



TERMO DE REFERÊNCIA

AEROLEVANTAMENTO COM TECNOLOGIA LIDAR DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

1 - DO OBJETO

1.1 Fornecimento de Modelo Digital de Terreno (MDT) e Modelo Digital de Superfície (MDS) para parte do estado do Rio Grande do Sul a partir de Aerolevantamento com tecnologia LiDAR (Light Detection and Ranging) conforme especificação prevista no presente edital.

O serviço contratado deverá apresentar como produtos finais:

1.1.1 Nuvem de pontos com densidade mínima de 8 (oito) pontos/m², após classificação e filtragens dos dados brutos efetivamente levantados, gravados no formato LAS versão 1.4 ou superior (LiDAR LASER) obtida a partir de Aerolevantamento com tecnologia LiDAR (Light Detection and Ranging).

1.1.2 Modelo Digital de Terreno (MDT) e Modelo Digital de Superfície (MDS), em formato Raster (GEOTIFF), esses produtos devem atender a uma resolução espacial mínima de 25 cm, e ser compatíveis com escala 1:2.000. Para a geração da nuvem de pontos, o espaçamento nominal entre pulsos (ENEP) deve ser no máximo, de 25 cm, o que corresponde a uma densidade mínima de oito pulsos por metro quadrado (8 pto/m²). Deve ser considerado um retorno mínimo de 25% destes em solo.

2 - JUSTIFICATIVA

2.1 O Estado do Rio Grande do Sul foi severamente impactado por intensas inundações e movimentos de massa. Diante desse cenário, busca-se aprimorar os mapeamentos de áreas de risco, bem como os sistemas de alerta e os planos de contingência voltados à gestão de eventos críticos de origem hidrológica.

2.2 Considerando a responsabilidade do Estado na mitigação dos impactos decorrentes de desastres naturais, é fundamental que os entes estaduais, municipais, órgãos da administração pública e instituições de pesquisa técnica e científica estejam respaldados por informações precisas e confiáveis sobre as áreas suscetíveis a inundações e movimentos de massa (como deslizamentos de encostas). Nesse contexto, torna-se imprescindível a realização de um levantamento altimétrico de alta precisão, com representação contínua, uniforme e



referenciada a sistemas geodésicos padronizados. Tal levantamento permitirá a elaboração de Modelos Digitais de Superfície (MDS) e de Terreno (MDT), abrangendo toda a extensão territorial do Estado do Rio Grande do Sul, por meio da técnica de perfilamento a laser (LiDAR), na modalidade aerotransportada.

2.3 Considerando que o Governo Federal está conduzindo a contratação de mapeamento topográfico utilizando a técnica LiDAR para uma área de 167.287 km² — correspondente à parte da porção leste do Estado —, o Governo do Estado do Rio Grande do Sul realizará o mapeamento da área remanescente, localizada na porção oeste e parte do litoral norte, com o objetivo de viabilizar o mapeamento topográfico da totalidade do território estadual.

2.4 Entre os objetivos do projeto destacam-se:

2.4.1 Realizar o mapeamento digital do terreno e de superfície de parte do estado do Rio Grande do Sul, através de sistema de perfilamento a LASER (LiDAR).

2.4.2 Gerar Modelo Digital do Terreno (MDT) e Modelo Digital de Superfície (MDS), de acordo com formato especificado neste edital, visando publicitação gratuita e sua ampla utilização por diferentes organismos do Estado, municípios, instituições de pesquisa, profissionais, entre outros.

2.4.3 Os produtos gerados a partir do processamento deste levantamento atenderão a diferentes finalidades, sendo que, no contexto deste Termo de Referência, a geração das informações de alta qualidade são especialmente estratégicas para garantir:

- i) a modelagem hidrodinâmica para previsão de níveis de corpos hídricos;
- ii) o mapeamento de áreas suscetíveis a inundações;
- iii) o mapeamento de áreas suscetíveis a movimentos de massa;
- iv) o planejamento de uso e ocupação do solo.

2.4.4 Complementarmente a esses objetivos, os produtos também poderão ser utilizados para:

i) Aprimorar o Balanço Hídrico integrado ao Sistema de Outorga de Água do RS (SIOUT RS);

ii) Mensuração precisa de alturas de vegetação pela diferença entre Modelo Digital de Terreno (MDT) e Modelo Digital de Superfície (MDS);

iii) Outros usos em que as informações do MDT e/ou MDS se façam necessários.

2.5 O estado do Rio Grande do Sul foi atingido severamente por inundações e movimentos de massa, por isso, se faz necessário que o estado disponibilize informações altimétricas para que outros entes, principalmente os municípios, tenham capacidade de melhorar o planejamento, tanto em relação aos planos de contingência contra inundações e movimentos de massa,



quanto na elaboração, ou revisão, dos planos diretores municipais de desenvolvimento urbano.

2.6 Atualmente o sistema de alertas de inundação está baseado em modelo hidrológico chuva-vazão. O estado está atuando para viabilizar a utilização de modelo hidrodinâmico em que as informações altimétricas são fundamentais para a acurácia dos resultados dos modelos, e também para identificar cotas para fins de alerta.

