico planialtimétrico georreferenciado como subsídio para projetos ferroviários da CPTM é recomendada e deve ser considerada, principalmente para anteprojetos de novas linhas.

**29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**  
**METROFERROVIÁRIOS**



## **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

CPTM. **Plano de trabalho:** Prestação de serviços de engenharia para execução de levantamento aerofotogramétrico planialtimétrico georreferenciado na área onde está prevista a extensão da Linha 13 – Jade, sentido leste no município de Guarulhos. São Paulo: CPTM, Base Aerofotogrametria, 2021a.

CPTM. **Termo de referência:** Prestação de serviços de engenharia para execução de levantamento aerofotogramétrico planialtimétrico georreferenciado na área onde está prevista a extensão da Linha 13 – Jade, sentido leste no município de Guarulhos. São Paulo: CPTM, 2021b.

CPTM. **Relatório técnico final:** Prestação de serviços de engenharia para execução de levantamento aerofotogramétrico planialtimétrico georreferenciado na área onde está prevista a extensão da Linha 13 – Jade, sentido leste no município de Guarulhos. São Paulo: CPTM, Base Aerofotogrametria: 2021.

LIMA, P. D. R. **A aerofotogrametria por meio de VANTs:** análise da viabilidade no levantamento planialtimétrico. 2018. Monografia (graduação em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, 2018.