2.7 Os atuais mapas de topografia e modelos digitais de elevação do estado do Rio Grande do Sul encontram-se desatualizados devido à ocorrência de inundações e movimentos de massa, entre outros motivos que acarretaram em diversas modificações geomorfológicas do relevo.

2.8 O objeto desta contratação é a execução de serviço de mapeamento topográfico, classificado como Serviço de Engenharia, com caráter inédito no âmbito do Estado do Rio Grande do Sul. Ressalta-se, no entanto, que não se trata de uma obra de engenharia, conforme as atribuições da Secretaria de Obras Públicas (SOP), uma vez que o produto final consiste em arquivos digitais contendo produtos cartográficos georreferenciados, e não em intervenções físicas no território. Os produtos cartográficos gerados serão utilizados como base técnica para o mapeamento de áreas de risco a inundações e deslizamentos, estando, portanto, alinhados às competências do Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento (DRHS), vinculado à Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA). A forma de pagamento adotada será por entrega de produto, conforme cronograma físico-financeiro a ser estabelecido no contrato. A estimativa de preços será realizada com base em orçamentos detalhados fornecidos por empresas especializadas, conforme metodologia descrita no Estudo Técnico Preliminar (ETP), garantindo a adequação orçamentária e a competitividade da contratação.

3 – DO CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO PROJETO

3.1 O mapeamento deverá ser executado no prazo total de 10 (dez) meses, incluídos nesse período os 30 (trinta) dias iniciais destinados à aprovação do plano de trabalho, à solicitação da Autorização de Voo junto ao Ministério da Defesa e à mobilização dos recursos materiais e logísticos necessários à execução dos serviços.

3.2 O prazo para a aquisição dos dados por meio de sobrevoo terá início a partir da data de expedição da Autorização de Voo do Ministério da Defesa (AVOMD).

3.3 Os dados brutos e os produtos processados deverão ser entregues em disco rígido externo



(duas cópias para cada área mapeada). Adicionalmente, a CONTRATADA deverá garantir a preservação integral dos dados por um período mínimo de cinco anos, utilizando meios adequados de armazenamento e backup. A organização e o cronograma de entrega dos produtos seguirão uma divisão por articulações, a ser definida em conjunto com a CONTRATANTE.

3.4 A área total a ser mapeada será dividida em três (3) setores, cuja delimitação ficará a cargo da CONTRATADA na fase de planejamento. A ordem de execução do mapeamento deverá ser apresentada no plano de trabalho, acompanhada do respectivo cronograma.

3.5 A definição das áreas a serem contempladas pelo mapeamento topográfico teve como base a cartografia na escala 1:25.000 elaborada pela SEMA (disponível em: <https://ww2.fepam.rs.gov.br/bcrs25/>), utilizada como insumo principal. Essa base foi sobreposta à área prevista para mapeamento pelo Governo Federal, permitindo, por meio do cruzamento das informações geoespaciais, a delimitação precisa da área de interesse estadual. Com o objetivo de evitar lacunas cartográficas (vazios de dados) nas bordas das áreas mapeadas, foi aplicado um buffer de 1.000 metros ao redor dos limites definidos. Essa margem de sobreposição corresponde à largura média de uma faixa de voo, garantindo continuidade e integridade na cobertura dos dados topográficos.

3.6 As áreas a ser mapeadas compreendem as regiões destacadas em amarelo no mapa abaixo, representando as porções complementares àquelas já contempladas no mapeamento em execução pelo Governo Federal (representadas em cinza). A extensão total da área a ser mapeada é de 107.882,01 km².

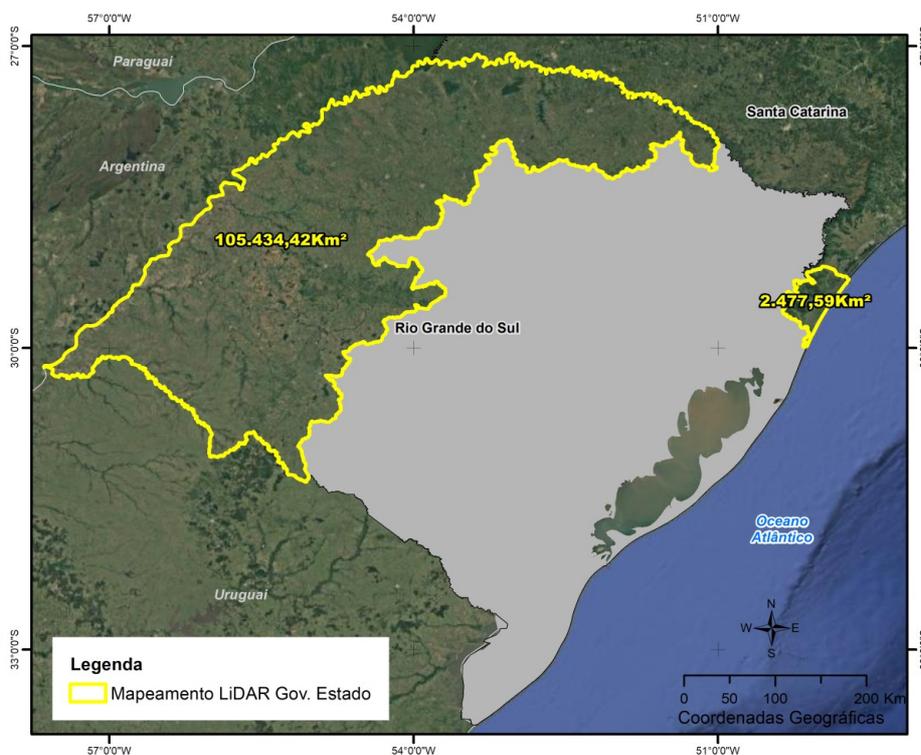


Figura 1: Mapa das áreas onde será realizado o mapeamento topográfico.

3.7 Os relatórios parciais deverão ser entregues juntamente com os respectivos produtos a que se referem. O relatório final deverá ser apresentado no prazo máximo de 15 (quinze) dias após a entrega do último produto.

3.8 A CONTRATADA deverá realizar a avaliação da qualidade dos dados e produtos gerados antes de sua entrega. Os resultados dessas avaliações deverão ser incluídos nos relatórios parciais e no relatório final.

3.9 Os pagamentos serão efetuados com base nos produtos efetivamente entregues e aprovados, conforme as seguintes condições:

- 5% do valor global do contrato, a ser pago após a aprovação do Plano de Trabalho e início das atividades;

- 35% do valor global, a ser pago após a entrega e aprovação do Relatório Final;



O valor restante será pago de forma proporcional à entrega e aprovação dos produtos e relatórios, conforme o cronograma abaixo:

Quadro 1 – Cronograma de desembolso financeiro.

Parcela	Produto	Repasse (% do valor global do contrato)
1	Aprovação do Plano de Trabalho	5%
2	Aprovação do Relatório parcial e produto 1	20%
3	Aprovação do Relatório parcial e produto 2	20%
4	Aprovação do Relatório parcial e produto 3	20%
5	Aprovação do Relatório Final	35%

3.10 As áreas correspondentes a cada produto a ser entregue deverão ser subdivididas pela CONTRATADA e apresentadas no plano de trabalho. A divisão deverá priorizar a eficiência operacional e a celeridade na execução do mapeamento.

3.11 Para justificar as atividades executadas em cada período, a CONTRATADA deverá apresentar relatórios parciais e um relatório final contendo a descrição detalhada das ações realizadas, os procedimentos de controle de qualidade adotados, o cronograma atualizado, previsões de etapas futuras e os resultados já alcançados.

3.12 Ao término de cada etapa e mediante a entrega do respectivo relatório, a CONTRATANTE realizará a verificação da conformidade técnica dos produtos entregues, bem como a medição dos serviços executados. Estando em conformidade com os requisitos estabelecidos, serão emitidos os termos de aceite correspondentes.

3.13 A análise da qualidade técnica dos produtos será conduzida por equipe técnica do Governo do Estado, com o apoio de instituição ou órgão especializado, a ser contratado especificamente para fins de validação e avaliação técnica dos dados e produtos gerados.

3.14 Em caso de impossibilidade de cumprimento de prazos previamente estabelecidos, por razões excepcionais devidamente justificadas (como condições meteorológicas adversas, restrições operacionais, embargos ou outros fatores externos), a CONTRATADA deverá comunicar imediatamente à CONTRATANTE. Caberá à CONTRATANTE avaliar a justificativa apresentada e, se for o caso, autorizar a prorrogação do prazo para a entrega dos serviços



afetados.

4 – DO MAPEAMENTO

4.1 São atividades a serem realizadas para o mapeamento:

- 1) Planejamento de realização e de acompanhamento de atividades (atividade a ser realizada na elaboração do Plano de Trabalho);
- 2) Planejamento de voos para o perfilamento laser (atividade a ser realizada na elaboração do Plano de Trabalho);
- 3) Realização dos voos de perfilamento laser;
- 4) Apoio Geodésico de Campo;
- 5) Elaboração de Relatório de Apoio de Campo;
- 6) Confecção de Modelo Digital de Superfície (MDS) e de Modelo Digital de Terreno (MDT);
- 7) Elaboração do Relatório de Controle de Qualidade;
- 8) Confecção de Produtos Cartográficos
- 9) Elaboração de Relatório Final

4.2 Para realizar o perfilamento a LASER devem ser realizados voos que permitam amostragem mínima de 8pt. /1m² (8 pontos por metro quadrado), obtidos de forma contínua em toda área de sobrevoo, com retorno mínimo de 25% destes em solo;

4.3 Os dados LiDAR coletados devem incluir valores de intensidade dos pontos. A intensidade deve ser registrada e entregue em conjunto com os dados de nuvem de pontos para permitir a análise da reflectância dos alvos.

4.4 A CONTRATADA deverá entregar produtos processados de MDT, MDS em formato Raster (GEOTIFF) e também a nuvem de pontos de MDT e MDS em formato LAS. Também devem ser entregue a nuvem de pontos bruta, valores sem filtragens.

4.5 A nuvem de pontos deverá ser classificada, considerando as seguintes classes: Terreno; Vegetação Baixa; Vegetação Média; Vegetação Alta; Edificações; Água; Ponte e Ruído.

4.6 Para aumentar a precisão da observação em áreas condensadas (Infraestrutura e Coberturas Florestais) deverá ser obrigatória a integração do GNSS com o sensor IMU (Inertial Measurement Unit).

4.7 Durante todo o processo, devem ser implementados pontos de controle mensurados através de GNSS Geodésico (receptor multifrequência) para validar a precisão dos dados



coletados e dos produtos gerados, garantindo que atendam aos padrões exigidos para as aplicações, como estudos hidrodinâmicos e mapeamentos de áreas suscetíveis a inundações e a movimentos de massa.

4.7.1 A finalidade do Apoio Geodésico de Campo é a obtenção das coordenadas geodésicas tridimensionais de um conjunto de pontos em terreno para dar suporte à realização do Perfilamento Laser, bem como dos processos de controle de qualidade cartográfica.

O quantitativo dos pontos de apoio deverá ser aquele mínimo necessário para atingir os padrões de exatidão cartográfica estabelecidos (PEC PCD) Classe A, observando-se os seguintes critérios mínimos:

- Em cada um dos cantos dos blocos de aerotriangulação ou do perfilamento laser deverão ser implantados pelo menos um vértice pertencente de apoio.
- O quantitativo mínimo de pontos de Apoio Suplementar deverá ser de 1 ponto a cada 40 km².

4.8 Todos os serviços estabelecidos nesse Projeto Básico deverão ser produzidos em coordenadas geodésicas (latitude e longitude) atreladas ao Sistema de Referência SIRGAS2000, época de referência 2000,4 como sistema de projeção deve ser UTM para os fusos 22S e 21S conforme a localização. Já, as coordenadas altimétricas deverão ser referenciadas ao Nível Médio dos Mares (NMM), materializado pelo marégrafo de Imbituba (SC), por meio da Rede Altimétrica de Alta Precisão (RAAP) mantida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), reajustamento de 2018. Os dados de altimétricos devem ser corrigidos conforme modelo conversão hgeoHNOR2020. Ressalta-se que os produtos devem ser compatíveis com os produtos que estão sendo adquiridos pelo governo federal através da Concorrência Eletrônica N° 90001/2025, de forma a permitir a perfeita integração entre os dados, as especificações técnicas do edital do governo federal estão disponíveis no link: <https://cnetmobile.estaleiro.serpro.gov.br/comprasnet-web/public/compras/acompanhamento-compra/item/1?compra=53001303900012025>

4.9 A CONTRATADA deverá apresentar os certificados de calibração dos equipamentos utilizados no mapeamento (LiDAR aerotransportado), bem como a autorização de voo do ministério da Defesa (AVOMD), plano de voo analítico e plano de voo gráfico.

4.10 Considerando a extensa área a ser mapeada e visando à otimização da produtividade e à eficiência operacional, não será admitida a utilização de drones ou VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados) para a realização do levantamento.



4.11 Os produtos deverão ser elaborados em conformidade com as normas técnicas vigentes e com os referenciais geodésicos do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), observando as devidas correções e transformações entre sistemas e/ou referenciais planialtimétricos. Essa conformidade é essencial para assegurar a acurácia posicional, tanto horizontal quanto vertical, dos dados gerados. A CONTRATANTE não aceitará Modelos Digitais de Terreno (MDT) e Modelos Digitais de Superfície (MDS) que não tenham sido submetidos a tratamento adequado para a correta geração de informações altimétricas.

4.12 A CONTRATADA deverá apresentar os arquivos de metadados tanto para os arquivos LiDAR quanto para os MDS e MDT, conforme modelo ET-PCDG e Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil (Perfil MGB).

4.13 A CONTRATADA deve acompanhar os boletins relacionados a inundações emitidos pela sala de situação, e devem ser evitados sobrevoos em períodos de ocorrência de cheias dos rios.

4.14 Ressalta-se que não serão aceitos materiais, produtos ou dados, obtidos antes da data de assinatura do contrato entre esta instituição e a empresa vencedora do certame licitatório.

4.15 Dos equipamentos e Calibrações:

4.15.1 A(s) aeronave(s) deve(m) estar equipadaa(s) com pelo menos 1 (um) perfilador laser que permita a obtenção de nuvem de pontos com alta acuracidade vertical, os quais devem ser classificados em função das classes escolhidas por esta CONTRATANTE. A(s) aeronave(s) deve(m) ter as seguintes características mínimas:

- Permitir voos com estabilidade e sustentação no teto de serviço previsto, sem provocar inclinação transversal ou deriva horizontal acima dos limites estabelecidos neste documento;
- Possuir equipamentos de orientação e navegação compatíveis com prescrições técnicas de voo a realizar;
- Possuir receptores de sinais GNSS com antena geodésica capaz de receber múltiplos sinais dos satélites e frequência de aquisição igual ou superior a 5 Hz das coordenadas geodésicas tridimensionais (X0, Y0 e Z0) do centro perspectivo das fotos aéreas no instante de sua obtenção, trabalhando de forma integrada e síncrona ao perfilador laser;
- Possuir um sistema inercial (giroscópios e acelerômetros - IMU) capaz de mensurar a altitude do sistema perfilador laser instalado na aeronave (aquela não absorvida pelo



berço de giroestabilização) durante a execução do levantamento aéreo, com uma taxa mínima de aquisição de 50 Hz e resolução mínima de 0,05°;

- A capacidade de armazenamento (discos rígidos) a bordo da aeronave, referente aos dados obtidos durante a execução do perfilamento laser deve ser compatível com a região a ser observada, correspondente aos planos de voo a serem executados diariamente e com as especificações técnicas dos produtos em contratação. Deve-se garantir a gravação redundante de todos os dados coletados no levantamento aéreo;
- O armazenamento dos dados GNSS, do IMU e das demais informações sobre o voo aerofotogramétrico devem ser registrados em unidades físicas independentes, e com a devida gravação redundante;
- O sistema perfilador laser deverá ser instalado na parte de baixo da fuselagem da aeronave de tal forma que o sistema de lentes da primeira e os sensores laser do segundo não sejam atingidos por respingos de óleo, reflexos de raios solares, gases de combustão, ou turbulência gerada pelas hélices;
- Cópia autenticada ou simples (acompanhado pelo documento original) do(s) SEGVVOO(s) da(s) aeronave(s) e dos sensores a serem utilizados na execução do levantamento expedidos pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), com data de validade que não ultrapasse a das previsões para a realização dos voos em contratação.

4.15.2 Especificações Técnicas do(s) Sistema(s) de Perfilamento Laser a serem empregados nos levantamentos aéreos previstos, que devem garantir ou ter as seguintes condições mínimas:

- Os dados altimétricos do terreno (área completa contratada), por meio de uma nuvem de pontos, deverão ser obtidos por meio da tecnologia de perfilamento laser aerotransportado. Este, por sua vez, deve ser composto pelo gerador de pulso laser (com frequência do pulso ajustável), ótica de transmissão do raio (ângulo de divergência ajustável), detector do sinal recebido e amplificadores;
- Dotado de dispositivo multipulso (com pelo menos 8 pulsos de retorno), com frequência de varredura de 500 kHz ou melhor, de forma que esta configuração esteja adequada a exatidão altimétrica e a densidade de pontos estabelecida neste Termo de Referência;
- Dotado de um medidor de intervalo de tempo que permita registrar adequadamente as diferentes reflexões de um mesmo pulso laser, possibilitando a identificação das diversas feições geográficas sobre o solo a partir da nuvem de pontos coletada;



- Estar integrado aos sistemas GNSS e IMU;
- Ângulo de varredura lateral configurável;
- Possuir uma Unidade Central de Controle responsável pelo gerenciamento de todos os subsistemas, como: Perfilador Laser, IMU, GNSS e armazenamento dos dados;
- Cópia autenticada ou simples (acompanhado pelo documento original) do Certificado de Calibração do Sistema de Perfilamento Laser, expedido por pessoa jurídica ou física, devidamente atestada por responsável técnico ou por profissional liberal via recolhimento da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), ou ainda pela fabricante do equipamento, sendo que a data de execução ou validade desse processo deve ser inferior a 1 (um) ano da data de assinatura contratual;
- Os valores de referência devem constar no certificado de calibração do perfilador laser, e, na ocorrência e observância de variações geométricas, elas não devem ultrapassar a 1% do especificado como referência.
- Não será admitido o uso de técnicas de interpolação para a obtenção de pontos de perfilamento laser, devendo a área CONTRATADA ser amostrada em sua integralidade;

4.16 Das especificações dos voos:

4.16.1 As alturas e velocidade de voo devem estar condicionadas à precisão e exatidão estipuladas na consecução deste objeto, conforme previsto neste documento;

4.16.2 A execução do perfilamento laser não deverá ser efetuada em dias de chuva, garoa, neblina ou com ocorrência de nuvens em altura inferior à prevista de voo;

4.16.3 Em relação às faixas de voo do perfilamento laser tem-se que:

- O seu quantitativo deverá ser o mínimo necessário à execução de uma cobertura laser completa da área a ser mapeada com esta tecnologia;
- De uma forma geral, as faixas de voo deverão ser retas e paralelas entre si, sendo implantada faixas de voo adicionais de forma transversal ao bloco perfilado a cada 100 km lineares, concentrando preferencialmente na parte central do mesmo;
- A direção de voo deverá ser, preferencialmente, Norte-Sul ou Leste-Oeste. Tal configuração poderá sofrer alterações, dependendo necessariamente da aprovação da CONTRATANTE;
- A superposição lateral mínima deve ser de 30%. Nestes casos, a tolerância máxima observada não deverá ser superior a 3%;
- Deve-se iniciar a faixa de voo a ser planejada para o perfilamento laser com uma antecedência de 500 metros em relação ao limite da área a ser amostrada, de modo a



evitar possíveis falhas de recobrimento da área de interesse. Pela mesma razão, aquela faixa de voo deve ser finalizada a 500 metros além ao limite da área a ser amostrada.

- Quando houver interrupção na execução da faixa de voo, a retomada da mesma deverá ser feita de modo a haver uma superposição de, no mínimo, 500 metros;
- A altitude de voo para o perfilamento laser deverá ser mantida constante para cada uma das faixas de voo, sendo que a discrepância máxima entre a altitude planejada e a efetivamente realizada durante a execução do voo não deverá exceder a 5%;
- O ângulo de rotação horizontal (ou deriva) entre faixa de voo planejada e executada deverá ser de no máximo 1°, devendo a mesmo ser corrigida automaticamente em tempo real pelo sistema de controle de voo. Caso sejam observados “buracos” no perfilamento laser, faixas complementares deverão ser executadas pela CONTRATADA;
- Não deverão ser observadas inclinações superiores a 20° nos ângulos definidores da atitude da aeronave durante a execução do perfilamento laser. Além disso, nestes levantamentos, o ângulo de abertura de varredura destes sistemas e a suas divergências não devem ser superiores a 50° e 0,50 metros, respectivamente;

4.17 Do Processamento dos Dados Brutos e Classificação da Nuvem de Pontos Laser

4.17.1 Após a realização do voo com o perfilador laser é necessário processar os dados coletados para gerar a nuvem de pontos processada e classificada, conforme padrão estabelecido pela ASPRS (American Society for Photogrammetry & Remote Sensing), versão

1.4 R-15. A CONTRATADA deve utilizar os dados brutos contidos nos arquivos LAS:

- Dados registrados pelo perfilador laser;
- Dados de posição gravados pelo GNSS;
- Dados de atitude e posição gravados pelo IMU;
- Dados de calibração do sistema e parâmetros como excentricidade da antena do receptor GNSS em relação ao sensor laser, posição desse sensor em relação ao IMU e ângulos de montagem da plataforma em relação à aeronave nivelada no solo;
- A nuvem de pontos proveniente do processo de perfilamento laser deverá estar referenciada planimetricamente ao Sistema de Referência Geodésico da América do Sul, SIRGAS2000, época 2000.4;
- As altitudes ortométricas/normais dos vértices do Apoio Geodésico de 2° Ordem serão determinados aplicando-se o Modelo de Conversão hgeoHNOR2020, elaborado pelo IBGE.



4.17.2 O processamento terá que ser realizado de forma a possibilitar a geração de uma nuvem de pontos laser, capaz de reconstituir com riqueza de detalhes, as altimetrias das feições encontradas sobre a superfície do solo e as do nível do solo do terreno perfilado.

Constituem como produtos desta etapa:

- NPB: nuvem de pontos laser brutos, sem filtragem, formato LAS versão 1.4 R-15, contendo as coordenadas tridimensionais e o valor de intensidade dos pontos com no mínimo 8 (oito) retornos por pulso;
- NPC: nuvem de pontos laser classificados, formato LAS versão 1.4 R-15, contendo as coordenadas tridimensionais e o valor de intensidade dos pontos com no mínimo 8 (oito) retornos por pulso. Estes pontos devem ser diferenciados nas seguintes classes:
 - Valor 1: Não Classificado
 - Valor 2: Terreno
 - Valor 3: Vegetação de Altura Baixa (altura \leq 5 m)
 - Valor 4: Vegetação de Altura Média (5 m < altura < 30 m)
 - Valor 5: Vegetação de Altura Alta (altura \geq 30 m)
 - Valor 6: Edificações
 - Valor 7: Retido
 - Valor 17: Ponte, Decks e Diques
- Outliers, erros, pontos de ruído e pontos geometricamente não confiáveis devem ser identificados usando a Classe 7 (Retido). Para os demais pontos laser não classificados na Classe 7 devem ser atribuídas uma outra Classe da Tabela 1;
- Para fins de fiscalização e reprovação dos produtos entregues será considerado que não mais que 5% dos pontos classificados (exceto: Classe 7 – Retido) poderão estar classificados em classes erradas ao observado em campo, tomando como referência o bloco de informações do perfilamento laser entregues;
- Por questões operacionais, os tamanhos dos arquivos digitais das faixas de voo do perfilamento laser não devem ultrapassar a dimensão máxima de 2 Gb. Dessa maneira, faixas de voo longas do perfilamento laser devem ser segmentadas em subfaixas de modo que cada uma delas não possua dimensões superiores ao valor indicado acima:
 - Cada subfaixa manterá o ID da faixa original que lhe deu origem;
 - Pontos dentro de cada subfaixa manterão o ID da faixa original que lhe deu origem;



- Cada subfaixa será nomeada com um sufixo alfabético ordenado ao nome ("-a", "-b", ... "-z"), coerente com a ordem crescente de coleta dos pontos;
- As subfaixas devem ser interrompidas até o limite da linha de varredura do sistema de perfilamento laser.

4.18 Da confecção dos Modelos Digitais de Superfície e Modelos Digitais de Terreno

- O MDS deve ser gerado a partir do tratamento e classificação de todos os pontos válidos obtidos por perfilamento a laser aerotransportado;
- Os MDS parciais devem ser produzidos em meio digital, de forma contínua, homogênea e articulada (na escala 1:25.000), obedecendo à nomenclatura, dimensões e enquadramentos do Sistema Cartográfico Nacional;
- O MDS final deve ser produzido em meio digital, de forma contínua e homogênea, sendo apresentado em quadrantes respeitando dimensões e enquadramentos do Sistema Cartográfico Nacional. Cabe a CONTRATANTE definir outros recortes espaciais em que os dados possam ser entregues pela CONTRATADA;
- Os enquadramentos entre os MDS não devem apresentar erros de junção nas bordas, incompatibilidades ou aspectos que ressaltem a separação dos Blocos.
- Aspectos de quadriculado na superfície do MDT, causados por diferenças na qualidade de processamento ou de caráter entre enquadramentos, faixas ou levantamentos, serão motivo para a rejeição de toda a entrega;
- Áreas vazias (fora da área estendida do projeto, mas dentro do esquema de enquadramento) devem ser codificadas com um valor NODATA único, identificado no cabeçalho dos arquivos matriciais;
- Todos os materiais e resultados das análises de controle de qualidade (CQ) devem ser entregues à CONTRATANTE.

5 – DO CONTROLE DE QUALIDADE

5.1 Os produtos gerados devem ser compatíveis com o objetivo principal desse projeto que é o de modelagem hidrodinâmica para previsão de níveis de corpos hídricos e Identificação de áreas suscetíveis a inundações e movimentos de massa.

5.2 Para o arquivo (LAS) deverá ser considerado: Remoção de ruídos e correção de artefatos,



todas as áreas recobertas com a densidade prevista, nenhum ponto não classificado, e máximo de 5% dos pontos erroneamente classificados.

5.3 Para o MDS deverá ser considerado: cobertura completa e contínua sem lacunas ou áreas não mapeadas e correção de artefatos e anomalias.

5.4 Para o MDT deverá ser considerado: cobertura completa e contínua sem lacunas ou áreas não mapeadas, correção de artefatos e anomalias, filtragem adequada para remover vegetação e construções, garantindo que apenas o terreno esteja representado.

5.5 Deverão ser utilizados como padrão de qualidade para os produtos a Especificação Técnica de Controle da Qualidade de Dados Geospaciais (ET-CQDG) e Especificação Técnica para Produtos de Conjunto de Dados Geospaciais (PCDG).

5.6 Os produtos gerados devem ser compatíveis com escala 1:2.000, com resolução espacial mínima de 25 cm.

5.7 A CONTRATADA deverá realizar controle de qualidade dos modelos digitais levantando pontos de checagem em campo através de levantamento com GNSS Geodésico (receptor multifrequência) a fim de verificar a precisão dos dados coletados e dos produtos gerados, que deverão atender ao Padrão de Exatidão Cartográfica Digital (PECD), Classe A, sendo:

5.7.1 Conjunto completo condizente com a escala 1:2.000. Nessa condição, 90% dos pontos testados não podem distar, de forma absoluta, em mais de 27 cm em relação aos valores de referência, sendo que o desvio padrão do conjunto amostral inferior a 17 cm.

5.7.2 Os levantamentos GNSS para o georreferenciamento da aeronave durante a execução do aerolevanteamento digital e do perfilamento laser deverão ser realizados:

- Formando-se linhas de base (estático diferencial) com comprimento máximo de 50 km, a partir de vértices do tipo SAT (IBGE), formando linhas de base simples (ou compostas), com dados pós-processados;
- Outra opção é o uso de serviços de correção diferenciais globais transmitidas via satélite DGNSS (Differential Global Navigation Satellite System) desde que a precisão planialtimétrica seja superior a 15 cm de forma contínua ao longo do levantamento aéreo, em pelo menos 90% dos pontos testados, sendo o desvio padrão médio do conjunto de pontos coletados inferior a 10 cm;

5.8 O Erro Quadrático Médio (RMSE) dos pontos de controle deverá ser no máximo 1/3 do RMSE especificado para o produto.

5.9 Deverá ser entregue **relatório de controle de qualidade** com distribuição dos pontos utilizados e **relatório de apoio de campo (contendo dados brutos dos levantamentos em**



formato RINEX) juntamente com os **produtos e relatórios parciais**.

5.10 Cada pulso LASER deve gerar um mínimo de 8 (oito) retornos distintos. Isso assegura uma melhor resolução vertical, permitindo a distinção de múltiplas camadas dentro da vegetação e uma melhor representação do terreno subjacente.

5.11 A diferença entre o Modelo Digital do Terreno (MDT) e o Modelo Digital de Superfície (MDS) gerado, deverá permitir a identificação de altura de vegetação, especialmente arbórea em regiões de mata e floresta.

5.12 Todos os produtos entregues pela CONTRATADA serão avaliados por equipes técnicas que atestarão a qualidade altimétrica e planimétrica dos produtos, caso seja constatado que os produtos entregues não atendem aos critérios, os produtos deverão ser refeitos pela CONTRATADA até atingirem os padrões estabelecidos.

6 – DOS PRODUTOS A SEREM ENTREGUES

6.1 Os produtos a serem entregues deverão seguir as legislações e normas técnicas em vigor, especialmente as citadas neste documento. Fica vedada a utilização de produtos não aprovados pela CONTRATANTE na geração dos produtos subsequentes desta contratação. A seguir são listados os produtos a serem entregues pela CONTRATADA:

- 1) Plano de Trabalho
- 2) Dados brutos dos levantamentos
- 3) Nuvem de pontos LASER
- 4) Modelo Digital de Superfície (MDS)
- 5) Modelo Digital de Terreno (MDT)
- 6) Produtos Cartográficos
- 7) Relatório de Controle de Qualidade
- 8) Relatório de Apoio de Campo
- 9) Relatório Final

6.2 Os dados a serem entregues do perfilamento laser devem ter como características mínimas:

- Densidade Amostral: 8 pontos/m²;
- Fabricante(s) e Modelo(s) da(s) Aeronave(s) empregada(s) no perfilamento laser, com os respectivos prefixos e matrículas;
- Cópia do SEGVVO vigente da(s) Aeronave(s) empregada(s) no perfilamento laser em



- contratação;
- Cópia da Autorização de Voo (AVOEM), expedida pelo Ministério da Defesa; o Fabricante(s) e Modelo(s) empregado(s) no Perfilamento Laser dessa contratação;
 - Certificado de Calibração vigente do(s) Sistema(s) de Perfilamento Laser empregado(s) nesta contratação, explicitando os elementos calibrados; o Número de Faixas de Voo;
 - Condições meteorológicas do dia do perfilamento laser baseado no código METAR (Meteorological Aerodrome Report);
 - Superposição lateral de cada faixa de voo (valores planejados e executados);
 - Dia, Horário de início e término do perfilamento laser de cada faixa de voo executada;
 - Altitude e Altura de voo para cada uma das faixas de voo (valores planejados);
 - Altitude e Altura de voo para cada uma das faixas de voo (cálculo dos valores mínimo, médio e máximo observados);
 - Ângulo de rotação horizontal (ou deriva) das faixas de voo (valores planejados);
 - Ângulo de rotação horizontal (ou deriva) das faixas de voo (cálculo dos valores mínimo, médio e máximo observados);
 - Inclinação máxima do sistema de perfilamento laser em relação à vertical do lugar, por faixa (valores planejados);
 - Inclinação máxima do sistema de perfilamento laser em relação à vertical do lugar, por faixa (valores observados).
 - Todos os produtos supracitados deverão ser disponibilizados à CONTRATANTE em duas vias por meio de discos rígidos, cujos valores deverão ser custeados pela CONTRATADA. Essas unidades físicas de armazenamento ficarão de posse definitiva da CONTRATANTE.

7 – DAS OBRIGAÇÕES DA EMPRESA CONTRATADA

7.1 Possuir aptidão técnica para executar os serviços aqui descritos, comprovada através de realização de projetos na área, certificações relevantes relacionadas ao escopo do projeto e presença de equipe técnica qualificada na área.

7.2 Elaborar relatórios sobre cada lote, com as descrições de todas as atividades realizadas acompanhadas de fotografias das atividades realizadas e de plano de voo diário, onde conste a área voada diariamente, e se não ocorrer o voo, detalhar os motivos.

7.3 Estar em dia com as obrigações da legislação, assumindo as obrigações e encargos legais



inerentes à prestação de serviços, respondendo integralmente pelos ônus resultantes das infrações cometidas.

7.4 Não existirão, de modo algum, vínculo empregatício ou de qualquer natureza entre a empresa, seus empregados e a CONTRATANTE, correndo por conta da CONTRATADA as despesas com rescisões contratuais e indenizações de seus empregados alocados aos serviços.

7.5 A CONTRATADA deverá disponibilizar materiais, equipamentos, ferramentas e pessoal necessário para a execução das atividades, a CONTRATANTE não fornecerá, materiais, equipamentos, ferramentas ou pessoal para os serviços contratados.

7.6 No Plano de Trabalho devem constar uma lista detalhada dos materiais e equipamentos que serão utilizados pela CONTRATADA para a execução do projeto, bem como de toda equipe que atuará no projeto, acompanhados de seus respectivos registros profissionais.

7.7 A CONTRATADA deverá comprovar capacidade de mobilização de todos os recursos necessários para a execução do projeto através dos atestados de capacidade técnica-operacional e declarações indicadas na CGL 15.1.4.1 da Folha de Dados.

7.8 Dentro do prazo máximo de 15 dias após a entrega dos produtos finais deverá ser entregue um relatório final com a descrição de todas as atividades realizadas durante todo o projeto, e caso tenha ocorrido alguma modificação do projeto inicial deverá ser explicado e justificado. Além dessas, todas as informações que não foram acrescentadas nos relatórios parciais também devem ser inseridas no relatório final.

7.9 A CONTRATADA deverá entregar duas cópias de cada produto, armazenadas em discos rígidos externos com interface USB 3.0 ou superior, e capacidade mínima de 8 TB. Adicionalmente, deverá garantir a preservação integral dos dados por um período mínimo de cinco anos, utilizando meios adequados de armazenamento e backup.

8 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

8.1 O principal mecanismo de comunicação a ser estabelecido entre a CONTRATADA e a CONTRATANTE será o e-mail.

8.2 O contrato firmado deverá ser executado fielmente pelas partes, obedecendo às normas de qualidade, técnica, bem como à legislação pertinente.

8.3 A CONTRATADA deverá submeter-se à fiscalização permanente pela CONTRATANTE, a qual deverá ter amplo acesso às informações referentes aos trabalhos objeto da contratação.